EGZAMIN MATURALNY

FIZYKA

Poziom rozszerzony

ZBIÓR ZADAŃ

Materiały pomocnicze dla uczniów i nauczycieli

Centralna Komisja Egzaminacyjna

2015

Publikacja opracowana przez zespół koordynowany przez **dr Małgorzatę Jagiełło** działający w ramach projektu *Budowa banków zadań* realizowanego przez Centralną Komisję Egzaminacyjną pod kierunkiem Janiny Grzegorek.

Autorzy
Anna Baran
Wiktor Bardan
Jerzy Dylakiewicz
Agnieszka Proszek
Jan Sawicki (kierownik zespołu przedmiotowego)
Piotr Toma
Czesław Wodzicki
Grzegorz F. Wojewoda

Komentatorzy
prof. dr hab. Wojciech Maria Kwiatek
Mirosław Trociuk

Opracowanie redakcyjne
Honorata Piłasiewicz

Redaktor naczelny
Julia Konkołowicz-Pniewska

Zbiory zadań opracowano w ramach projektu *Budowa banków zadań*,
Działanie 3.2. Rozwój systemu egzaminów zewnętrznych,
Priorytet III Wysoka jakość systemu oświaty,
Program Operacyjny Kapitał Ludzki.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Spis treści

Wprowadzenie

Prezentowany zbiór zadań z fizyki z rozwiązaniami adresowany jest przede wszystkim do uczniów szkół ponadgimnazjalnych przygotowujących się do egzaminu maturalnego z fizyki w nowej formule. Zbiór został przygotowany tak, aby można było z niego korzystać zarówno podczas samodzielnej pracy w domu, jak również na lekcjach fizyki pod kierunkiem nauczyciela. W zbiorze jest 537 zadań ilustrujących stosowane na egzaminie maturalnym wszystkie typy zadań. Zadania pogrupowano zgodnie z klasycznymi działami fizyki.

Zbiór składa się z kilku rozdziałów. Po rozdziale z zadaniami są zamieszczone wskazówki i rozwiązania zadań, przydatne szczególnie tym uczniom, którzy potrzebują podpowiedzi, aby samodzielnie rozwiązać poszczególne zadania. Kolejny rozdział zawiera poprawne odpowiedzi do wszystkich zadań, a ostatni – najistotniejsze wymagania ogólne i szczegółowe z *Podstawy programowej* sprawdzane zadaniami.

Na początku każdego działu zamieszczono po dwa zadania wraz ze szczegółowymi wskazówkami i rozwiązaniami. Po nich znajdują się dwa zadania jedynie ze wskazówkami. Pozostałe zadania są podane bez wskazówek i rozwiązań, aby uczniowie mogli sprawdzić, czy sami potrafią je rozwiązać i tylko potwierdzić poprawność swojej odpowiedzi, zaglądając do odpowiedniego rozdziału. W sytuacji, gdy zadanie okaże się zbyt trudne – proponujemy najpierw zapoznać się ze wskazówkami i przy ich pomocy rozwiązać zadanie, a następnie sprawdzić jego poprawność. Taki sposób postępowania będzie przydatny w kształceniu umiejętności samodzielnego rozwiązywania zadań z fizyki.

Przystępując do rozwiązywania zadań otwartych należy zawsze wnikliwie przemyśleć opisaną sytuację fizyczną, starać się przypisać do niej odpowiednie prawa, zasady i reguły, które odnoszą się do opisanych sytuacji i zjawisk fizycznych, a następnie odwołując się do tych informacji rozwiązać przedstawiony w poleceniu problem.

Przy zadaniach obliczeniowych należy pamiętać o jednostkach i sprawdzać sensowność otrzymanego wyniku liczbowego. Często ocena odpowiedzi lub wyniku, który okazuje się absurdalny pozwala znaleźć błąd w rozwiązaniu i skorygować odpowiedź. W rozwiązaniach zadań rachunkowych, z uwagi na czytelność i przejrzystość obliczeń, podstawiono do wzorów wszystkie wartości liczbowe w układzie SI z pominięciem jednostek, a obok obliczeń zamieszczono rachunek i sprawdzenie jednostek.

Zadania w zbiorze mają zróżnicowany poziom trudności. Na początku każdego rozdziału znajdują się zadania prostsze, po nich trudniejsze i bardziej rozbudowane, a w końcu duże wiązki zadań dotyczące doświadczeń i tekstów popularnonaukowych, tzw. „czytanek”. Każde zadanie/polecenie w wiązce jest jednak niezależne i może być rozwiązywane bez konieczności wykonywania pozostałych.

Wiele zadań pozwala na opanowanie i doskonalenie umiejętności posługiwania się różnymi źródłami informacji (teksty, tabele, wykresy, rysunki i schematy), które odgrywają istotną rolę w opisie zjawisk, sytuacji i problemów, przedstawionych w zadaniach.

Większość zadań odwołuje się do problemów praktycznych, z jakimi można spotkać się w życiu codziennym oraz typowych doświadczeń. W zbiorze znajdują się 32 wiązki zadań, które dotyczą obowiązkowych eksperymentów fizycznych zapisanych w *Podstawie programowej* z zakresu gimnazjum i szkoły ponadgimnazjalnej. Zadania doświadczalne są ułożone w kolejności o narastającym stopniu trudności.

Zbiór zawiera również 32 wiązki zadań dotyczące tekstów popularnonaukowych (tzw. „czytanek”) Polecenia w tych wiązkach zadań dotyczą nie tylko problemów obliczeniowych, ale także tworzenia własnych tekstów, sądów i opinii na podstawie posiadanych i/lub podanych w tekstach informacji.

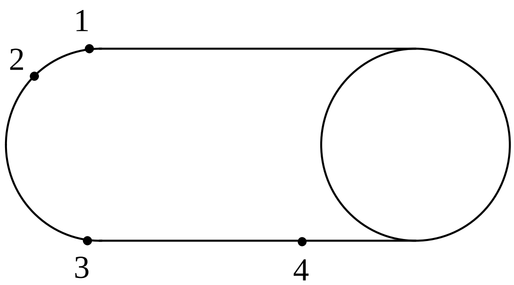
Zadania obejmują cały zakres wymagań określony w *Podstawie programowej* do IV etapu edukacyjnego na poziomie podstawowym i rozszerzonym oraz do III etapu edukacyjnego (gimnazjum) – zgodnie z zasadą kumulatywności.

Życzymy wszystkim, którzy podejmą trud rozwiązywania zadań, satysfakcji i radości z poznawania praw przyrody, prawidłowego opisu otaczającej nas rzeczywistości, jak i najlepszego zrozumienia praw i reguł rządzących otaczającym nas światem.

1. Zadania

1.1. Mechanika punktu materialnego i bryły sztywnej

Zadanie 1.
Tor kolejki dziecięcej przedstawiono na rysunku poniżej. Fragment między punktami 1 i 3 jest łukiem okręgu o promieniu 1 m i długości 3,14 m. Prostoliniowe odcinki mają taką długość jak łuk. Lokomotywa rusza z punktu 1 (patrz rysunek), z przyspieszeniem stycznym do toru o wartości 1 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.



Zadanie 1.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Po upływie czasu 1 s lokomotywa znajdzie się w punkcie oznaczonym cyfrą
A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Aby określić punkt, w którym znalazła się lokomotywa, należy obliczyć drogę, jaką pokonała ona w czasie 1 s ruchu. Ponieważ w zadaniu podano wartość przyspieszenia stycznego dla tego ciała, zatem korzystamy ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej.

$s = \frac{a \cdot t^2}{2}$.

Po podstawieniu obliczamy: $s = \frac{1 \cdot 1^2}{2} = 0{,}5\ \mathrm{m}$ $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \mathrm{s}^2 = \mathrm{m}\right]$

Długość półokręgu wynosi 3,14 m.

Zatem droga, jaką pokonała lokomotywa w czasie 1 s, stanowi $\frac{1}{6}$ długości łuku.

Poprawna odpowiedź
B

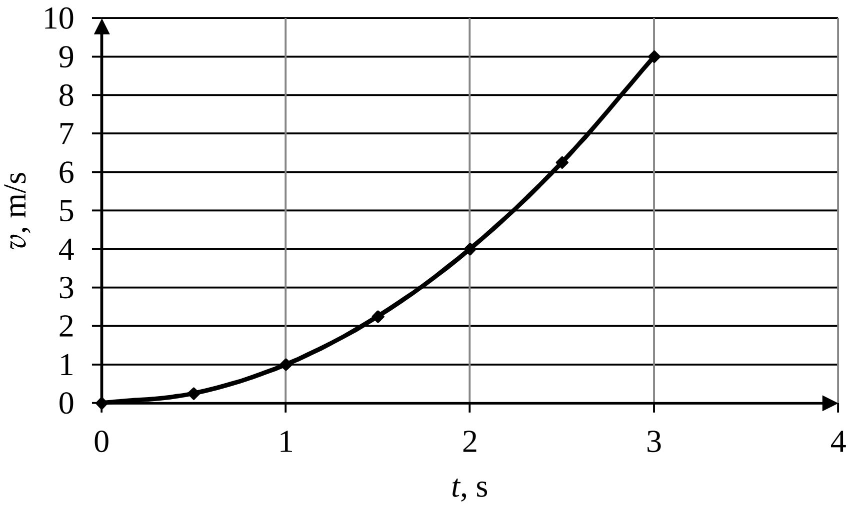
Zadanie 1.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Ponieważ lokomotywa porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym, wartość przyspieszenia dośrodkowego w punkcie 4 wynosi 1 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.		
2.	Gdyby lokomotywa pokonywała łuk między punktami 1 i 3 ruchem jednostajnym z prędkością o wartości 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, to czas potrzebny na jego pokonanie wyniósłby 1,57 s.		
3.	Podczas ruchu lokomotywy po łuku z przyspieszeniem stycznym do toru o wartości 1 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ wartość wypadkowej siły działającej na wagonik była stała.		

Wskazówki i rozwiązanie zadania
1. W opisanej sytuacji przyspieszenie dośrodkowe występuje tylko w przypadku ruchu ciała po okręgu. W punkcie 4 lokomotywa znajduje się już na linii prostej, zatem wartość przyspieszenia dośrodkowego w tym punkcie będzie wynosić 0 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.
2. Długość półokręgu wynosi 3,14 m. Jednocześnie drogę w ruchu jednostajnym możemy obliczyć ze wzoru: $s = v \cdot t$, skąd $t = \frac{s}{v} = \frac{3{,}14}{2} = 1{,}57$ m.
3. Podczas ruchu po okręgu z niezerowym przyspieszeniem stycznym, wartość prędkości ciała rośnie, a zatem rośnie też wartość przyspieszenia dośrodkowego. Całkowite przyspieszenie zmienia swą wartość w czasie. Z II zasady dynamiki Newtona wiemy, że $a = \frac{F}{m}$. Jeżeli masa jest stała, a przyspieszenie rośnie, to siła też musi zmienia swą wartość.

Poprawna odpowiedź
1. F
2. P
3. F

Zadanie 2.
Na wykresie przedstawiono zależność wartości prędkości poruszającego się po linii prostej samochodu w funkcji czasu.

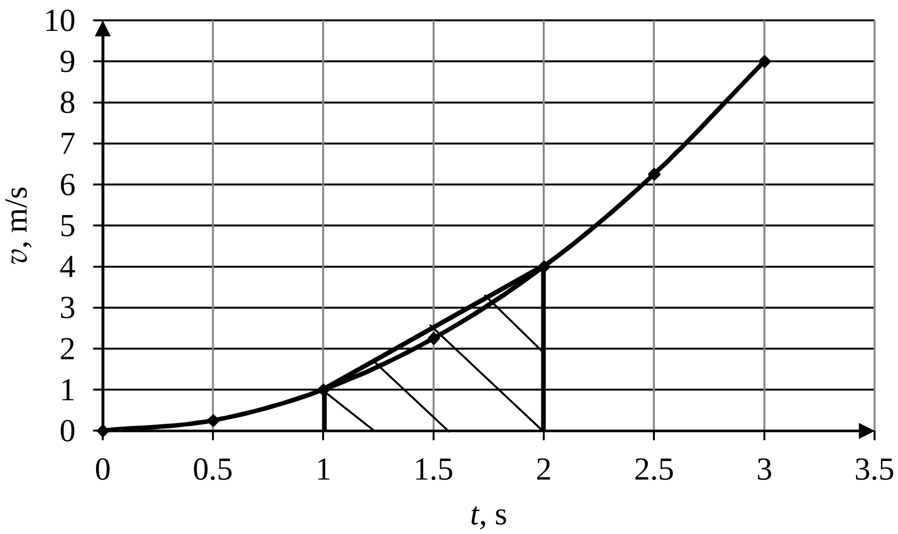


Zadanie 2.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Na podstawie wykresu można stwierdzić, że samochód poruszał się ruchem:
A. jednostajnym.
B. jednostajnie opóźnionym.
C. jednostajnie przyspieszonym.
D. niejednostajnie przyspieszonym.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Ruchem jednostajnym porusza się ciało, gdy wartość prędkości w czasie jest stała. Ruchem jednostajnie zmiennym porusza się ciało, gdy wartość prędkości jest liniową funkcją czasu. Ruchem niejednostajnie zmiennym porusza się ciało, gdy wartość prędkości nie jest liniową funkcją czasu. Jeżeli prędkość ciała rośnie nierównomiernie, tzn. w kolejnych odcinkach czasu zmienia się o inną wartość, to taki ruch nazywamy niejednostajnie przyspieszonym.

Zadanie 2.2.
Oszacuj z nadmiarem wartość drogi pokonanej przez samochód w czasie drugiej sekundy jego ruchu.

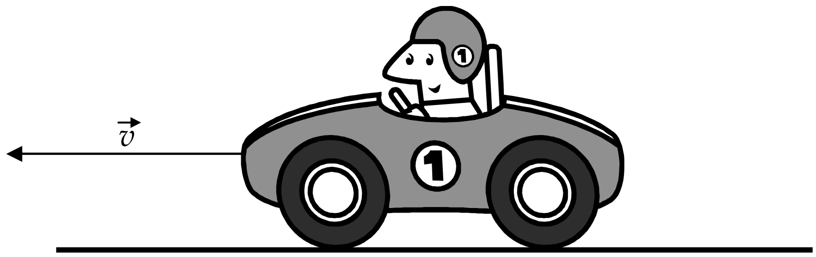
Wskazówki i rozwiązanie zadania
Mając do dyspozycji wykres przedstawiający zależność wartości prędkości ciała od czasu, drogę w dowolnym ruchu można wyznaczyć, obliczając pole powierzchni ograniczone krzywą i osią czasu. Ponieważ w zadaniu pytanie dotyczy drogi pokonanej w ciągu drugiej sekundy ruchu, zatem ograniczamy figurę pomiędzy 1 s a 2 s. Jednocześnie, szacując pole powierzchni nieznanej figury z nadmiarem, przybliżamy ją do jednej ze znanych figur płaskich – w tym przypadku będzie to pole trapezu (zakreskowane na rysunku).



Obliczając pole trapezu, otrzymujemy:

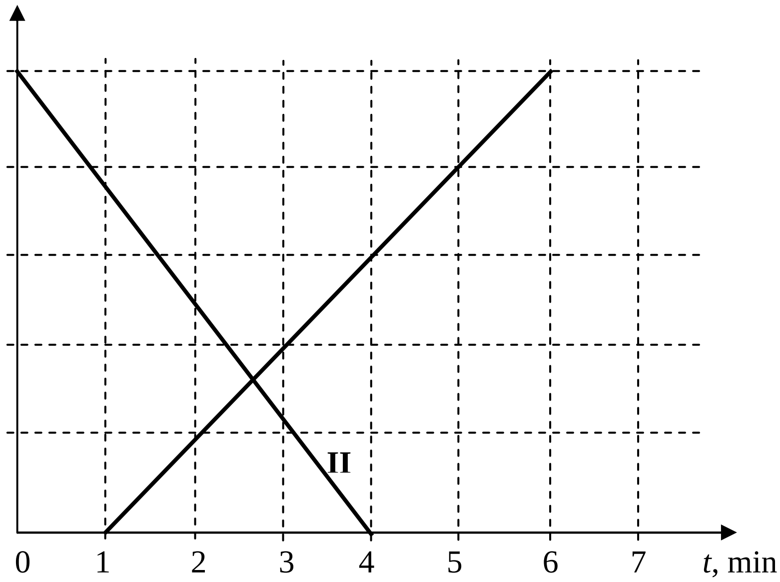
$$s = \frac{(a+b)\cdot h}{2} = \frac{(1+4)1}{2} = 2{,}5\ \text{m} \qquad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot\text{s} = \text{m}\right]$$

Zadanie 2.3.
Na rysunku przedstawiono poruszający się samochód oraz wektor jego prędkości chwilowej.



Zaznacz na tym samym rysunku wektory chwilowego przyspieszenia i wypadkowej siły działającej na to ciało.

Zadanie 3.
Dwaj piechurzy rozpoczęli marsz po poziomym prostym odcinku drogi. Na wykresie przedstawiono zależność położenia od czasu dla każdego z nich.



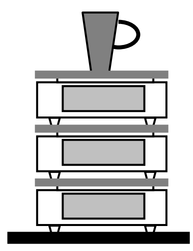
Zadanie 3.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Wartości prędkości obu piechurów oraz ich prędkości względnej są równe odpowiednio

	Piechur I	Piechur II	Prędkość względna
A	$125\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$100\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$25\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$
B	$125\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$100\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$225\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$
C	$100\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$125\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$25\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$
D	$100\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$125\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$225\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Zadanie 3.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Obaj piechurzy byli w ruchu jednocześnie przez 3 minuty marszu.		
2.	Piechur I minął piechura II po upływie około 90 s od momentu wyruszenia piechura I.		
3.	Piechur II w drugiej minucie swojego ruchu przeszedł nieco ponad 200 m.		

Zadanie 4.
Trzy jednakowe kuchenne elektroniczne wagi o masie 250 g każda, służące do odmierzania mas produktów spożywczych, ustawiono jedna na drugiej, a na górnej szalce wagi postawiono kubek o masie 150 g. Całość znajduje się na poziomym blacie stołu (patrz rysunek).



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Wskazania wag oznaczonych cyframi 1, 2 i 3 wynoszą odpowiednio

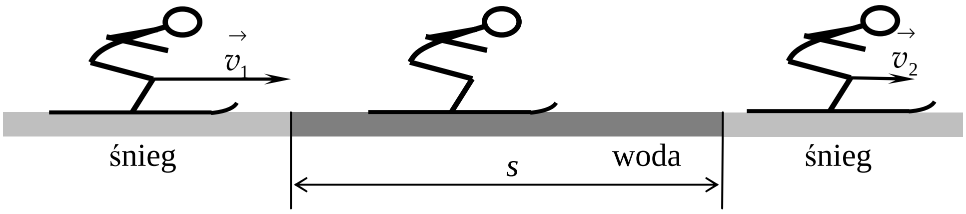
	Waga nr 1	Waga nr 2	Waga nr 3
A	150 g	250 g	250 g
B	150 g	400 g	650 g
C	400 g	650 g	750 g
D	400 g	650 g	900 g

Zadanie 5.
Lokomotywa, jadąc ze stałą prędkością, ciągnie kilka przyczepionych do niej wagonów.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Wartość siły oddziaływania w połączeniu między sąsiednimi wagonami jest

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><th rowspan="4">ponieważ</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>tym większa, im dane połączenie znajduje się bliżej lokomotywy,</td><td>A</td><td>tym większą wartość ma całkowita siła oporu działająca na wagony znajdujące się przed nim.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>jednakowa we wszystkich połączeniach,</td><td>B</td><td>każdy wagon porusza się ze stałą prędkością, co oznacza, że wartości sił oddziaływania z sąsiednimi wagonami muszą być równe.</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>tym mniejsza, im dane połączenie znajduje się bliżej lokomotywy,</td><td>C</td><td>tym większą wartość ma całkowita siła oporu działająca na wagony znajdujące się za nim.</td></tr>
</table>

Zadanie 6.
Na zakończenie sezonu narciarskiego odbywały się nietypowe zawody narciarskie. Zawody polegały na przejechaniu na nartach przez zbiornik z wodą. Rozpędzony narciarz wjeżdżał na powierzchnię wody, a następnie ślizgając się po jej powierzchni docierał do drugiego brzegu (patrz rysunek). Podczas jazdy po wodzie zmniejszała się wartość prędkości narciarza. Masa narciarza razem z nartami wynosi 90 kg. Odległość między brzegami zbiornika z wodą wynosi 20 m.



Zadanie 6.1.
Na rysunku dorysuj i oznacz wektory sił działających na narciarza jadącego po powierzchni wody. Zaznacz siłę wypadkową.

Zadanie 6.2.
Narciarz tuż przed wjechaniem do wody poruszał się z prędkością o wartości $18\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, a tuż po wyjechaniu z wody $12\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Oblicz wartość średniej siły oporu ruchu narciarza podczas jazdy po powierzchni wody. Należy założyć, że wartość tej siły była stała.

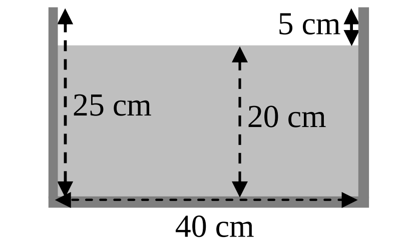
Zadanie 7.

Pasażer jadącego pociągu zaobserwował przez okno, że słupki rozmieszczone co 200 m po jednej ze stron linii kolejowej mija dokładnie co 5 s. Zmierzył także, że jadącemu w przeciwnym kierunku pociągowi o długości 220 m złożonemu z lokomotywy oraz 8 wagonów przejazd obok okna, przez które patrzył, zajęło 4 s.

Oblicz wartości prędkości obu pociągów, **zakładając, że poruszały się ruchem jednostajnym. Wyniki wyraź w kilometrach na godzinę.**

Zadanie 8.

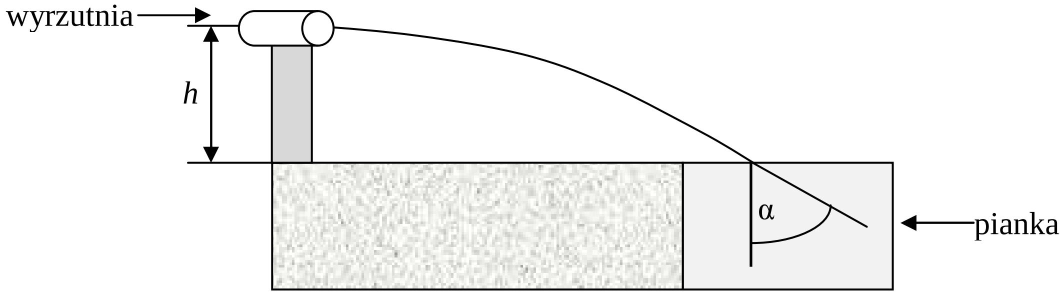
Pasażer pociągu wiózł akwarium o następujących wymiarach wewnętrznych: długość 40 cm, szerokość 25 cm, wysokość 25 cm. Akwarium to zostało wypełnione wodą do wysokości 20 cm i nie było zakryte od góry. Umieszczono je poziomo, a jego najdłuższa krawędź była równoległa do kierunku jazdy. Opisaną sytuację przedstawiono w przekroju poprzecznym na uproszczonym rysunku.



Oblicz maksymalną wartość opóźnienia pociągu podczas hamowania, przy którym woda w całości pozostanie w akwarium.

Zadanie 9.

Wyrzutnię służącą do badania rzutu poziomego tworzy sprężyna o stałej sprężystości $k = 200\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ miotająca kulkę o masie $m = 10$ g. Po zwolnieniu ściśniętej o $x = 4$ cm sprężyny kulka została wyrzucona poziomo. Upadając na podłoże z pianki, wydrążyła kanał (patrz rysunek), który pozwolił zmierzyć kąt, jaki w chwili upadku tworzył z kierunkiem pionowym wektor prędkości kulki. Kąt ten był równy $\alpha = 60°$. W czasie lotu pocisku pomiń opory ruchu.

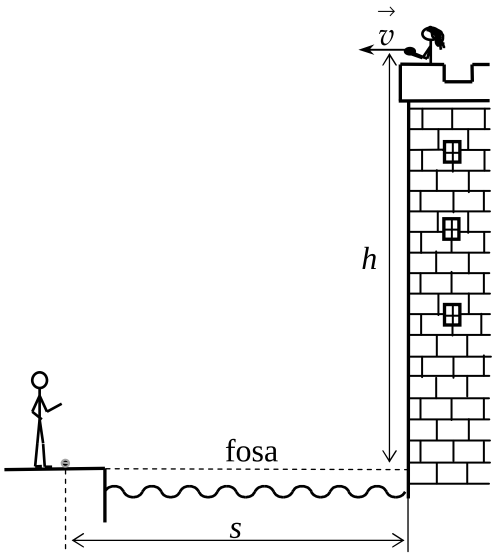


Zadanie 9.1.
Oblicz wartość prędkości, z jaką wystrzelona została kulka.

Zadanie 9.2.
Przyjmij, że kulka wystrzelona została z prędkością o wartości $v_0 = 5{,}66\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
Wykaż, że czas lotu kulki wynosi $t = \frac{1}{3}$ s.

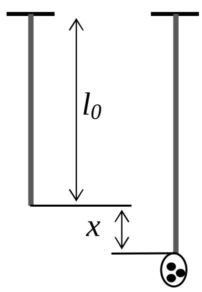
Zadanie 9.3.
Oblicz wartość prędkości, z jaką kulka uderzyła w piankę, wykorzystując jedynie znajomość kąta $\alpha = 60°$ i prędkości początkowej kulki $\mathrm{v_0} = 5{,}66\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 10.
W wysokiej wieży zamku księcia Arnolda zamknięta została księżniczka Eliza. Pewnego dnia udało się jej zdobyć plany zamku, dzięki którym możliwa była jej ucieczka. Plany umieściła wewnątrz kapsułki, którą zamierzała rzucić w taki sposób, aby wylądowała u stóp ukochanego rycerza Rolanda. Roland znajduje się po drugiej stronie fosy, w odległości 15 m od wieży. W chwili wyrzutu kapsułka znajduje się na wysokości 20 m (patrz rysunek). Zakładamy, że podczas lotu na kapsułkę nie działają siły oporu powietrza, a kierunek początkowy prędkości kapsułki był poziomy.



Zadanie 10.1.
Oblicz wartość prędkości, z jaką księżniczka Eliza powinna wyrzucić kapsułkę, aby ta upadła u stóp Rolanda.

Zadanie 10.2.
Niestety, w wyniku złego dobrania parametrów ruchu kapsułka wpadła do wody. Księżniczka postanowiła przygotować specjalną procę. Dysponowała gumą o nieznanym współczynniku sprężystości, którą planowała użyć do budowy procy. W celu wyznaczenia współczynnika sprężystości gumy Eliza zawieszała na niej woreczek z kulkami o masie 100 g każda (patrz rysunek). Wyniki pomiarów zapisała w tabeli.



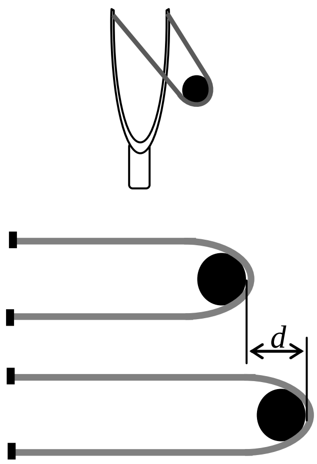
Masa kulek *m* (g)	0	100	200	300	400	500
Wydłużenie gumy *x* (cm)	0	0,3	0,7	0,9	1,1	1,5

Niepewność pomiarowa wydłużenia gumy wynosiła ± 0,1 cm.

A. Na podstawie danych z tabeli sporządź wykres zależności wydłużenia gumy od siły rozciągającej. Na wykresie zaznacz niepewności pomiarowe.
B. Na podstawie wykresu oblicz współczynnik sprężystości gumy badanej przez księżniczkę Elizę.

Zadanie 10.3.

Po sporządzeniu procy księżniczka Eliza umieściła ją w takim miejscu wieży, że kapsuła z wiadomością dla Rolanda powinna być wystrzelona poziomo z prędkością o wartości $10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Schematyczny rysunek procy oraz uproszczony schemat działania procy do obliczeń przedstawiono na rysunkach. Współczynnik sprężystości gumy użytej do budowy procy wynosi $300\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$. Masa kapsułki wynosi 100 g.



Oblicz, na jaką odległość *d* księżniczka Eliza musi naciągnąć gumę procy, aby kapsułka została wystrzelona z prędkością o wartości $10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Zadanie 11.

Blobbing jest jedną z ekstremalnych atrakcji parków wodnych. Osoba, która ma być „wystrzelona” w powietrze, kładzie się na końcu wielkiego szczelnego worka z tworzywa wypełnionego powietrzem pod niewielkim ciśnieniem. Worek ze względów bezpieczeństwa umieszczony jest na powierzchni dość głębokiego akwenu wodnego. Na drugi koniec worka skacze z podwyższonej platformy druga osoba (a nawet 2 lub 3 osoby), wystrzeliwując leżącego wysoko do góry. Zdjęcie przedstawia poszczególne fazy takiego „skoku”.

Źródło: http://mainundmeer.de/index.php/aktiv_event/events/schweinfurt-blobbt.html [dostęp: 25.02.2015].

Analizując zdjęcie, można na podstawie wysokości, z jakiej spada osoba skacząca i wysokości na jaką jest wyrzucana druga osoba, oszacować straty energii na ok. 35% (przy założeniu, że masa osoby skaczącej i wyrzucanej są do siebie zbliżone).

Zadanie 11.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Umieszczenie worka na twardym betonowym podłożu nie miałoby wpływu na wartość strat energii.		
2.	Osoba wyrzucona do góry (fotografia) w chwili oderwania się od powierzchni worka poruszała się jedynie ruchem postępowym.		
3.	Wartość opóźnienia w czasie zderzenia z workiem osoby spadającej jest większa od wartości przyspieszenia osoby wyrzucanej do góry.		

Zadanie 11.2.

Wysokość lotu osoby wyrzuconej do góry (fotografia obok) można oszacować na około 8 m.

Oszacuj całkowity czas lotu wyrzuconej osoby. Pomiń opory ruchu w powietrzu.

Zadanie 11.3.

Jedną z rekordowych wysokości lotu uzyskano w 2011 r. Wysokość, na jaką wzniosła się wtedy wystrzelona osoba, wyniosła 17 m. Na worek skoczyły wówczas jednocześnie 3 osoby z platformy znajdującej się na wysokości ok. 10 m.

Na podstawie: http://biurorekordow.pl/blobbing-rekord-guinessa-na-najwyzszy-skok/ [dostęp: 16.06.2015].

Zbadaj, czy wartość straty energii podczas tego rekordowego skoku była taka sama, jak strata energii określona na podstawie przedstawionego zdjęcia. Przyjmij, że masy wszystkich 4 osób biorących udział w skoku były jednakowe.

Zadanie 12.

Tor do curlingu (zimowa dyscyplina sportowa, w której gracze mają za zadanie umieścić największą ilość kamieni w tzw. „domu”), ma długość 45,72 m i szerokość 5 m. Masa kamienia nie może być większa niż 19,96 kg. Kamienie popycha się po gładkiej powierzchni lodu tak, by dotarły do „domu”.

Zadanie 12.1.

Zawodnik wypuścił kamień rozpędzony do prędkości 5 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, który poruszał się po linii prostej nie wykonując rotacji i zatrzymał się po przebyciu 45 m.

Oblicz współczynnik tarcia kamienia o lód.

Zadanie 12.2.

Podczas zderzenia niecentralnego dwóch kamieni na lodzie słychać charakterystyczny odgłos uderzenia kamienia o kamień.

Uzupełnij zdanie, wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.

W zderzeniu tym nie jest spełniona zasada zachowania ………………………………………. (pędu / energii mechanicznej), natomiast zasada zachowania ………………………………… (pędu / energii mechanicznej) układu kamieni jest spełniona, ponieważ w układzie tym podczas zderzenia działają tylko siły wewnętrzne.

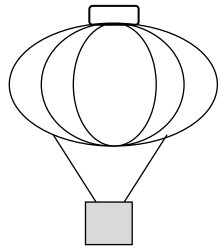
Zadanie 12.3.

Zawodnik wypuścił kolejny raz kamień, nadając mu całkowitą energię kinetyczną 249,5 J w taki sposób, że obracając się, poruszał się po linii prostej. Zatrzymał się tym razem po przebyciu drogi 40 m.

Wyjaśnij, odwołując się do odpowiedniego prawa, dlaczego droga pokonana przez kamień w tej sytuacji była krótsza od drogi, którą przebyłby, nie obracając się (pomimo nadania mu tej samej całkowitej energii kinetycznej).

Zadanie 13.

Do latającego lampionu przymocowano ciężarek o masie 20 g w taki sposób, że może on być od niego odłączony w każdej chwili podczas lotu. Lampion wraz z ciężarkiem wznosił się pionowo do góry ze stałą prędkością o wartości 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Po 4 s lotu lampionu z powierzchni ziemi wyrzucono pionowo do góry gumową piłeczkę, nadając jej prędkość początkową o wartości v_0.



Zadanie 13.1.

Oblicz, z jaką prędkością v_0 należy wyrzucić z powierzchni ziemi piłeczkę, aby spotkała się z lampionem tylko raz. Opory ruchu pomijamy.

Zadanie 13.2.

Po 4 s lotu od lampionu został zdalnie odczepiony ciężarek.
Oblicz wartość prędkości ciężarka tuż przed uderzeniem w ziemię.

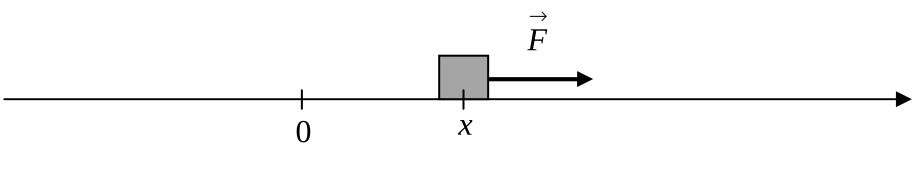
Zadanie 13.3.

Po 4 s lotu od lampionu został zdalnie odczepiony ciężarek.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Wartość prędkości lampionu po odczepieniu ciężarka można obliczyć, korzystając z zasady zachowania pędu.		
2.	Zaraz po odczepieniu lampion będzie poruszał się w dół ruchem jednostajnie przyspieszonym.		
3.	Wartość prędkości ciężarka tuż przed zderzeniem z ziemią będzie wynosiła 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.		

Zadanie 14.

Na poruszający się w prawo klocek działa siła $\vec{F} = k \cdot \vec{x}$, gdzie k jest stałym dodatnim współczynnikiem (patrz rysunek).

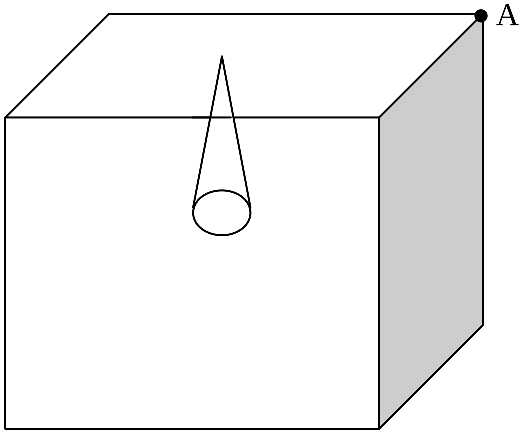


Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

W opisanej sytuacji klocek będzie poruszał się ruchem

Rodzaj ruchu			**Praca siły**	
1.	jednostajnie zmiennym,	a pracę siły F na odcinku $\Delta x = x - 0$ obliczymy ze wzoru	A	$W = k \cdot \Delta x$
2.	przyspieszonym,		B	$W = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x$
3.	harmonicznym,		C	$W = k \cdot \Delta x^2$
4.	jednostajnym,		D	$W = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2$

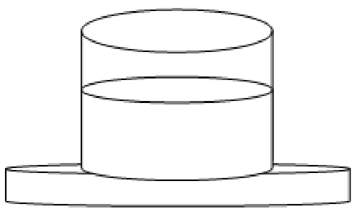
Zadanie 15.
W pokoju o wymiarach 5 m na 5 m na środku sufitu wisi żyrandol o ciężarze 20 N.

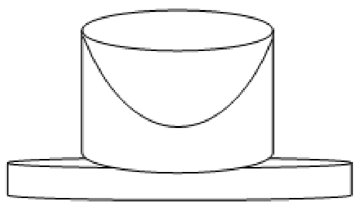


Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Wartość wypadkowego momentu sił działających na żyrandol względem punku A (patrz rysunek) tego pokoju jest równa

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	$0\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$,		A	kąt pomiędzy wektorem siły ciężkości i ramieniem siły wynosi 90°.
2.	$20\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$,	ponieważ	B	ciężar żyrandola jest równoważony przez siłę sprężystości sufitu.
3.	$100\sqrt{2}\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$,		C	moment siły w tym przypadku możemy obliczyć, korzystając z zależności $M = F \cdot r$, gdzie F oznacza ciężar żyrandola, a r odległość od miejsca zamocowania żyrandola do punktu A.

Zadanie 16.
Cylindryczne naczynie w kształcie walca jest częściowo wypełnione zamarzniętą wodą. Naczynie to umieszczono na środku wirującej ze stałą prędkością kątową, płaskiej poziomo ustawionej tarczy (patrz rysunek 1). Po pewnym czasie lód roztopił się, a powierzchnia swobodna wody przyjęła kształt przedstawiony na rysunku 2. Przez cały ten czas prędkość kątowa nie ulegała zmianie.


rysunek 1

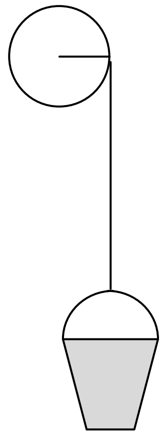

rysunek 2

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Energia kinetyczna ruchu obrotowego wody wraz z naczyniem

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	wzrosła,		A	momenty sił dośrodkowych nie zmieniły się.
2.	zmalała,	ponieważ	B	moment pędu układu zmalał.
3.	nie zmieniła się,		C	moment bezwładności układu wzrósł.

Zadanie 17.

Na krążek o masie 2 kg i promieniu 40 cm nawinięto nierozciągliwą linkę, do której końca przymocowano niewielkie wiadro o masie 0,5 kg. Następnie wyznaczano przyspieszenie, z jakim wiadro opada. Do wiadra wielokrotnie dolewano po 0,5 kg wody, tak, że podczas ostatniego eksperymentu w wiadrze znajdowało się 2,5 kg wody. W tabeli zamieszczono wartości przyspieszenia wiadra z wodą w zależności od masy wody w wiadrze.



Lp.	m_w (kg)	a ($\frac{m}{s^2}$)
1.	0,0	3,3
2.	0,5	5,0
3.	1,0	6,0
4.	1,5	6,7
5.	2,0	7,1
6.	2,5	………

Zadanie 17.1.

Moment bezwładności krążka wynosi $I = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$, natomiast masę linki pomijamy.

Uzupełnij ostatni wiersz tabeli, wykonując niezbędne obliczenia.

Zadanie 17.2.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Wartość przyspieszenia kątowego krążka dla każdej ilości wody była taka sama.		
2.	Masa wiadra nie ma wpływu na wartość przyspieszenia opadającego układu.		
3.	Wartość przyspieszenia liniowego opadającego wiadra z wodą nie zależy od promienia krążka na który nawinięto sznur.		

Zadanie 18.

Samochód straży pożarnej wyruszył spod remizy, poruszając się ruchem jednostajnie przyspieszonym. Syrena samochodu emitowała ciągły sygnał dźwiękowy o częstotliwości 1200 Hz. Po upływie 10 s od chwili ruszenia samochodu, przechodzień, stojący na poboczu na wprost zbliżającego się samochodu, usłyszał dźwięk o częstotliwości 1275 Hz. Przyjmij, że prędkość dźwięku w powietrzu wynosi $340 \frac{m}{s}$.

Oblicz drogę, jaką przebył samochód w czasie pierwszych 10 s ruchu.

Zadanie 19.

Marek odprowadził swoją przyjaciółkę Ewę na dworzec kolejowy. Dziewczyna wsiadła do pierwszego wagonu pociągu składającego się z 5 wagonów, a chłopak pozostał na peronie, stojąc obok początku pierwszego wagonu. Długości wagonów wchodzących w skład pociągu były jednakowe. Gdy pociąg zaczął poruszać się ruchem jednostajnie przyspieszonym, Marek zauważył, że pierwszy wagon mijał go przez 10 s.

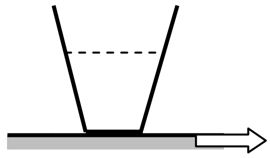
Zadanie 19.1.

Oblicz, jak długo będzie go mijał ostatni wagon, zakładając, że wartość przyspieszenia pociągu nie ulega zmianie.

Zadanie 19.2.

Gdy Ewa wchodziła do przedziału, zauważyła stojący na półce przy oknie kubek z napojem. Pociąg poruszał się wówczas ruchem przyspieszonym.

Na schematycznym rysunku zaznacz powierzchnię cieczy w naczyniu podczas ruchu przyspieszonego pociągu. Linią przerywaną zaznaczono poziom cieczy, gdy pociąg jedzie ruchem jednostajnym po linii prostej.



zwrot przyspieszenia pociągu

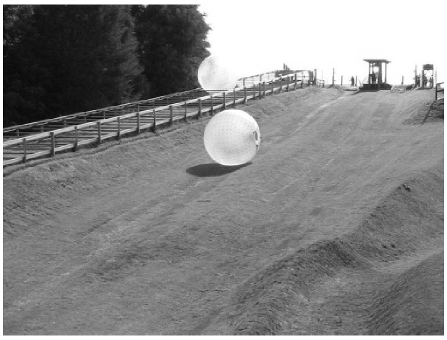
Zadanie 19.3.

W przedziale Ewa siedziała twarzą do kierunku jazdy pociągu. Jej walizka znajdowała się na półce nad jej głową. Płaszczyzna półki była pozioma. Współczynnik tarcia między walizką a półką wynosił 0,4.

Oblicz największą wartość przyspieszenia podczas hamowania pociągu, przy której walizka nie spadnie z półki.

Zadanie 20.

Zorbing to rodzaj sportu ekstremalnego nawiązujący swą nazwą do bohatera powieści Nikosa Kazantzakisa *Grek Zorba*. Polega on na staczaniu się ze stromego zbocza wewnątrz powłoki zbudowanej z wytrzymałego tworzywa sztucznego, odpornego na przebicie i inne uszkodzenia. *Zorba* zbudowana jest z dwóch współśrodkowych powłok połączonych łącznikami, a przestrzeń między nimi wypełnia powietrze stanowiące amortyzację chroniącą człowieka umocowanego wewnątrz mniejszej powłoki.



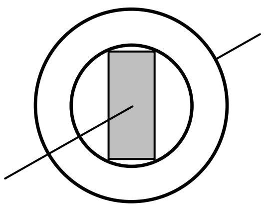
Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Zorbing [dostęp: 14.01.2015].

Zadanie 20.1.

W parku rozrywki zbudowano tor zjazdowy i przed dopuszczeniem go do eksploatacji przeprowadzono testy. Podczas testów człowieka zastępował zamocowany w kuli walec o masie 80 kg i promieniu r = 25 cm. Zewnętrzna sfera ma średnicę d_Z = 3,2 m i masę m_Z = 58 kg, wewnętrzna d_W = 2 m i masa m_Z = 22 kg.

Moment bezwładności względem osi przechodzącej przez środek masy			
sfera	kula	walec prostopadle do osi	walec wzdłuż osi
$I = \frac{2 \cdot m \cdot r^2}{3}$ m – masa, r – promień	$I = \frac{2 \cdot m \cdot r^2}{5}$ *m* – masa, *r* – promień	$I = \frac{m \cdot l^2}{12}$ *m* – masa, – długość	$I = \frac{m \cdot r^2}{2}$ *m* – masa, *r* – promień

Przyjmij, że *zorbę* tworzą dwie współsrodkowe sfery i zamocowany do nich walec. Pomiń wpływ łączników na całkowity moment bezwładności.

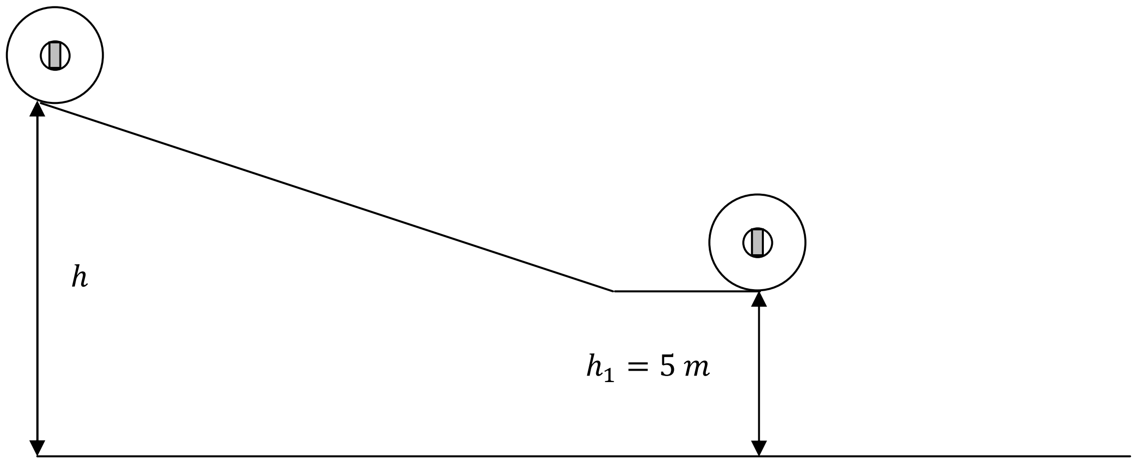


Wykaż, że moment bezwładności zorby z walcem wewntąrz, względem osi zanaczonej na rysunku, jest równy I = 140,32 kg · m².

Zadanie 20.2.

Zorba zaczyna staczać się bez poślizgu po torze, który przedstawiony jest na rysunku poniżej. Przyjmij, że jej moment bezwładności względem osi przechodzącej przez środek masy jest równy $I = 140{,}32\ \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2$

Oblicz wartość prędkości liniowej środka masy *zorby* na progu toru.



Zadanie 20.3.

Przyjmij, że wartość prędkości liniowej środka masy *zorby* na progu toru jest równa $v = 9{,}3\ \frac{m}{s}$.

Oblicz odległość od podstawy progu, **w jakiej wyląduje *zorba*. Wszystkie opory ruchu pomijamy.**

Zadanie 20.4.

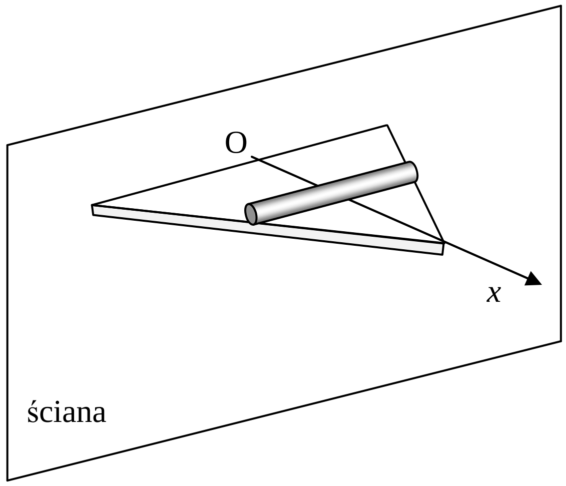
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Wartość poziomej składowej prędkości środka masy *zorby*, jaką miała ona tuż po wylądowaniu, była

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejsza niż na progu,	ponieważ	A	w kierunku poziomym nie działa na nią siła.
2.	taka sama jak na progu,			
3.	większa niż na progu,		B	cały czas działa siła grawitacji.

Zadanie 21.

Drewniana półka w kształcie trójkąta równobocznego o boku a = 20 cm i wysokości h przymocowana jest prostopadle do pionowej ściany. Ciężar półki jest równy 1,4 N. Na półce należy zamocować stalową rurkę przyciętą tak, aby rurka nie wystawała poza półkę (patrz rysunek). Długość rurki zależy więc od miejsca położenia rurki na półce. W celu oszacowania wytrzymałości mocowania półki do ściany należy obliczyć moment siły ciężkości półki oraz maksymalny moment siły ciężkości rurki względem punktu O.



Rurkę mocowaną do półki należy przyciąć do odpowiedniej długości, dlatego ciężar rurki, a więc i siła nacisku rurki na półkę, zależy od miejsca zamocowania rurki według wzoru:

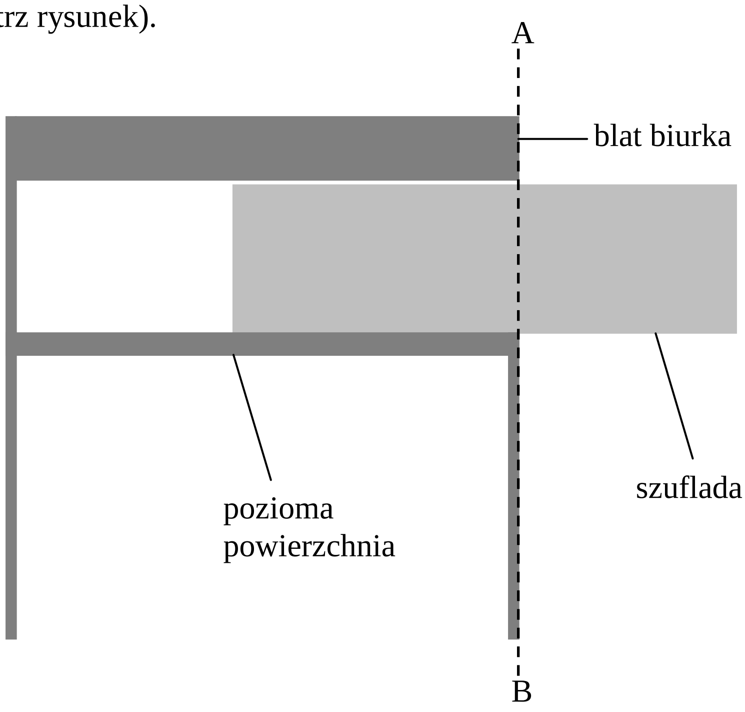
$$F = F_0 \cdot \left(1 - \frac{x}{h}\right),$$

gdzie: F_0 – ciężar rurki o długości *a*, *x* – współrzędna miejsca mocowania rurki, *h* – wysokość trójkąta równobocznego.

Zadanie 21.1.
Oblicz moment siły ciężkości półki (bez zamontowanej rurki) względem punktu O.

Zadanie 21.2.
Ustal, analizując zależność momentu siły od odległości *M*(*x*), dla jakiej wartości współrzędnej *x* punktu zamocowania rurki otrzymamy największy moment siły nacisku rurki *F* względem punktu O.

Zadanie 22.
Dolna część szuflady pewnego biurka styka się od dołu z poziomą powierzchnią pod szufladą. Nad szufladą znajduje się blat. Pozioma powierzchnia pod szufladą i blat są do siebie równoległe (patrz rysunek).



Na rysunku pokazano także niewielką wolną przestrzeń między górną częścią szuflady, a blatem biurka. Poza częściami biurka pokazanymi na rysunku nie ma innych mechanizmów przytrzymujących opisaną szufladę.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Jeżeli środek masy szuflady znajduje się na prawo od linii A–B, to zwiększanie wysunięcia szuflady powoduje, że siła oddziaływania między górną częścią szuflady a blatem biurka

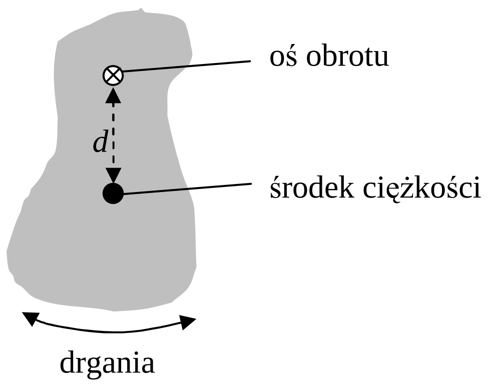
Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	zmniejsza się,	ponieważ	A	coraz mniejsza część szuflady znajduje się na lewo od linii A–B.
2.	nie zmienia się,		B	siła ta jest zawsze równa zeru.
3.	zwiększa się,		C	musi być równoważony coraz większy moment siły ciężkości szuflady.

Zadanie 23.

Wahadło fizyczne to bryła sztywna mogąca wykonywać obroty wokół przechodzącej ponad jej środkiem ciężkości poziomej osi (patrz rysunek). Dla małych wychyleń okres drgań wahadła fizycznego wyraża wzór:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}},$$

gdzie: I – moment bezwładności bryły względem osi obrotu, m – masa bryły, g – wartość przyspieszenia ziemskiego, d – odległość środka ciężkości bryły od osi obrotu.



Zadanie 23.1.

Na podstawie przytoczonego wyrażenia, wyprowadź wzór pozwalający obliczyć okres drgań wahadła matematycznego dla małych wychyleń, traktując wahadło matematyczne jako szczególny przypadek wahadła fizycznego.

Zadanie 23.2.

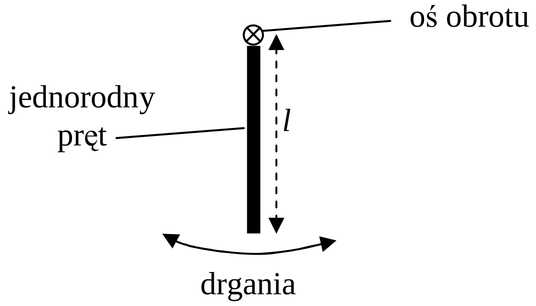
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Drgające wahadło o okresie drgań równym 1 s przechodzi przez położenie równowagi w odstępach

A. 0,25 s. B. 0,5 s. C. 1 s. D. 2 s.

Zadanie 23.3.

Uczniowie zaczepili koniec jednorodnego pręta na poziomej osi i dla małych wychyleń uzyskali w ten sposób wahadło fizyczne o okresie drgań równym 1 s. Opisana sytuacja została przedstawiona na rysunku. Moment bezwładności jednorodnego pręta o masie m i długości l względem prostopadłej do niego osi przechodzącej przez jego koniec jest równy: $I = \frac{1}{3} m \cdot l^2$.

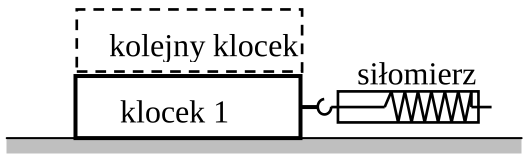


Oblicz długość pręta, którego użyli uczniowie.

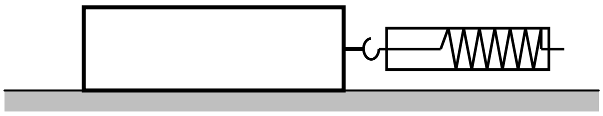
Zadanie 23.4.
Środek ciężkości wahadła pewnego punktualnie chodzącego zegara znajdował się bliżej osi obrotu niż jego końcówka (nie można tego wahadła traktować jako matematyczne). Należy przyjąć założenie małych wychyleń wahadła z położenia równowagi.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Doczepienie małego magnesu sztabkowego (który można traktować jako masę punktową) do wahadła na osi obrotu

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	spowodowałoby, że zegar spóźniałby się,	ponieważ wyrażenie $\frac{I}{m \cdot d}$	A	zmniejszyłoby się.
2.	nie zmieniłoby okresu drgań wahadła zegara,		B	pozostałoby niezmienione.
3.	spowodowałoby, że zegar spieszyłby się,		C	zwiększyłoby się.

Zadanie 24.
Grupa uczniów postanowiła wyznaczyć doświadczalnie współczynnik tarcia kinetycznego między drewnianym klockiem a gumowym podłożem. W tym celu zbudowali następujący układ doświadczalny. Na gumowym podłożu umieścili drewniany klocek o ciężarze 1 N.
Do klocka doczepili siłomierz. Ciągnąc za siłomierz, wprawiali klocek w ruch jednostajny, mierząc jednocześnie wartość siły powodującej przesuwanie się klocka. Dokładność pomiaru siły wynosiła 0,1 N. Następnie na pierwszym klocku umieszczali kolejne klocki również o ciężarze 1 N każdy, zmieniając w ten sposób wartość siły nacisku pierwszego klocka na podłoże (patrz rysunek). Klocki nie przesuwały się względem siebie.

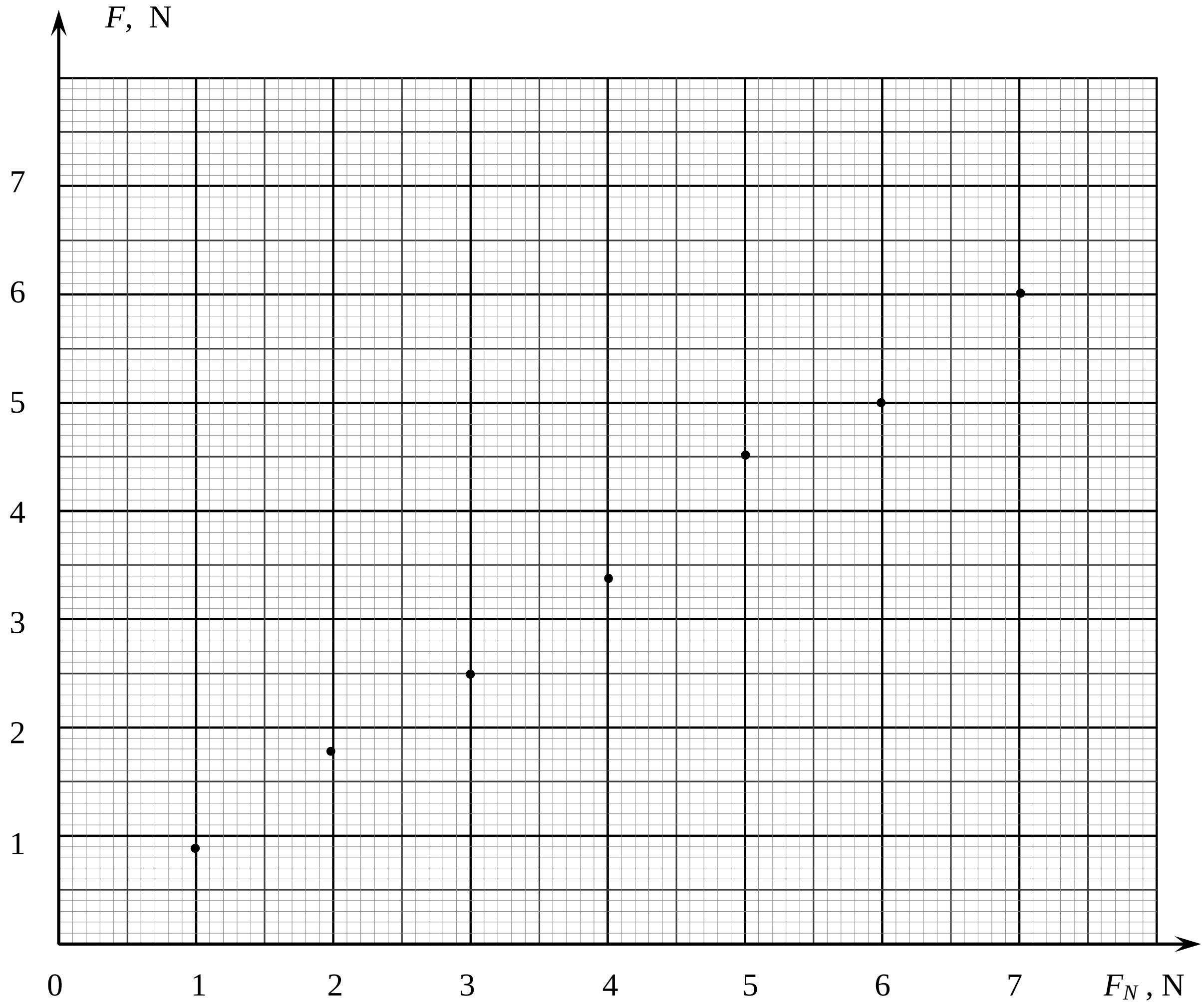


Zadanie 24.1.
Wprawiony w ruch klocek poruszał się ruchem jednostajnym.
A. Narysuj i oznacz siły działające na klocek w kierunku poziomym podczas jego ruchu jednostajnego oraz zapisz ich nazwy.
B. Zapisz warunek dotyczący wartości tych sił.



Zadanie 24.2.
W trakcie doświadczenia jeden z uczniów stwierdził, że klocek został przesunięty pod wpływem siły o wartości 4,5 N na drodze 20 cm. Ruch klocka uznał za jednostajny.
Oblicz pracę wykonaną przez siłę powodującą przesunięcie klocka. Wyjaśnij, dlaczego pomimo wykonanej nad klockiem pracy, jego energia kinetyczna nie wzrosła.

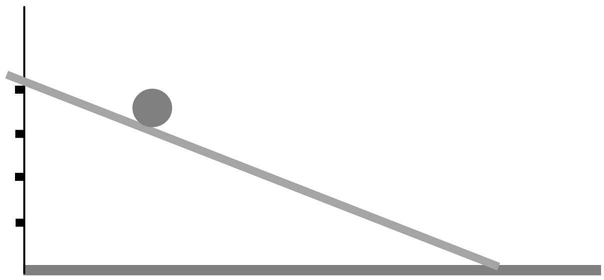
Zadanie 24.3.
Grupa uczniów przeprowadziła doświadczenie i wyniki swoich pomiarów przedstawiła na wykresie zależności wartości siły napędzającej od wartości siły nacisku. W doświadczeniu uczniowie użyli siłomierza o dokładności ± 0,1 N. Wartość siły nacisku uczniowie określili, znając ciężary klocków. Klocki były identyczne, każdy o ciężarze 1 N. Można pominąć niepewności pomiarowe ich ciężaru.



A. Zaznacz na wykresie niepewności pomiarowe oraz narysuj prostą najlepszego dopasowania.
B. Na podstawie wykresu wyznacz współczynnik tarcia kinetycznego drewnianego klocka o podłoże.

Zadanie 25.
W celu ustalenia, czy drewniany walec jest pełny, czy wydrążony, uczniowie mierzyli czas staczania się tego walca po równi pochyłej o stałej długości (patrz rysunek). Podczas doświadczenia zmieniali kąt nachylenia równi do poziomu i dla każdego kąta obliczali przyspieszenie liniowe walca, którego ruch odbywał się bez poślizgu. Wyniki pomiarów zapisali w tabeli.

α (°)	**sin** α	$\alpha\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$
10	0,174	0,9
20	0,342	2,0
30	0,500	2,8
40	0,643	3,7

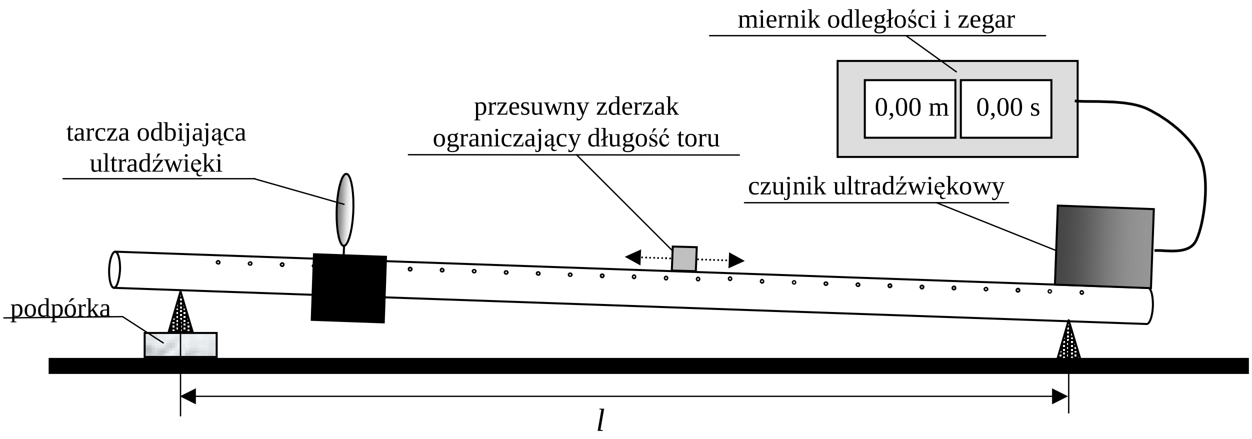


Przyspieszenie liniowe toczącej się bryły możemy zapisać ogólnym wzorem $a = \frac{1}{k+1} \cdot g \cdot \sin\alpha$, w którym współczynnik k jest współczynnikiem liczbowym we wzorze na moment bezwładności bryły $I = k \cdot m \cdot r^2$ (zależnym od rodzaju bryły – tabela poniżej). Przyjmij wartość $g = 9{,}81\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

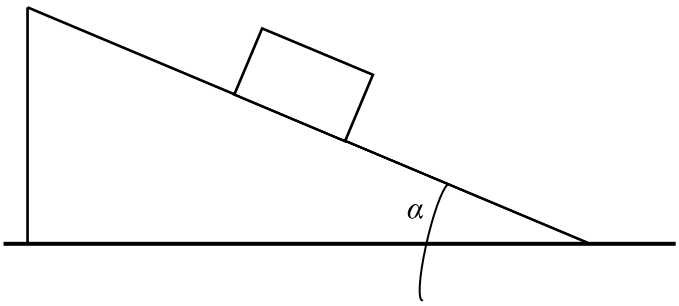
Rodzaj bryły	kula	sfera	walec	pierścień
Współczynnik *k*	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

A. Narysuj wykres zależności przyspieszenia bryły od sinusa kąta nachylenia równi.
B. Wyznacz współczynnik kierunkowy prostej najlepszego dopasowania i rozstrzygnij, czy walec był pełny, czy wydrążony w środku.

Zadanie 26.
Uczniowie postanowili wyznaczyć wartości przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem równi pochyłej, którą był tor powietrzny redukujący praktycznie całkowicie siłę tarcia dynamicznego, jakie występowałoby pomiędzy wózkiem a torem. Po rurze toru mógł się swobodnie poruszać wózek wykonany z blachy, mający kształt odwróconej litery U. Pod jedną z nóżek toru odległych od siebie o 1 m, umieścili podpórkę o wysokości 1 cm. Na dole toru umieścili ultradźwiękowy czujnik położenia, mierzący odległość wózka od czujnika. Układ pomiarowy czujnika ultradźwiękowego mierzył również czas trwania ruchu. Ponieważ wózek miał małe wymiary poprzeczne i czujnik ultradźwiękowy nie był w stanie określić jego położenia, do wózka zamocowali małą metalową tarczę odbijającą ultradźwięki. Układ pomiarowy przedstawia rysunek.



Zadanie 26.1.
Na poniższym schematycznym rysunku, narysuj i nazwij wszystkie siły działające na wózek poruszający się po torze, zachowując właściwe relacje między nimi.



Zadanie 26.2.
Wykaż, że przy założeniu małych kątów α (sin $\alpha \approx$ tg α), równanie opisujące wartość przyspieszenia ziemskiego można zapisać w postaci:

$$\boldsymbol{g = a\frac{l}{h}},$$

gdzie: h jest wysokością podpórki, l odległością pomiędzy podporami (rysunek), natomiast a przyspieszeniem ruchu wózka.

Zadanie 26.3.
Uczniowie dokonali pomiarów czasu ruchu wózka dla różnych długości torów (s), na których poruszał się wózek. Wyniki pomiarów zapisali w tabeli.

Nr pomiaru	1	2	3	4	5
Długość odcinka toru (m)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Czas przebycia odcinka drogi (s)	2,26	3,21	3,95	4,58	5,16
Obliczona wartość przyspieszenia wózka $\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$					

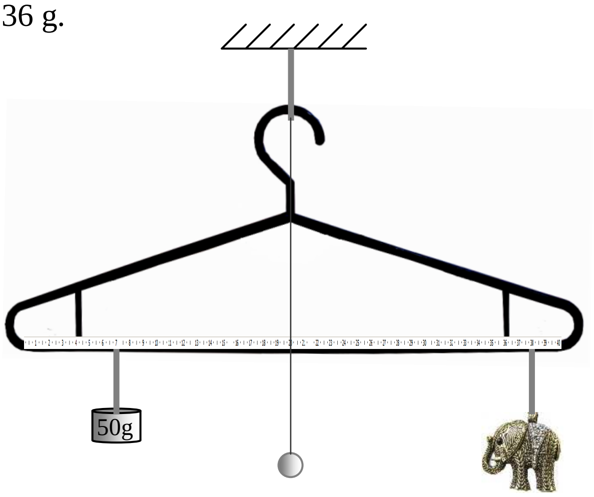
Na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez uczniów oblicz wartości przyspieszeń dla ruchu wózka na poszczególnych odcinkach torów oraz średnią wartość przyspieszenia ziemskiego.

Zadanie 26.4.
Z wyników pomiarów i obliczeń wykonanych przez uczniów wynika, że obliczona wartość przyspieszenia wózka maleje wraz ze wzrostem odcinka drogi, po jakim poruszał się wózek.
Wyjaśnij, dlaczego wartość przyspieszenia wózka maleje.

Zadanie 26.5.
Elektroniczny czujnik ultradźwiękowy wykorzystany przez uczniów, jest sterowany układem elektronicznym miernika odległości. W instrukcji obsługi czujnika uczniowie przeczytali, że układ czujnika co pewien czas wysyła impuls fali ultradźwiękowej o częstotliwości 60 kHz trwający 1 ms. Czujnik działa wówczas jak głośnik. Natychmiast po wysłaniu wiązki zostaje on wysterowany przez układ elektroniczny w ten sposób, że działa jak mikrofon i odbiera impuls odbity od przeszkody.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Częstotliwość fali w pojedynczym impulsie fali ultradźwiękowej odebranej przez czujnik po odbiciu od tarczy w czasie jazdy wózka, w porównaniu z częstotliwością wysyłaną przez układ czujnika (60 kHz), jest

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	coraz mniejsza,	ponieważ	A	prędkość wózka rośnie.
2.	coraz większa,		B	maleje odległość wózka od czujnika.

Zadanie 27.
Uczniowie chcieli wyznaczyć gęstość materiału, z którego wykonana jest mosiężna figurka (słonik). Ponieważ nie posiadali wagi, zbudowali z wieszaka układ pomiarowy przedstawiony na rysunku. Układ ten składał się z plastikowego wieszaka do ubrań zamocowanego na sznurku do statywu. Do sznurka, na którym wisiał wieszak, przyczepili również nić obciążoną na drugim końcu małą kulką. Nić wyznaczała kierunek pionu. Do poziomej części wieszaka przykleili papierową taśmę mierniczą. Dysponowali jednym ciężarkiem o masie 50 g, który za pomocą sznurka zamocowali z jednej strony wieszaka. Figurkę zamocowali również za pomocą sznurka z drugiej strony wieszaka. Zmieniając położenie ciężarka i figurki doprowadzili do sytuacji, w której dolna część wieszaka przyjęła pozycję poziomą (rysunek). Odczytali odległości, w jakiej znajdują się punkty zamocowania ciężarka i figurki od nici wyznaczającej pion. Odległości te były równe 13 cm i 18 cm. Dokonując obliczeń stwierdzili, że słonik ma masę ok. 36 g.



Zadanie 27.1.
Na postawie danych przedstawionych w tekście i na rysunku wykaż, że figurka ma masę ok. 36 g.

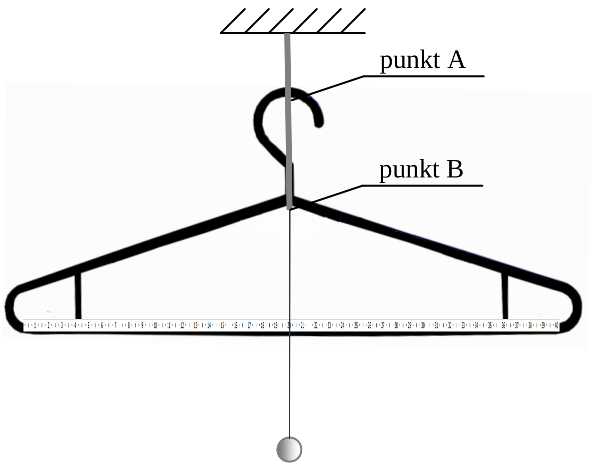
Zadanie 27.2.
Ponieważ uczniowie nie mieli przyrządów pozwalających wyznaczyć objętość słonika, w drugiej części doświadczenia zanurzyli całą figurkę w naczyniu napełnionym wodą o gęstości $1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. W tej sytuacji doprowadzenie dolnej części wieszaka do pozycji poziomej wymagało, przesunięcia punktu mocowania ciężarka o 1,5 cm bliżej środka wieszaka.
Na podstawie przedstawionych danych wykaż, że słonik o masie 36 g ma objętość ok. 4,1 cm^3.

Zadanie 27.3.
Mosiądz, z którego wykonano figurkę słonika, jest stopem miedzi o gęstości ok. 8900 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ i cynku o gęstości ok. 7200 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
Ustal, jaką część objętości całego słonika zajmuje miedź.

Zadanie 27.4.
Po dokonaniu powyższych pomiarów uczniowie ustawili słonika i ciężarek w innych położeniach na poziomej części wieszaka, przy czym dolna część wieszaka ponownie była pozioma. Uzyskali ten stan dla mniejszych (w porównaniu z pierwszym pomiarem) odległości punktów zaczepienia sznurków od nici wyznaczającej pion. Ponownie przeprowadzili opisane powyżej pomiary. Po wykonaniu obliczeń otrzymali nieco inną (w porównaniu z pierwszym pomiarem) wartość objętości słonika.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Dokładność otrzymanego wyniku jest większa w pomiarze

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	pierwszym,	ponieważ	A	nić z zawieszoną kulką nie będzie już wyznaczała pionu.
			B	zmieni się wartość siły wyporu działającej na figurkę.
2.	drugim,		C	zmienią się wartości momentów sił działających na wieszak.

Zadanie 27.5.
Jeden z uczniów zasugerował, aby przed rozpoczęciem pomiarów przenieść punkt mocowania nici, na której wisi wieszak z pierwotnego położenia A do położenia B (rysunek).

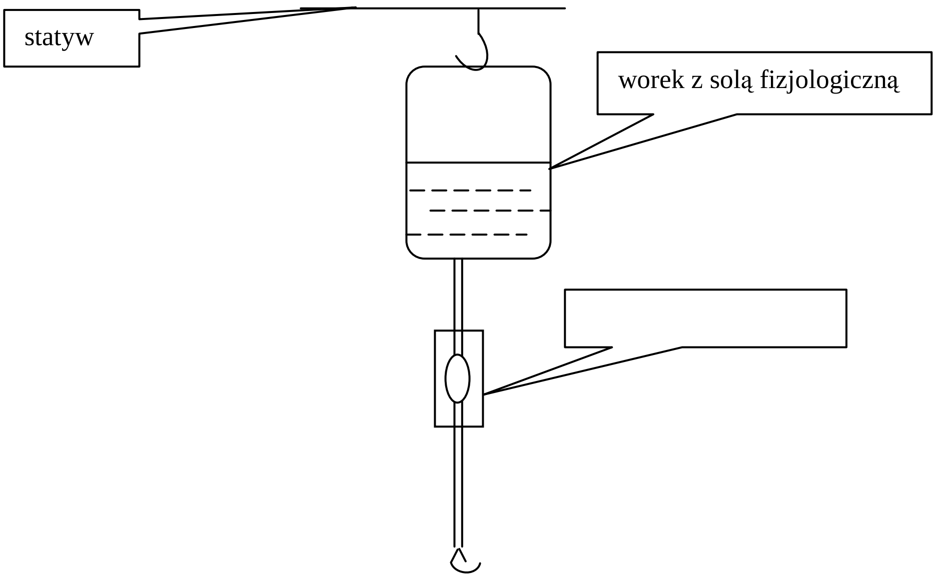


Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Zmiana ta spowoduje zmianę położenia środka masy wieszaka względem punktu zaczepienia wieszaka		
2.	Zmiana ta spowoduje zmianę siły naciągu nici, na których zawieszono ciężarek i słonika.		
3.	Zmiana ta spowoduje, że środek masy wieszaka znajdzie się powyżej punktu B.		

Zadanie 28.

Uczniowie wykonali doświadczenie polegające na wyznaczeniu wartości przyspieszenia ziemskiego, wykorzystując do tego celu szpitalny zestaw do podawania kroplówek. Zestaw zawierał: plastikowy worek z wodnym roztworem soli, kroplomierz (czyli zawór pozwalający precyzyjnie odmierzać ilość wypływającej cieczy), statyw (patrz rysunek).



Worek z cieczą o objętości 0,5 l mocowali na różnych wysokościach i mierzyli z dokładnością do 5 mm odległość *h*, jaką przebywały spadające krople. Zawór ustawili w taki sposób, że krople spadały ze stałą częstotliwością dopasowaną tak, że gdy jedna kropla upadała na podłogę, druga opuszczała wylot rurki. Czas spadania kropel *t* mierzyli za pomocą stopera. Dane pomiarowe zamieścili w tabeli. Niepewność pomiaru kwadratu czasu przyjęli 0,02 s^2.

h (cm)	100	100	100	130	130	130	150	180	180	180	190	190	190
t (s)	0,46	0,47	0,45	0,50	0,51	0,52	0,55	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,61

Zadanie 28.1.

Sporządź wykres zależności wysokości z jakiej spadały krople od kwadratu średniego czasu ich spadania. Zaznacz niepewności pomiarowe.

Zadanie 28.2.

Zaproponuj metodę pozwalającą na obliczenie, na podstawie otrzymanego wykresu, wartość przyspieszenia ziemskiego oraz oblicz tę wartość.

Zadanie 28.3.

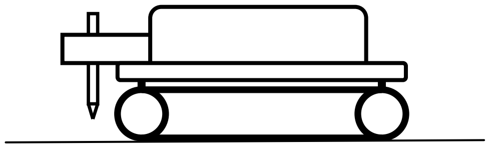
Zapisz dwie przyczyny wystąpienia niedokładności wyznaczenia wartości przyspieszenia ziemskiego, które nie zależą od dokładności użytych przyrządów.

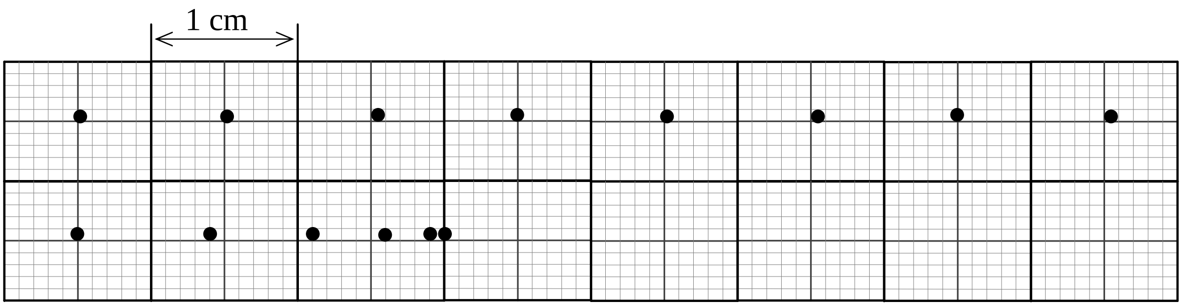
Zadanie 28.4.

Podaj inny, niż opisany powyżej, przykład doświadczenia pozwalającego wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego. Zaproponuj tabelę pomiarową oraz zapisz kolejność czynności, jakie należy wykonać, by wyznaczyć mierzoną wielkość.

Zadanie 29.

Grupa uczniów zbudowała z klocków model pojazdu gąsienicowego napędzanego silnikiem elektrycznym. Do tego pojazdu zamocowali urządzenie, które wypuszcza co 2 s kropelkę tuszu (patrz rysunek). Pojazd ten ustawili na podłożu, do którego przymocowali papier milimetrowy. Gdy pojazd się poruszał, to zostawiał po sobie ślad w postaci kropelki tuszu na papierze. Uczniowie tak sterowali pojazdem, aby raz poruszał się ruchem jednostajnie zmiennym, a innym razem jednostajnym. Na rysunku poniżej przedstawiono ślady pozostawione przez pojazd w obu przypadkach.





Zadanie 29.1.

Uczniowie przeanalizowali ślady na papierze pozostawione przez pojazd, a następnie zapisali trzy wnioski z tej analizy.

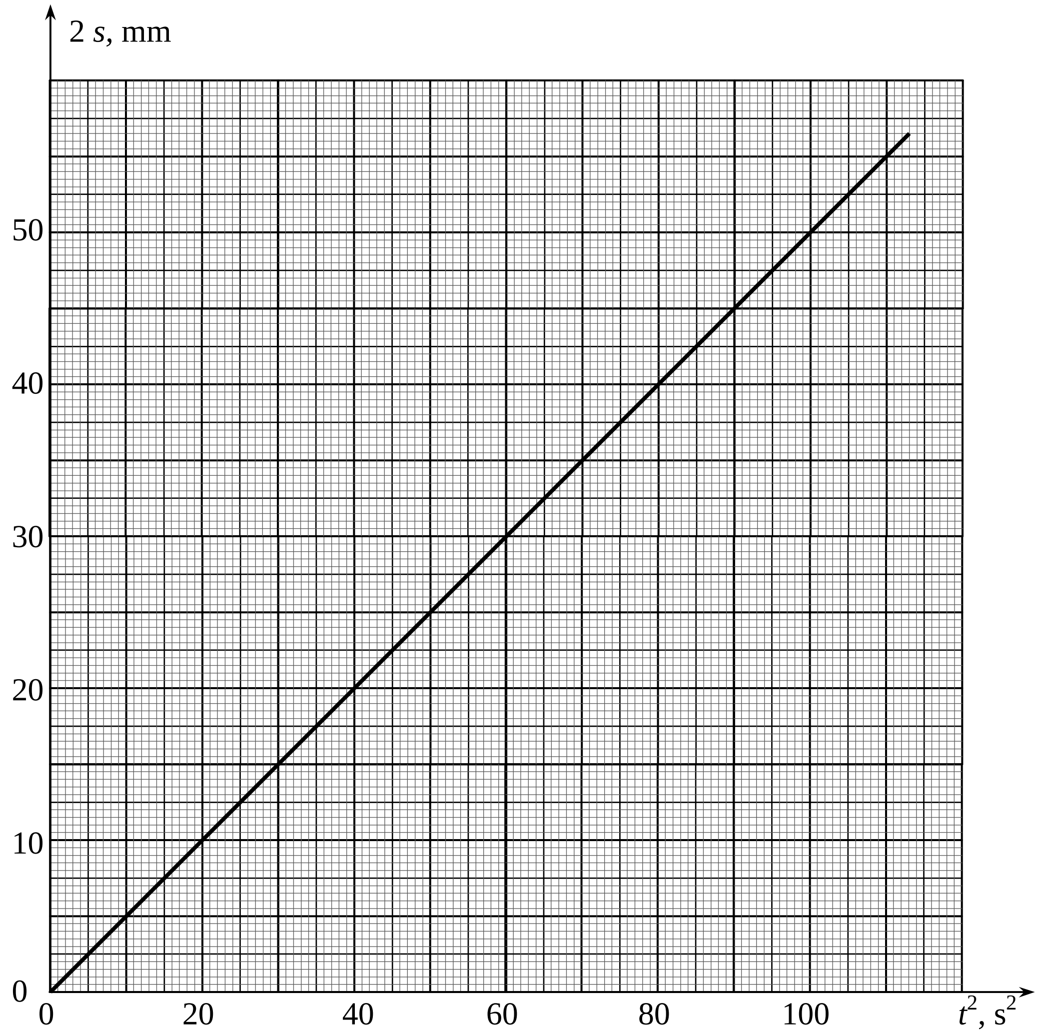
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	W jednym przypadku ruch był prostoliniowy, w drugim krzywoliniowy.		
2.	Podczas ruchu jednostajnego pojazd pokonał większą drogę niż podczas ruchu jednostajnie zmiennego.		
3.	Ruch jednostajnie zmienny mógł być przyspieszony lub opóźniony.		

Zadanie 29.2.

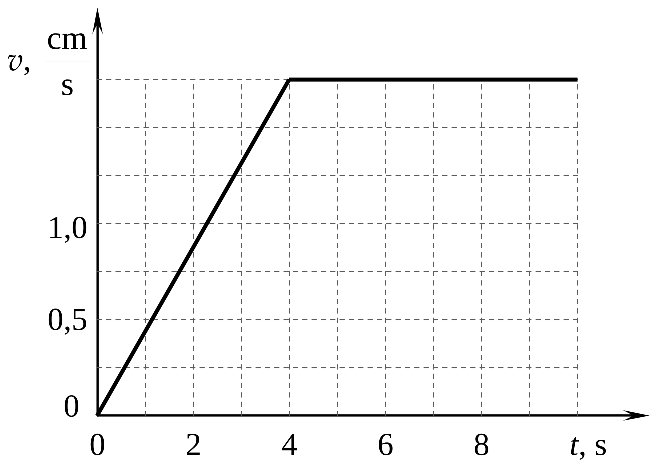
Sporządź wykres przebytej przez pojazd drogi od czasu w ruchu jednostajnym. Na wykresie zaznacz niepewności pomiarowe wyznaczenia położenia pojazdu. Wykreśl prostą najlepszego dopasowania. Na podstawie wykresu wyznacz wartość prędkości pojazdu.

Zadanie 29.3.
Badając ruch przyspieszony pojazdu, uczniowie sporządzili wykres zależności podwojonej długości drogi od kwadratu czasu.



Na podstawie wykresu oblicz wartość przyspieszenia pojazdu. Wynik zapisz w $\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$ z dokładnością do 3 miejsc znaczących.

Zadanie 29.4.
Uczniowie badali szereg ruchów pojazdu gąsienicowego. Podczas jednego z nich wartość prędkości zmieniała się w sposób przedstawiony na wykresie.
Oblicz wartość prędkości średniej tego pojazdu w czasie 10 s ruchu.



Zadanie 30.
W dobie miniaturyzacji większość znanych nam od lat przedmiotów staje się coraz mniejsza. Niektóre z nich „schodzą” z półek, by znaleźć nowe miejsce w naszej kieszeni. Teraz każdy może kupić za niezbyt wygórowaną kwotę mały układ scalony, który pełni rolę stosowanych do niedawna dużych, drogich i precyzyjnych akcelerometrów*, opartych na tensometrach**. Ale cud miniaturyzacji to nie tylko możliwość korzystania z tensometrów. Z pomocą przyszła nowa technologia, która pozwoliła na zbudowanie między innymi miniaturowych akcelerometrów, np. w postaci układów scalonych o wymiarach 6 × 6 × 1,45 mm. Oczywiście taka miniaturyzacja ma swoją cenę. Dokładność wskazań akcelerometru wykonanego w technologii MEMS jest znacząco niższa od pierwowzoru, jednak zupełnie wystarczająca do zastosowania jako czujnik dający podstawowe informacje o przyśpieszeniu.
Akcelerometry zastosowano również w telefonach komórkowych do wykrywania ich ustawienia oraz do pomiarów przyspieszenia.
Zakładając, że ruch masy bezwładnej jest możliwy w osi zgodnej z osią pionową (prostopadłą do powierzchni ziemi), na tę masę będzie działała siła grawitacji ziemskiej. Siła ta jest odpowiedzialna za występowanie przyspieszenia ziemskiego, zatem tak umieszczony czujnik wykrywa przyspieszenie ziemskie wywołane siłą grawitacji.
Przyspieszenie wykrywane przez akcelerometr może być mierzone w jednostkach „g”, oznaczających krotność grawitacji ziemskiej. Zatem 1 g oznacza przyspieszenie ziemskie, czyli w przybliżeniu 9,81 m/s^2. Jednostka taka jest bardzo wygodna ze względu na intuicyjne rozumienie jej wartości.

Na podstawie: http://ep.com.pl/files/1521.pdf [dostęp: 16.06.2015].

* *akcelerometr – przyrząd do pomiaru przyspieszeń liniowych lub kątowych, wykorzystujący zmianę parametrów fizycznych wywołaną przyspieszaniem układu pomiarowego.*
** *tensometr – czujnik mechaniczny, służący do pomiaru naprężenia (łac.* tensus *= napięty + gr.* metréô *= mierzę); w praktyce pomiar tensometryczny polega na pomiarze odkształcenia i obliczeniu naprężenia, czyli wartości siły.*

Zadanie 30.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

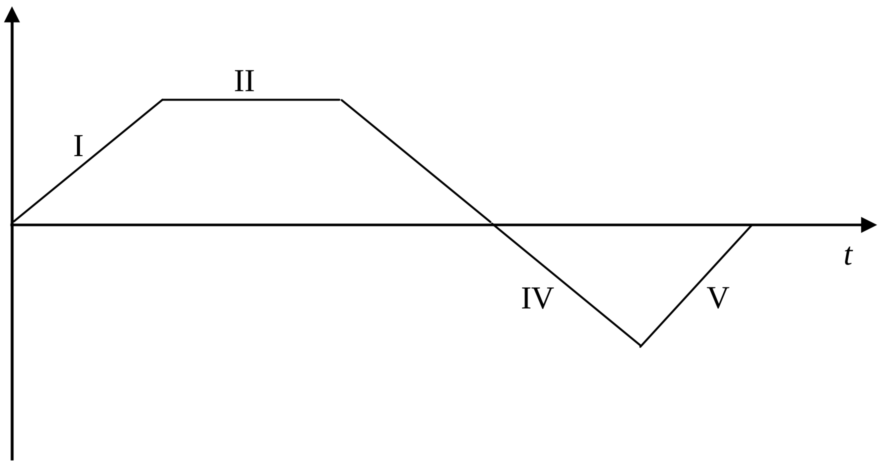
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Podstawy fizyczne działania tensometru i akcelerometru są takie same.		
2.	Akcelerometr można wyskalować w jednostkach przyspieszenia kątowego, czyli w $\frac{1}{s^2}$.		
3.	Akcelerometr zainstalowany na orbitalnej stacji kosmicznej może mierzyć przyspieszenie dośrodkowe.		

Zadanie 30.2.
Przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu jest ok. 6-krotnie mniejsze niż na Ziemi.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Gdyby astronauta na Księżycu chciał skorzystać z akcelerometru wyskalowanego na Ziemi, to
A. można by go było używać bez żadnych przeróbek.
B. należałoby 6-krotnie zwiększyć jego czułość.
C. należałoby 6-krotnie zmniejszyć jego czułość.
D. nie można by go użyć nawet po zmianach i przeskalowaniu.

Zadanie 30.3.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Jeżeli rakieta w pewnej chwili startuje z Ziemi pionowo w górę z przyspieszeniem 2 g, to wskazania akcelerometru umieszczonego w osi rakiety będą równe

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	0 g,	ponieważ	A	akcelerometr oraz masa czujnika wewnątrz akcelerometru wraz z rakietą tworzą układ odizolowany od sił zewnętrznych.
2.	1 g,		B	przyspieszenie ziemskie jest zwrócone przeciwnie do ruchu rakiety, zatem wartości przyspieszeń odejmują się.
3.	2 g,		C	na masę czujnika akcelerometru działa siła bezwładności równa podwojonemu ciężarowi tej masy na Ziemi.
4.	3 g,		D	przyspieszenie ziemskie jest zwrócone przeciwnie do ruchu rakiety, zatem wartości przyspieszeń dodają się.

Zadanie 30.4.
Akcelerometr działający w płaszczyźnie poziomej wykorzystano do badania ruchu samochodu na prostym poziomym torze badawczym. Wyniki wskazań akcelerometru zamieszczono na wykresie.



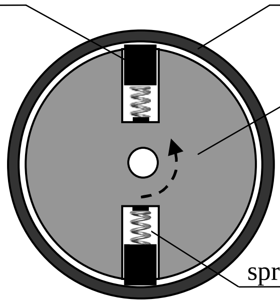
Uzupełnij poniższą tabelę wpisując w odpowiednie komórki właściwe nazwy rodzajów ruchu (przyspieszony/opóźniony/jednostajny) **oraz poprawne określenia charakteru ruchu** (jednostajnie zmienny / niejednostajnie zmienny).

Etap ruchu	**Rodzaj ruchu**	**Charakter ruchu**
I		
II		
III		
IV		
V		

Zadanie 31.

W części współczesnych skuterów w układzie napędowym stosowane jest sprzęgło odśrodkowe (fotografia). Sprzęgło to umożliwia płynne (stopniowe) przeniesienie momentu obrotowego (momentu siły) z silnika na koło napędzające skuter.

Źródło: http://www.learneasy.info/MDME/MEMmods/MEM30009A/shaft_drives/clutch_statements.html [dostęp: 03.10.2014].



Uproszczoną, schematyczną budowę takiego sprzęgła przedstawia rysunek. Składa się ono z części wewnętrznej, którą jest walec napędzany przez silnik skutera. W walcu znajdują się 2 ciężarki utrzymywane przez sprężyny. Zewnętrzna część sprzęgła jest metalowym bębnem połączonym bezpośrednio z kołem skutera. Obrót bębna powoduje obrót koła skutera i umożliwia jazdę. Ciężarki nie dotykają do bębna, gdy walec napędzany przez silnik jest nieruchomy lub obraca się z niewielką prędkością obrotową. Podczas wzrostu prędkości obrotowej walca napędzanego przez silnik rośnie siła odśrodkowa działająca na wirujące ciężarki. Gdy siła ta spowoduje rozciągnięcie sprężyn, następuje przemieszczenie ciężarków. Ciężarki zaczynają przesuwać się po wewnętrznej powierzchni bębna, w wyniku czego pojawia się siła tarcia powodująca obrót bębna oraz koła skutera.

Zadanie 31.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Wielkość powierzchni styku ciężarka z zewnętrznym bębnem ma znaczący wpływ na wartość siły tarcia działającej pomiędzy ciężarkiem i bębnem.		
2.	Zwiększenie wymiarów, a zarazem masy ciężarków przedstawionych na rysunku spowoduje, że ciężarki zaczną dotykać do zewnętrznego bębna przy mniejszej prędkości obrotowej.		
3.	Gwałtowne zahamowanie i w konsekwencji zatrzymanie skutera spowoduje również, że silnik napędzający skuter się zatrzyma.		

Zadanie 31.2.

Przyjmij, że środek masy ciężarka porusza się po okręgu o promieniu r, pomiń oddziaływanie sprężyn.

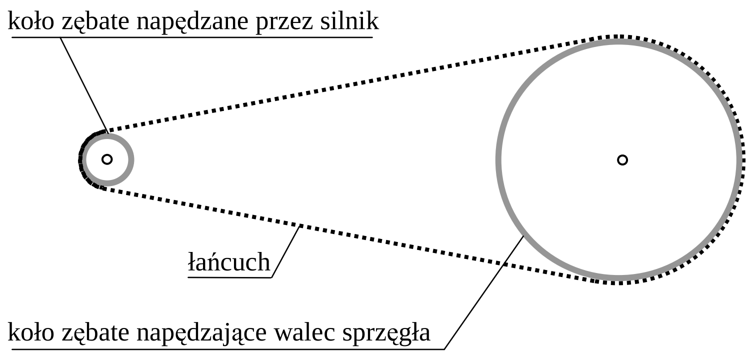
Wykaż, że wartość siły tarcia działającej na wewnętrzną powierzchnię bębna ze strony pojedynczego ciężarka można przedstawić w postaci:

$$F_T = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r \cdot m \cdot \mu$$

gdzie: f – częstotliwość obrotu walca, m – masa klocka, μ – współczynnik tarcia pomiędzy ciężarkiem i bębnem.

Zadanie 31.3.

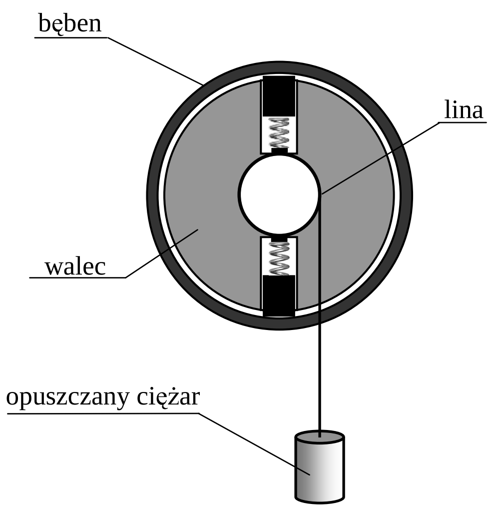
Walec w sprzęgle napędzany jest przez silnik poprzez przekładnię łańcuchową składającą się z 2 kół zębatych o różnych promieniach połączonych łańcuchem, podobnym do łańcucha rowerowego.



Wskaż zdanie, które jest nieprawdziwe.
A. Wartość prędkości liniowej punktów na obwodzie obu kół zębatych jest jednakowa.
B. Wartości momentów sił działających na oba koła zębate są różne.
C. Częstotliwość obrotu kół zębatych jest zależna od ich średnicy.
D. Prędkości kątowe obu kół zębatych są takie same.

Zadanie 31.4.

Sprzęgło odśrodkowe wykorzystywane jest również w urządzeniu umożliwiającym samoczynne powolne opuszczanie (ruchem jednostajnym) ciężarów zawieszonych na linie. Konstrukcję takiego urządzenia przedstawia rysunek. Bęben należy unieruchomić, a do obrotowego walca z ciężarkami należy zamocować walec o mniejszej średnicy, na którym nawinięta jest lina (rysunek).
Prędkość poruszania się opuszczanego ciężaru jest zależna od promieni bębna oraz walca z nawiniętą liną, masy opuszczanego ciężaru, długości liny, liczby ciężarków w walcu oraz siły naciągu liny.
Wskaż w powyższym tekście dwa błędne stwierdzenia.



Zadanie 32.

Dawn (ang. *dawn* = świt) jest bezzałogową sondą kosmiczną wystrzeloną w 2007 r. przez NASA, której celem było dotarcie na orbitę planetoidy Westa, a następnie na orbitę planety karłowatej Ceres.
Sonda wyposażona jest w 2 skrzydła baterii słonecznych. Każde ze skrzydeł ma powierzchnię 18 m². Baterie słoneczne będą dostarczać w okolicy orbity Ziemi moc 10,3 kW, natomiast na orbicie Ceres moc ta zmaleje do 1,4 kW. Baterie słoneczne zasilają energią elektryczną zarówno osprzęt sondy, jak również jej 3 silniki jonowe, których wartość ciągu można zmieniać od 19 do 91 mN. Każdorazowo używany będzie pojedynczy silnik, a łączny czas pracy silników jonowych w czasie misji jest zaplanowany na ok. 2000 dni. Materiał pędny dla silników jonowych stanowi 425 kg ksenonu. Przy maksymalnym ciągu silnik zużywa jedynie ok. 3,25 mg ksenonu na sekundę. Sonda zaopatrzona też jest w zestaw 12 silników kontroli położenia o ciągu 0,9 N każdy. Materiałem pędnym jest dla nich 45,6 kg hydrazyny. Prędkość przesyłania danych na powierzchnię Ziemi wynosi od 10 bitów do 124 kilobitów na sekundę. Całkowita masa sondy przy starcie wynosiła 1217,7 kg.
Pierwszym celem była asteroida Westa, do której sonda dotarła 15 lipca 2011 r. Sonda weszła na orbitę wokół Westy i przez ponad rok przesyłała zdjęcia oraz inne dane dotyczące budowy tej planetoidy. Sonda opuściła już orbitę Westy i obecnie **zmierza do planety karłowatej**

Ceres (średnica 950 km, ok. 14 razy mniejsza niż średnica Ziemi), gdzie dotrze w 2015 r. i „zacumuje” na orbicie wokół Ceres, prowadząc wszechstronne badania tego ciała niebieskiego. Ceres krąży wokół Słońca po orbicie o średnim promieniu 2,27 j.a. oraz obraca się wokół własnej osi w czasie 9 godzin i 4 minut.

Na podstawie: http://pl.wikipedia.org/wiki/Dawn_%28sonda_kosmiczna%29;
http://www.mt.com.pl/kosmiczna-stacja-badawcza-dawn [dostęp: 12.10.2014].

Zadanie 32.1.
Na podstawie danych w tekście oszacuj okres obiegu planety karłowatej Ceres wokół Słońca.

Zadanie 32.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Siła ciągu wszystkich silników sondy Dawn umożliwiła jej start z powierzchni Ziemi.		
2.	Zmniejszenie mocy ogniw słonecznych wynika ze zwiększenia odległości od Słońca.		
3.	W trakcie lotu od Westy do Ceres sonda poruszać się będzie po linii prostej „łączącej” oba ciała niebieskie, w chwili opuszczenia orbity Westy.		

Zadanie 32.3.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Przyspieszenie sondy wynikające z działania silników jonowych pracujących z maksymalnym ciągiem będzie

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	stałe,	ponieważ	A	na sondę nie działają praktycznie siły zewnętrzne.
2.	coraz większe,		B	maleje odległość od Słońca.
3.	coraz mniejsze,		C	masa sondy zmienia się.

Zadanie 32.4.
Oblicz wartość pierwszej prędkości kosmicznej dla Ceres wiedząc, że jej średnia gęstość jest równa 2700 kg/m^3. Objętość kuli $\boldsymbol{V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}$.

Na podstawie: http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Ceres;3884315.html [dostęp: 12.10.2014].

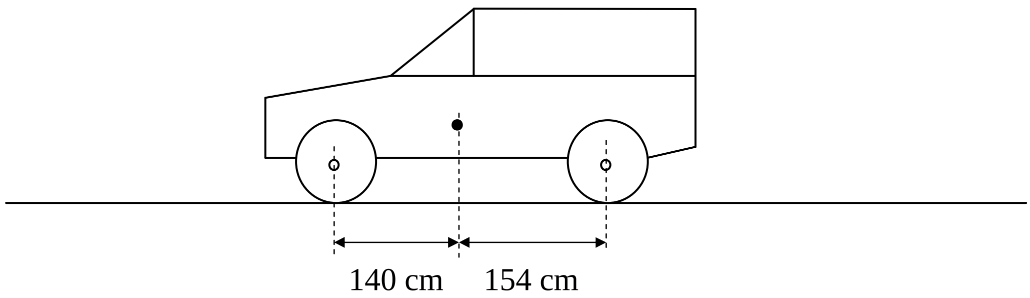
Zadanie 33.
„Aby samochód mógł się poruszać, między nawierzchnią jezdni a oponami musi występować siła tarcia zwana w mechanice ruchu pojazdu siłą przyczepności. Siła ta jest siłą napędową dla samochodu. Zależna jest ona od współczynnika tarcia μ (współczynnika przyczepności) między oponą a nawierzchnią oraz od siły nacisku N. Maksymalna wartość siły tarcia T_{max}, jak potwierdza doświadczenie, zależna jest od rodzaju stykających się powierzchni i siły nacisku. Zależność tę można wyrazić wzorem $0 \le T \le T_{max} = \mu \cdot N$. […] Z doświadczenia wiemy też, że najtrudniej jest ruszyć ciało z miejsca, a potem siła tarcia jest nieco mniejsza. Gdy ruszamy z miejsca, współczynnik tarcia jest większy niż wtedy, gdy powierzchnie się już przesuwają względem siebie. W pierwszym przypadku współczynnik tarcia nazywamy

współczynnikiem tarcia statycznego μ_s, a w drugim współczynnikiem tarcia kinetycznego μ_k. Wartości wybranych współczynników przedstawione są w tabeli”.

Rodzaj stykających się powierzchni	μ_s	μ_k
guma po asfalcie	0,90	0,85
guma po betonie	0,65	0,50
guma po lodzie	0,20	0,14

Na podstawie: A. Kuczkowski, *Fizyczne podstawy procesów związanych z ruchem samochodu*, „Fizyka w szkole”, 2013 nr 1, s. 8.

Zadanie 33.1.
Na rysunku zaznaczono położenie środka ciężkości samochodu oraz jego odległości od przedniej i tylnej osi samochodu.



Narysuj wektory: siły ciężkości $\vec{Q}$, siły napędowej $\vec{F}$, sił reakcji podłoża na nacisk kół osi przedniej i tylnej $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$. Przyjmij, że samochód ma przedni napęd i rusza bez poślizgu. Zachowaj relacje pomiędzy długościami sił reakcji i siły ciężkości.

Zadanie 33.2.
Zaznacz właściwą odpowiedź oraz jej poprawne uzasadnienie.
Przyspieszenie, jakie może osiągnąć samochód podczas ruszania na asfalcie, jest w porównaniu z ruszaniem na betonie

Odpowiedź			**Uzasadnienie**	
1.	mniejsze,	ponieważ	A	moc silnika jest taka sama.
2.	takie samo,		B	siła tarcia ma mniejszą wartość.
3.	większe,		C	współczynnik tarcia dla asfaltu jest większy.
			D	jest najmniejsza różnica między tarciem statycznym i kinetycznym.

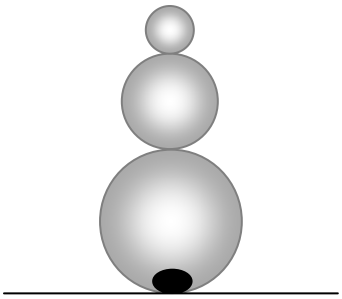
Zadanie 33.3.
Oblicz wartość siły reakcji podłoża na nacisk przedniej osi spoczywającego samochodu, którego ciężar jest równy 12000 N.

Zadanie 33.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Przesiadka pasażera z przedniego na tylne siedzenie ma wpływ na maksymalne przyspieszenie samochodu.		
2.	Włączenie napędu na 4 koła pozwoli uzyskać większe przyspieszenie samochodu.		
3.	Hamowanie samochodu z zablokowanymi kołami jest skuteczniejsze niż wtedy, gdy koła się obracają.		

Zadanie 34.
„Niektóre prawa i zjawiska fizyczne wykorzystują od wielu lat twórcy ludowi w swoich wyrobach zabawkarskich, kontynuując tradycję dawnych mistrzów. Niełatwo dziś dociec, na ile ci mistrzowie znali prawa fizyki i wykorzystywali je świadomie. Faktem jest, że niejedna zabawka twórców ludowych przyciąga obecnie naszą uwagę niezwykłością budowy i działania. Po dokładniejszej analizie możemy zauważyć w tych zabawkach oryginalne i pomysłowe wykorzystanie zjawisk i praw fizycznych. Oto seria przykładów.
Jest to bardzo stara i prosta zabawka ludowa. Ma ona postać bryły obrotowej, składającej się z trzech połączonych ze sobą kul, wytoczonych z jednego kawałka drewna (patrz rysunek). Patrząc ku górze, stwierdzamy, że średnice kul tworzących korpus zabawki są coraz mniejsze. Dodatkowo w dolnej części największej kuli umieszczony jest metalowy obciążnik […]. Mówiąc krótko, położenie środka masy (środka ciężkości) wańki-wstańki jest takie, że nie można jej w sposób trwały przewrócić ani położyć […]. Wańkę-wstańkę można również rozpatrywać jako dźwignię dwustronną o zmiennym punkcie podparcia”.

Źródło: S. Bednarek, *Fizyka w sklepie z zabawkami ludowymi*, „Foton”, 2006 nr 92, s. 38.



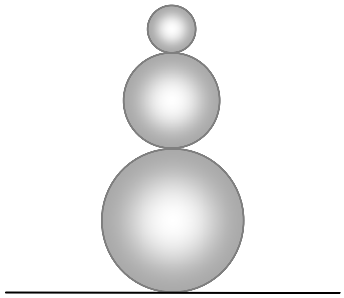
Zadanie 34.1.
Uzupełnij zdania, które wyjaśniają zasadę działania wańki-wstańki.

1. Dla ustawionej pionowo zabawki moment siły ciężkości względem punktu styczności zabawki z podłożem jest ……………………….. .
2. Gdy przechylimy zabawkę w prawo do położenia poziomego, to punkt przyłożenia siły ciężkości znajduje się po …………………….. stronie od punktu styczności zabawki z podłożem.
3. Gdy puścimy odchyloną w prawo zabawkę, to wykona ona kilka ……………………… i powróci do ustawienia pionowego.

Zadanie 34.2.

Kule wykonano z takiego samego drewna, a metalowy obciążnik na spodzie największej kuli nie został jeszcze zamontowany.

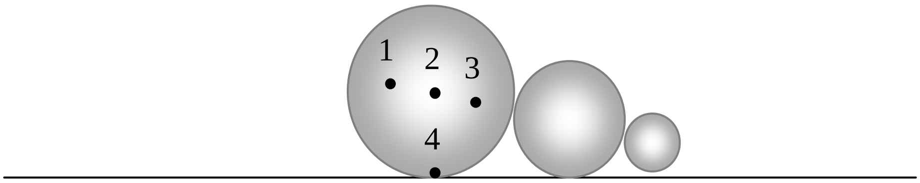
Oblicz, na jakiej wysokości nad podłożem znajduje się środek masy układu 3 drewnianych kulek o promieniach 3*R*, 2*R*, *R* w sytuacji, gdy zabawka stoi pionowo (patrz rysunek). Przyjmij *R* = 3 cm.



Zadanie 34.3.

Aby zabawka ustawiona tak, jak na poniższym rysunku, powróciła do pozycji pionowej, to jej środek ciężkości powinien znajdować się w punkcie:

A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.



Zadanie 35.

Pierwszym akumulatorem energii było prawdopodobnie znane już w starożytności koło garncarskie. Rzemieślnik wykonywał pracę podczas rozpędzania koła zamachowego, a później mógł korzystać ze zgromadzonej w nim energii kinetycznej podczas formowania gliny. Koło zamachowe jest więc akumulatorem kinetycznym. Za pomocą takiego koła można było zmagazynować niewielką ilość energii na krótki czas. Pomysł ten wykorzystano w zabawkach. Dziecko rozpędzało koło zamachowe ukryte w zabawce, które następnie oddawało zakumulowaną energię napędzając np. samochodzik.

Ten pomysł, ale na dużą skalę, postanowiono wykorzystać, konstruując autobus z akumulatorem kinetycznym, czyli żyrobus. Dokonała tego w latach 50. XX w. firma Oerlikon. Akumulatorem kinetycznym było koło zamachowe w kształcie walca o masie 1500 kg i średnicy 1,6 m wirujące w szczelnie zamkniętej obudowie. Rozpędzone koło obracało się z częstotliwością $f = 3000\ \frac{\text{obr}}{\text{min}}$. Koło zamachowe umieszczone zostało w środku pojazdu pomiędzy osiami.

Koło zamachowe było rozpędzane przez silnik elektryczny. Odbywało się to na krańcowych przystankach po podłączeniu żyrobusu do sieci elektrycznej za pomocą specjalnych odbieraków prądu zamontowanych na dachu. „Rozkręcanie” koła zamachowego trwało od 30 s do 3 minut. Następnie, energia zmagazynowana w rozpędzonym kole zamachowym napędzała generator prądu (prądnicę), a wytworzoną w nim energią elektryczną napędzany był pojazd.

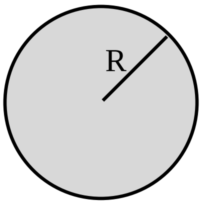
W ten sposób naładowany żyrobus był w stanie pokonać trasę do 6 km z prędkością 50–60 km/h, przewożąc do 35 osób. Żyrobus wykorzystywał energię zgromadzoną w akumulatorze kinetycznym tak, aby częstotliwość nie spadała poniżej $2100\ \frac{\text{obr}}{\text{min}}$. Poniżej tej wartości parametry trakcyjne autobusu znacznie zmniejszały się.

Energia zgromadzona w kole zamachowym wyraża się wzorem $E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$, jej wartość zależy więc od wartości momentu bezwładności koła i jego prędkości kątowej.

Poniżej przedstawiono wzory pozwalające obliczyć momenty bezwładności dla kilku kształtów wirnika.

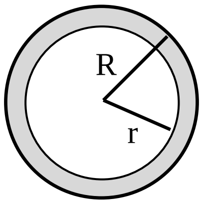
Dziś nie ma już żyrobusów na ulicach, lecz jeśli uważnie przeczytaliście ten artykuł, to powinniście mieć wrażenie, że ten pomysł już znacie – i to nie z ulic miasta, ale z torów wyścigowych Formuły 1, to przecież KERS (Kinetic Energy Recovery System), czyli system odzyskiwania energii kinetycznej.

Na podstawie: http://gazeo.pl/samochody-hybrydowe-elektryczne/samochody-hybrydowe/Od-kola-garncarskiego-do-systemu-KERS,artykul,6798.html [dostęp: 4.10.2014].



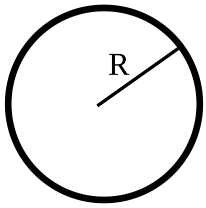
Jednorodne koło

$$I = \frac{m \cdot R^2}{2}$$



Koło wydrążone

$$I = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{2}$$



Jednorodny pierścień

$$I = m \cdot R^2$$

Zadanie 35.1.

Żyrobus działał prawidłowo do chwili, gdy częstotliwość obrotów koła zamachowego zmniejszała się do $2100\ \frac{\text{obr}}{\text{min}}$. Przy tej częstotliwości należało uzupełnić energię koła zamachowego do wartości początkowej.

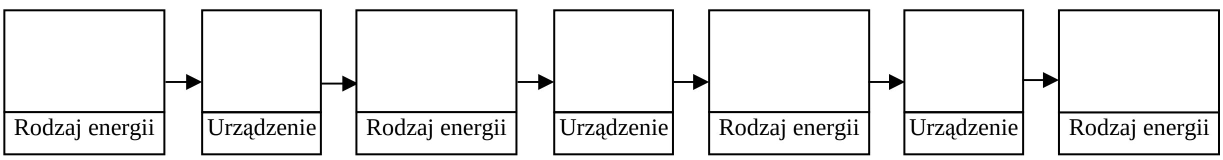
Oszacuj w megadżulach (MJ) energię zgromadzoną w kole zamachowym żyrobusu, którą można było użyć w trakcie jego eksploatacji.

Zadanie 35.2.

Zapisz i uzasadnij, **w jaki sposób należałoby zmodyfikować koło zamachowe żyrobusu, by bez zwiększania jego masy, promienia i maksymalnej częstotliwości wirowania zwiększyć zasięg pojazdu.**

Zadanie 35.3.

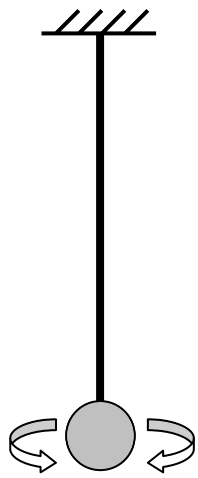
Uzupełnij diagram przemian energii zachodzących w trakcie eksploatacji żyrobusu. Rozpocznij od rozpędzania koła zamachowego na krańcowym przystanku. Wpisz w odpowiednie miejsca rodzaj energii oraz nazwę urządzenia, które dokonywało jej przemiany.



Rodzaj energii:
1. elektryczna,
2. energia kinetyczna koła zamachowego,
3. energia mechaniczna żyrobusu.

Urządzenie:
A. silnik elektryczny,
B. generator prądu (prądnica).

Zadanie 36.



Jeżeli na długim cienkim pręcie zawiesimy bryłę i obrócimy ją z położenia równowagi o niewielki kąt α, to wskutek skręcenia pręta na kulę zacznie działać moment siły M, starający się obrócić bryłę ponownie do położenia równowagi. Puszczona bryła będzie wykonywać drgania obrotowe/torsyjne wokół pionowej osi przechodzącej przez pręt. Moment siły działający na bryłę jest proporcjonalny do wielkości kąta skręcenia α i dla małych wartości kąta można go opisać wzorem $M = -D \cdot \alpha$, gdzie przez D oznaczono moment kierujący dla tego wahadła, który jest wielkością stałą charakterystyczną dla danego pręta i zależy od jego rozmiarów oraz materiału z jakiego jest on wykonany. Okres drgań takiego wahadła można wyrazić wzorem $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$, gdzie przez I oznaczono moment bezwładności bryły. Widzimy tu pełną analogię do drgań wahadła matematycznego, fizycznego lub drgań kulki zawieszonej na sprężynie.
Przykładem prostego wahadła torsyjnego jest np. jednorodna kula zawieszona na sztywno zamocowanym pręcie (patrz rysunek).

Zadanie 36.1.
Wyraź jednostkę momentu kierującego w jednostkach podstawowych układu SI.

Zadanie 36.2.
Uzupełnij, korzystając z analogii między drgającą na sprężynie kulką, a wahadłem torsyjnym, poniższą tabelę.

	Wahadło sprężynowe	**Wahadło torsyjne**
Przyczyna powodująca ruch		$M = -D \cdot \alpha$
Wychylenie	$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$	
Okres drgań		$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$
Energia potencjalna	$E_p = 0{,}5\, k \cdot x^2$	

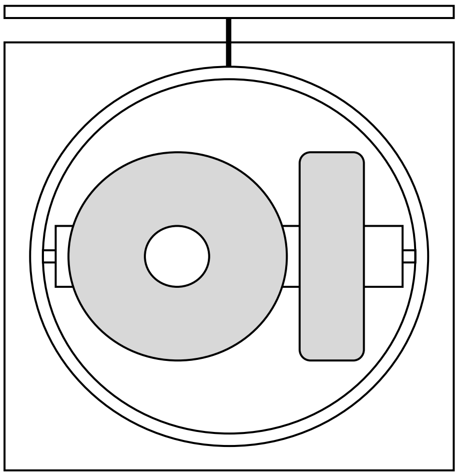
Zadanie 36.3.
Przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu jest ok. 6 razy mniejsze niż na Ziemi.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Gdyby możliwe było przeniesienie wahadła torsyjnego z Ziemi na Księżyc, to okres drgań takiego wahadła na Księżycu porównany z okresem drgań na Ziemi byłby

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><th rowspan="7">ponieważ po przeniesieniu na Księżyc</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">6 razy większy,</td><td>A</td><td>siła skręcająca, która działa na drgającą masę, będzie 6 razy większa.</td></tr>
<tr><td>B</td><td>moment siły działający na drgającą masę będzie 6 razy większy.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.</td><td rowspan="2">taki sam,</td><td>C</td><td>drgania będą odbywać się w próżni, czyli praktycznie bez oporów ruchu.</td></tr>
<tr><td>D</td><td>masa zawieszonej na pręcie bryły i sprężystość pręta nie uległa zmianie.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3.</td><td rowspan="2">6 razy mniejszy,</td><td>E</td><td>siła grawitacji działająca na drgającą masę będzie 6 razy mniejsza.</td></tr>
<tr><td>F</td><td>siła sprężystości działająca na drgającą masę będzie 6 razy mniejsza.</td></tr>
</table>

Zadanie 36.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Drgania wahadła torsyjnego mogą być przykładem drgań harmonicznych.		
2.	Zwiększenie długości pręta w wahadle torsyjnym wpływa na zmianę okresu drgań.		
3.	Okres drgań wahadła torsyjnego nie zależy od masy kuli zawieszonej na pręcie.		
4.	W stanie nieważkości nie jest możliwe doprowadzenie wahadła torsyjnego do drgań.		

Zadanie 37.



Żyrokompasem nazywamy zespół urządzeń, które pozwalają na wyznaczenie kursu, jakim płynie statek. Na rysunku przedstawiono przekrój przez płaszczyznę pionową żyrokompasu. Kula żyroskopowa umieszczona jest w będącej elektrolitem cieczy podtrzymującej. Aby ograniczyć przesunięcia liniowe kuli żyroskopowej, umieszczono ją wewnątrz wydrążonej kuli, nazywanej kulą naśladującą. Zakończenie kuli naśladującej ułożyskowane jest w stoliku, dzięki czemu silnik elektryczny obraca kulę naśladująca w płaszczyźnie horyzontalnej. Obudowa żyrokompasu zakończona jest podstawą, którą przymocowuje się na stałe do pokładu statku.
Kula żyroskopowa utrzymuje się centralnie wewnątrz kuli naśladującej dzięki równowadze sił wyporu oraz ciężkości. Równowaga sił wyporu i ciężkości zależy od gęstości elektrolitu, a więc jego temperatury. System ogrzewania oraz chłodzenia utrzymuje stałą temperaturę elektrolitu wynoszącą 52°C.
Wewnątrz kuli żyroskopowej znajduje się zespół 2 żyroskopów wyznaczających północ. Na powierzchni kuli znajdują się elektrody doprowadzające napięcie do jej wnętrza. Żyroskopy zainstalowane w hermetycznej kuli wirują napędzane silnikami elektrycznymi. Dzięki ruchowi obrotowemu Ziemi oraz jej grawitacji powstaje kierunkowa siła, która sprawia, że kula żyroskopowa ustawia się w kierunku linii łączącej bieguny ziemskie. Jeśli statek zmieni kurs, elektryczny system śledzący sprawia, że wewnętrzna obudowa odtwarza położenie kuli żyroskopowej w azymucie.

Na podstawie: http://irm.am.szczecin.pl/student/instrukcje1r/cw1.pdf [dostęp: 15.11.2014].

Zadanie 37.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Podstawą działania żyrokompasów jest zasada zachowania momentu pędu.		
2.	Żyrokompasy wskazują położenie biegunów magnetycznych Ziemi.		
3.	Żyrokompasy są odporne na zakłócenia ziemskiego pola magnetycznego.		

Zadanie 37.2.
W wyniku wzrostu temperatury zmalała gęstość elektrolitu znajdującego się pomiędzy kulą żyrokompasu oraz kulą naśladującą.
Wyjaśnij, w jaki sposób wpłynie to na wartość sił wyporu oraz ciężaru działających na kulę żyrokompasu.

Zadanie 37.3.
W skład kuli żyroskopowej pewnego żyrokompasu wchodzi krążek o masie 800 g i promieniu 10 cm. Momenty bezwładności: walca – $I_{\mathrm{w}} = \frac{1}{2} m \cdot R^2$, kuli – $I_{\mathrm{k}} = \frac{2}{5} m \cdot R^2$,
gdzie: m – masa bryły, R – promień bryły
Oblicz, jaką pracę należy wykonać, aby krążek ten rozpędzić do 40 000 obrotów na minutę.

Zadanie 37.4.
W pewnym momencie przestał normalnie funkcjonować czujnik temperatury elektrolitu żyrokompasu. Masa elektrolitu w tym modelu żyrokompasu wynosiła 8 kg. W wyniku ogrzania jego temperatura wzrosła do 58°C. Po usunięciu awarii zadziałał system chłodzenia i temperatura elektrolitu ponownie wynosiła 52°C. Ciepło właściwe elektrolitu w żyrokompasie wynosi $4000 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}$.
Oblicz szybkość przepływu ciepła z elektrolitu na zewnątrz, jeśli powrót do temperatury normalnej pracy żyrokompasu trwał 5 minut. Wynik podaj w jednostkach układu SI.

1.2. Zasady zachowania

Zadanie 38.

Kulka o masie $2 \cdot m$ uderza centralnie z prędkością v w nieruchomą kulkę o masie m. Kulka uderzająca zmniejsza na skutek zderzenia swoją prędkość do $\frac{1}{3}v$, ale nadal porusza się w tę samą stronę.

Wykaż, wykonując obliczenia i odwołując się do odpowiednich zasad zachowania, że zderzenie kulek było doskonale sprężyste.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

Zderzenie jest doskonale sprężyste, jeżeli spełniona jest zasada zachowania pędu i zasada zachowania energii.

Z zasady zachowania pędu należy obliczyć prędkość v_2 uzyskaną przez drugą kulkę na skutek zderzenia: $2 \cdot m \cdot v = 2 \cdot m \cdot \frac{1}{3} v + m \cdot v_2$, skąd $v_2 = \frac{4}{3} v$.

Teraz należy sprawdzić, czy spełniona jest zasada zachowania energii, obliczając energię początkową E_1 i końcową E_2 układu kulek:

$$E_1 = \frac{2 \cdot m \cdot v^2}{2} = m \cdot v^2$$

$$E_2 = \frac{2 \cdot m \cdot \left(\frac{1}{3} v\right)^2}{2} + \frac{m \cdot \left(\frac{4}{3} v\right)^2}{2} = \frac{1}{9} m \cdot v^2 + \frac{8}{9} m \cdot v^2 = m \cdot v^2 .$$

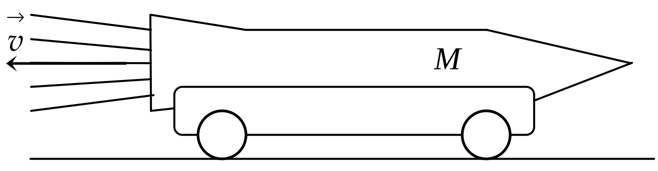
Zasada zachowania energii jest spełniona, $E_1 = E_2$.

Poprawna odpowiedź

Zderzenie kulek było doskonale sprężyste, ponieważ zachowany został pęd i energia układu kulek.

Zadanie 39.

Na poziomym torze ustawiono model pojazdu z silnikiem rakietowym (patrz rysunek). Masa całkowita pojazdu razem z rakietą wynosi M. Podczas pracy silnik rakietowy wyrzuca gazy spalinowe z prędkością o wartości v. Na początku pracy silnik wyrzuca k kilogramów spalin na sekundę. Zakładamy, że na początku ruchu pojazdu można zaniedbać siły oporu ruchu.



Zadanie 39.1.

Udowodnij, że przyspieszenie pojazdu na początku ruchu można zapisać za pomocą wzoru:

$$\boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{k} \cdot \boldsymbol{v}}{\boldsymbol{M}}$$

gdzie: M – masa pojazdu razem z rakietą, v – wartość prędkości wylotowej spalin, k – masa spalin wyrzucanych przez silnik rakietowy w jednostce czasu.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Z II zasady dynamiki wynika, że wartość siły napędzającej wózek można obliczyć ze wzoru: $F = M \cdot a$.

Napęd wózka stanowi silnik rakietowy, którego siła odrzutu: $F = \frac{\Delta p}{t}$.

Otrzymujemy więc: $M \cdot a = \frac{\Delta p}{t}$ (*)

Zmiana pędu wózka: $\Delta p = \Delta m \cdot v$.

Zmiana masy w czasie: $\frac{\Delta m}{t} = k$.

Wstawiając to do równania (*) otrzymujemy: $M \cdot a = k \cdot v$.

Przekształcając ostatnie równanie, otrzymujemy wzór: $a = \frac{k \cdot v}{M}$.

Poprawna odpowiedź

$$a = \frac{k \cdot v}{M}$$

Zadanie 39.2.
Zakładamy, że przez pierwszych kilka sekund wartość siły napędzającej pojazd pozostaje stała.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Przez pierwszych kilka sekund ruchu pojazd porusza się ruchem

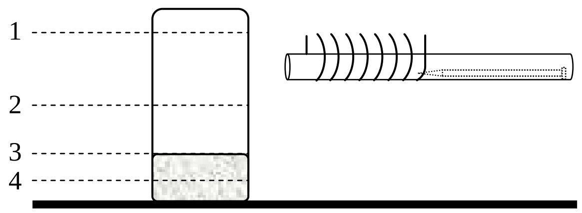
Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	jednostajnie przyspieszonym,	ponieważ	A	porusza się zgodnie z II zasadą dynamiki pod wpływem siły napędzającej.
			B	wartość siły napędzającej jest stała, a maleje masa całkowita pojazdu.
2.	niejednostajnie przyspieszonym,		C	zgodnie z przyjętym modelem można zaniedbać siły oporu ruchu, a masa pojazdu jest stała.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

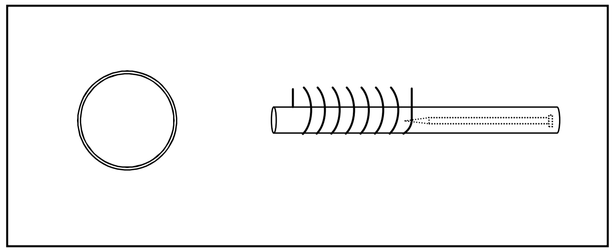
Przyspieszenie ciała poruszającego się pod wpływem siły wypadkowej: $a = \frac{F}{M}$.

W sytuacji przedstawionej w treści zadania wartość siły pozostaje stała, a maleje masa poruszającego się pojazdu. Tak więc wartość przyspieszenia rośnie. Ruch, w którym wartość przyspieszenia rośnie, nazywamy niejednostajnie przyspieszonym.

Zadanie 40.
Uczniowie pod opieką nauczyciela zbudowali „działo magnetyczne” rozpędzające gwóźdź za pomocą pola magnetycznego. Pole to wytwarzano w wyniku krótkotrwałego przepływu prądu przez zwojnicę. Chcąc wyznaczyć wartość prędkości, jaką uzyskuje poziomo poruszający się gwóźdź, postanowili strzelić nim z bardzo małej odległości w środek aluminiowej puszki po napoju, w ¼ objętości wypełnionej piaskiem (rysunek).
Wbicie gwoździa w puszkę powodowało jej przesunięcie po podłożu.



Widok z boku



Widok z góry

Zadanie 40.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Aby wykonany pomiar prędkości pocisku był możliwy i obarczony jak najmniejszym błędem, uczniowie powinni ustawić wylot działa na poziomie oznaczonym na rysunku cyfrą
A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Ponieważ gęstość samej puszki zawierającej w sobie powietrze jest dużo mniejsza od gęstości piasku, można stwierdzić, że środek masy puszki z piaskiem znajduje się w przybliżeniu w połowie wysokości piasku w puszce, czyli na poziomie opisanym jako poziom 4. Uderzenie gwoździa na poziomach 1, 2 i 3 spowoduje oprócz ewentualnego przesunięcia puszki również jej obrót (prawa strona puszki może się unieść) i w konsekwencji częściową stratę energii ruchu postępowego gwoździa na energię ruchu obrotowego puszki, która w całkowitym bilansie energii nie spowoduje przesunięcia puszki.
W sytuacji, gdy gwóźdź uderzy w puszkę na poziomie środka masy puszki z piaskiem nie dojdzie do jej obrotu.

Zadanie 40.2.
Wykaż, że prędkość gwoździa można obliczyć, korzystając z równania:

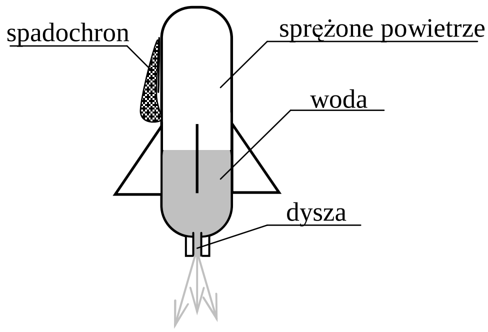
$$v_0 = \frac{M+m}{m}\sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot s},$$

gdzie: M – masa puszki z piaskiem, m – masa gwoździa, g – przyspieszenie ziemskie, μ – współczynnik tarcia puszki o podłoże, s – droga przebyta przez puszkę.

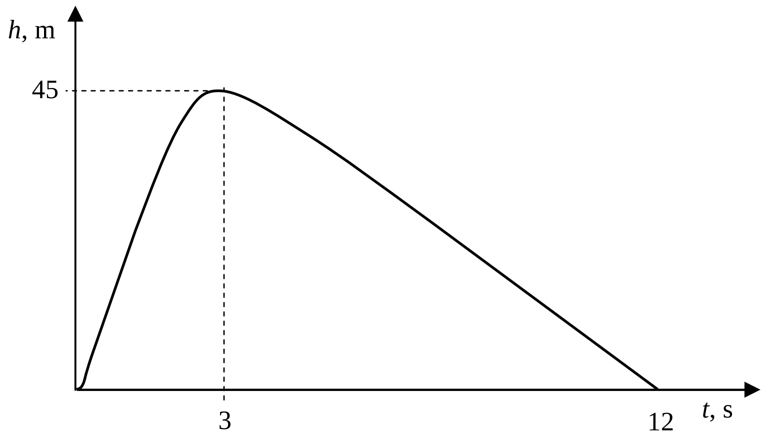
Zadanie 41.
Metalowa kula o masie 2 kg spadła swobodnie z pewnej wysokości i uderzyła w podłoże z prędkością $5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Tuż po odbiciu od podłoża kula porusza się z prędkością o wartości $3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
W opisanej sytuacji w układzie kula–podłoże spełniona jest (są) zasada (zasady) zachowania

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	jedynie pędu,	ponieważ	A	część pędu i energii zostaje przekazana podłożu.
2.	jedynie energii,		B	energia kinetyczna kuli uległa zmianie.
3.	pędu i energii,		C	pęd kuli uległ zmianie.

Zadanie 42.



Z plastikowej butelki po napoju uczniowie zbudowali „rakietę wodną". W korku butelki zamocowali dyszę, a do bocznej powierzchni butelki przykleili stateczniki. Do rakiety zamocowali również spadochron, który otwierał się podczas rozpoczęcia opadania rakiety (rysunek). Po nalaniu do rakiety pewnej ilości wody i wtłoczeniu do niej sprężonego powietrza zwolnili butelkę, która wzniosła się na pewną wysokość.
Lot rakiety sfilmowali z pewnej odległości, podczas pionowego wznoszenia oraz opadania i na podstawie analizy zarejestrowanego filmu naszkicowali przedstawiony poniżej wykres zależności wysokości rakiety od czasu trwania jej lotu.

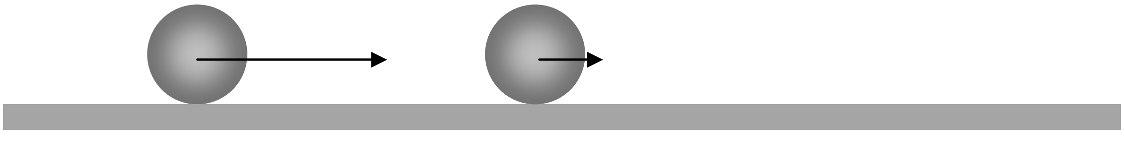


Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Wznoszenie się rakiety wyjaśniamy, odwołując się do zasady zachowania pędu.		
2.	Podczas opadania rakiety na spadochronie jej energia potencjalna malała, powodując wzrost energii kinetycznej rakiety.		
3.	Wysokość, na jaką wzniesie się rakieta, jest uzależniona od ilości wody nalanej do butelki.		

Zadanie 43.

Kulka, poruszając się po gładkiej powierzchni stołu z prędkością o wartości $5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, uderza w kulkę o takiej samej masie poruszającą się w tę samą stronę z prędkością $1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

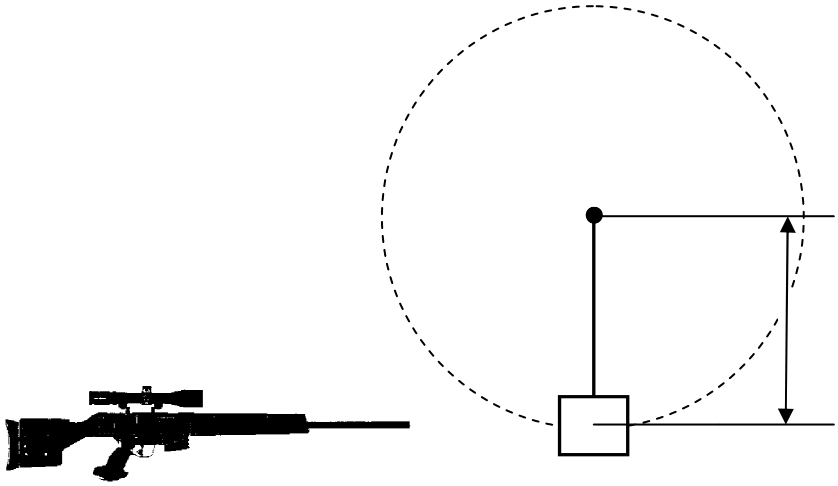


Zaznacz właściwą odpowiedź oraz jej poprawne uzasadnienie.

Czy jest możliwe, że kulki po zderzeniu doskonale sprężystym będą poruszać się z prędkościami o wartościach $4\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ i $2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ w tę stronę, co poprzednio?

Odpowiedź			**Uzasadnienie**	
1.	Tak,	ponieważ przy takich wartościach prędkości	A	jest spełniona zasada zachowania pędu.
			B	nie jest spełniona zasada zachowania pędu.
2.	Nie,		C	jest spełniona zasada zachowania energii.
			D	nie jest spełniona zasada zachowania energii.

Zadanie 44.
W laboratorium balistycznym testowano karabin strzelający pociskami o masie , których prędkość przy wylocie z lufy ma wartość —. Wahadło balistyczne to worek wypełniony materiałem, w którym grzęźnie pocisk. Masa wahadła jest równa i jest ono zawieszone tak, że może obracać się wokół osi, do której zamocowana jest nić. W wahadło uderza pocisk karabinowy i grzęźnie w nim. Przyjmij, że zderzenie jest idealnie niesprężyste.

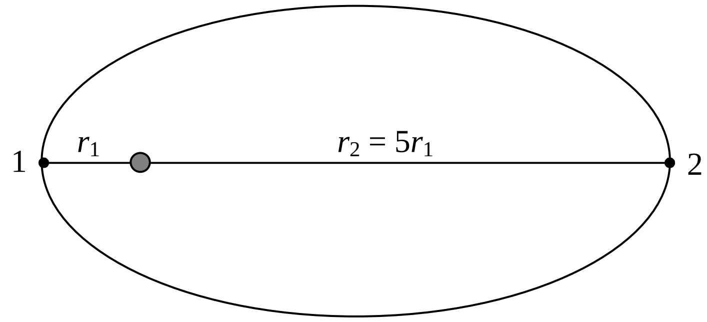


Zadanie 44.1.
Wykaż, że początkowa wartość prędkości wahadła z wbitym pociskiem jest równa —.

Zadanie 44.2.
Wahadło zawieszone jest na lince o długości .
Oblicz minimalną wartość prędkości pocisku, dla której worek z wbitym weń pociskiem zatoczy okrąg. Pomiń opory ruchu.

Zadanie 44.3.
Podczas testu pocisk po uderzeniu w worek ugrzązł w nim, a worek z pociskiem został wprawiony w ruch po okręgu. Przyjmij, że prędkość wahadła w najwyższym punkcie toru ma wartość —.
Oblicz wartość siły naprężającej linę w najwyższym punkcie toru ruchu.

Zadanie 45.
Wokół Ziemi po orbicie eliptycznej krążą dwa identyczne sztuczne satelity oznaczone 1 i 2. W pewnej chwili oba satelity znajdują się względem Ziemi tak, jak pokazano na rysunku. Przyjmij, że układ Ziemia–satelity jest izolowany od działania sił zewnętrznych.

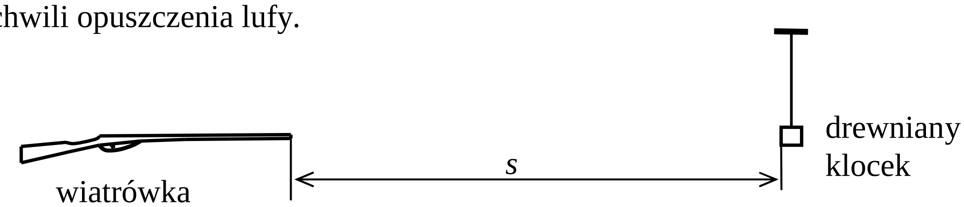


Zadanie 45.1.
Oblicz, ile wynosi stosunek energii kinetycznych satelitów w punktach 1 i 2.

Zadanie 45.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Po upływie połowy okresu obiegu (od momentu przedstawionego na rysunku) oba satelity zamienią się miejscami.		
2.	Aby satelity krążyły tak jak na rysunku, ich masy muszą być jednakowe.		
3.	Całkowita energia mechaniczna każdego z satelitów krążącego wokół Ziemi ma wartość ujemną.		
4.	Oba satelity osiągną największą prędkość liniową, gdy znajdą się w położeniu oznaczonym cyfrą 2.		

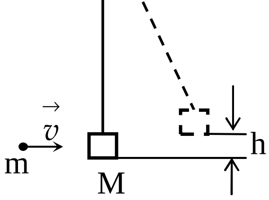
Zadanie 46.
Karol strzelał z wiatrówki do drewnianego klocka zawieszonego na lince o długości 2 m (patrz rysunek). Do strzelania używał śrutu* o masie 0,5 g. Podczas wystrzału w wiatrówce wydziela się 15 J energii. Śrut w momencie opuszczania lufy posiada tylko połowę tej energii. Podczas lotu w powietrzu na drodze 10 m śrut traci 20% energii kinetycznej, którą miał w chwili opuszczenia lufy.



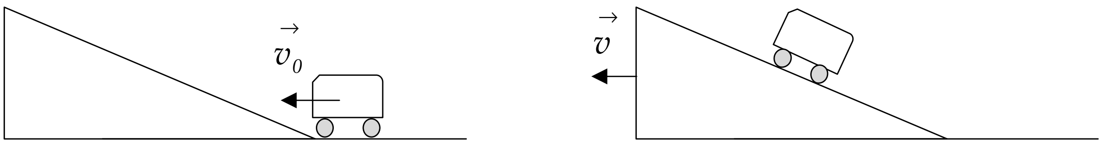
* *śrut – mały ołowiany pocisk o kształcie zbliżonym do kuli wystrzeliwany z lufy wiatrówki przy pomocy sprężonego gazu.*

Zadanie 46.1.
Oblicz wartość prędkości śrutu w momencie uderzenia w drewniany klocek.

Zadanie 46.2.
Podczas innego strzału śrut dotarł do klocka z prędkością o wartości $100\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Po zderzeniu z klockiem śrut pozostaje w drewnie, a klocek podnosi się na wysokość 5 cm (patrz rysunek). Zakładamy, że masa śrutu jest dużo mniejsza od masy klocka.
Oblicz, jaka część energii kinetycznej śrutu uległa rozproszeniu podczas zderzenia z klockiem.



Zadanie 47.
Na poziomym stole ustawiono dwie identyczne równie pochyłe o masie *M*. Jedną z nich przymocowano do stołu (równia 1) natomiast druga spoczywała na stole nieprzymocowana (równia 2). Dwa identyczne samochodziki, o masie 100 g każdy, rozpędzono na poziomym odcinku stołu tak, że po osiągnięciu przez każdy z nich prędkości $v_0 = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ zaczęły wjeżdżać na równie. Pierwszy wjeżdżał na równię 1, drugi na równię 2. Równia 2 zaczęła poruszać się podczas wjazdu na nią samochodu. Tarcie pomiędzy równią i stołem pomijamy.



Równia 1 przymocowana do stołu

Równia 2 nie przymocowana do stołu

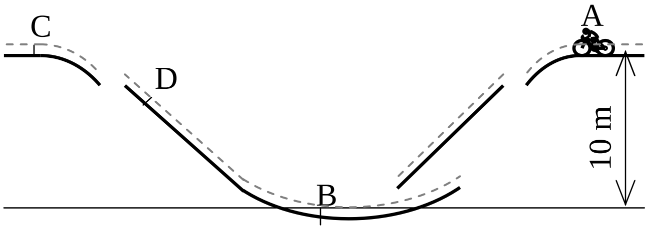
Zadanie 47.1.
Oblicz masę równi wiedząc, że samochodzik wjechał na równię 2 i zatrzymał się na niej. Równia poruszała się wraz z samochodzikiem z prędkością o wartości $v = 0{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Zadanie 47.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Samochodzik, wjeżdżając na równię 1 o kącie nachylenia α, do chwili zatrzymania się poruszał się ruchem

A. jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem o wartości $a = g \cdot \cos\alpha$.
B. jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem o wartości $a = g \cdot \sin\alpha$.
C. jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem o wartości $a = \frac{g}{\sin\alpha}$.
D. jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem o wartości $a = \frac{g}{\cos\alpha}$.

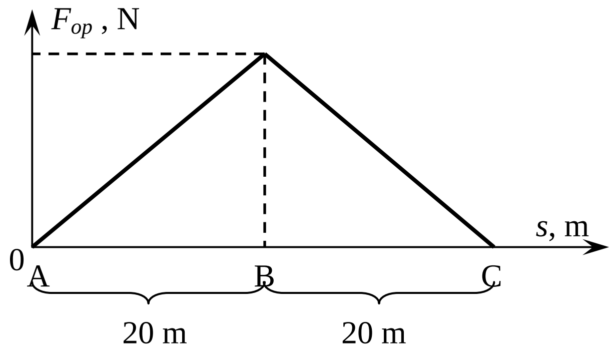
Zadanie 47.3.
Oblicz stosunek wysokości, na jakie wjadą samochody na obu równiach, jeżeli masa równi wynosi 0,7 kg.

Zadanie 48.
Pewien kolarz jechał trasą, której przekrój poprzeczny przedstawiono na rysunku. Linią przerywaną zaznaczono tor środka masy układu kolarz–rower. Kolarz wystartował w punkcie A trasy. Masa kolarza wraz z rowerem wynosiła 80 kg.



Podczas jazdy działała na niego siła oporu ruchu. Trener planujący jazdę oszacował, że praca sił oporu działających na kolarza podczas jazdy od punktu A do C trasy wynosi 4800 J.

Załóżmy, że podczas jazdy wartość siły oporu ruchu działająca na kolarza zmieniała się w sposób przedstawiony na wykresie. Aby dojechać od punktu A do C trasy, kolarz wykonał pracę równoważącą wpływ sił oporu na ruch.



Zadanie 48.1.
Oblicz maksymalną wartość siły oporu ruchu działającej na kolarza jadącego po opisanej trasie.

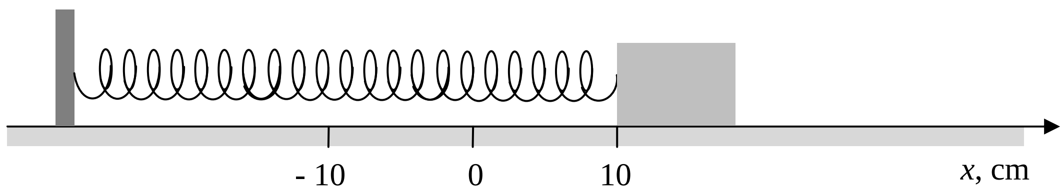
Zadanie 48.2.
Oblicz wartość prędkości kolarza w punkcie B trasy. Przyjmij, że kolarz ten podczas jazdy nie pedałował.

Zadanie 48.3.
Załóżmy, że podczas jazdy na kolarza działała siła oporu ruchu, a kolarz ten podczas jazdy nie pedałował. Startując z punktu A, dojechał do punktu D trasy.
Uzupełnij tabelę, **wpisując jedno ze słów:** *maleje*, *rośnie*, *nie zmienia się* **tak**, **aby powstała prawidłowa wypowiedź opisująca zmiany energii kinetycznej, energii potencjalnej oraz energii mechanicznej kolarza jadącego po opisanej trasie.**

Odcinek trasy	A–B	B–D
Energia kinetyczna		
Energia potencjalna		
Energia mechaniczna		

Zadanie 49.

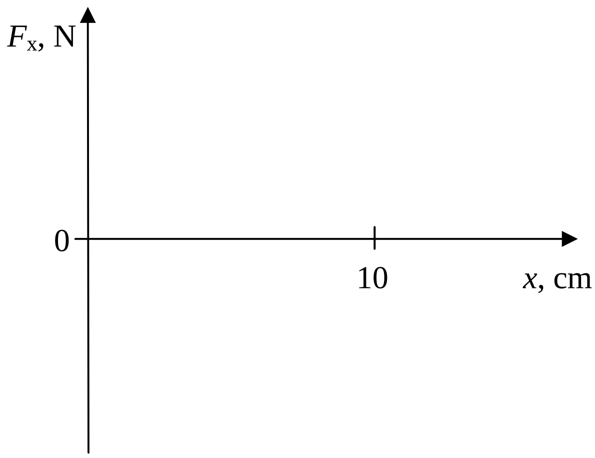
Na stole w laboratorium zamocowano sprężynę o współczynniku sprężystości $k = 25\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$, do której doczepiono drewniany klocek (patrz rysunek).



Sprężynę rozciągnięto o x_1 = 10 cm i puszczono, co spowodowało ruch klocka. Podczas ruchu na klocek działała stała siła tarcia kinetycznego o wartości 1 N. Maksymalna siła tarcia statycznego klocka o podłoże jest większa od 1 N.

Zadanie 49.1.
Oblicz współrzędną *x* końca sprężyny w chwili, gdy energia kinetyczna klocka będzie maksymalna.

Zadanie 49.2.
Narysuj wykres zależności $F_x(x)$ współrzędnej F_x wypadkowej siły działającej na klocek od wydłużenia sprężyny x dla $0\ \text{cm} \le x \le 10\ \text{cm}$.



Zadanie 49.3.
Wykaż, że klocek zatrzyma się po przebyciu drogi 12 cm. Zapisz, czy klocek po zatrzymaniu pozostanie w spoczynku. Odpowiedź uzasadnij.

Zadanie 49.4.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Podczas ruchu klocka pracy nie wykonuje siła

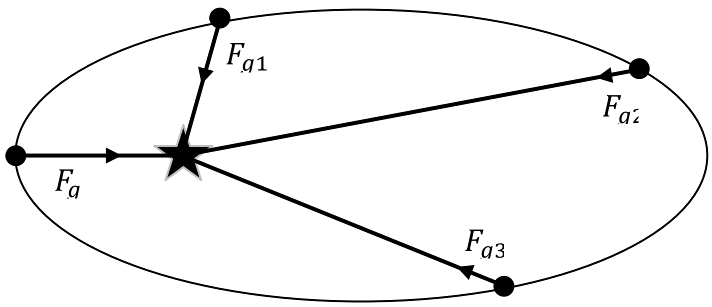
Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	ciężkości,	ponieważ	A	ma taki sam zwrot jak przemieszczenie klocka.
2.	sprężystości sprężyny,		B	jest prostopadła do przemieszczenia klocka.
3.	tarcia,		C	jest zwrócona przeciwnie do przemieszczenia klocka.

Zadanie 50.
„[…] Układ Słoneczny jest pełen odłamków skalnych krążących po trudnych do przewidzenia orbitach. Jeden z nich minął Ziemię o włos. Astronomowie zauważyli go niemal w ostatniej chwili – gdy głaz zbliżył się do naszej planety na odległość 120 tys. km. […]
Uczeni mają już kilka pomysłów, jak uchronić Ziemię przed zderzeniem z kosmicznym intruzem. […] Jeden z nich to zastosowanie technologii tzw. impaktu kinetycznego – nagłego dostarczenia asteroidzie ogromnej ilości energii, co zmieniłoby jej orbitę. Można by tego dokonać, wysyłając na asteroidę bezzałogowy statek kosmiczny i rozbijając go z impetem na jej powierzchni. Taki projekt ratunkowy, noszący znamienną nazwę Misja Don Kiszota (Don Quichote Mission), opracowuje Europejska Agencja Kosmiczna. Zakłada on, że najpierw w stronę asteroidy wysłany zostanie statek badawczy o nazwie Sancho, który zbada dokładnie kurs obiektu, jego wielkość, powierzchnię i skład chemiczny. Po uzyskaniu tych danych w stronę asteroidy poleci drugi pojazd o nazwie Hidalgo, który pędząc z ogromną szybkością, rozbije się na jej powierzchni. Jak obliczają naukowcy, rozpędzenie Hidalga do 10 km/s wystarczy, by zepchnąć z dotychczasowej orbity nawet 500-metrową asteroidę […]”.

Źródło: http://www.newsweek.pl/kamienie-z-nieba,53307,1,1.html [dostęp: 23.07.2014].

Załóżmy, że asteroida o masie 10^{10} kg zderzyła się ze statkiem kosmicznym o masie 1000 kg, który uderzył w asteroidę z prędkością o wartości 10 km/s, prostopadłą do prędkości asteroidy.
Oszacuj wartość dodatkowej prędkości, którą uzyska asteroida w wyniku niesprężystego zderzenia ze statkiem.

Zadanie 51.
Kiedy Johannes Kepler ogłaszał światu swe prawa ruchu planet, nie potrafił podać ich teoretycznej interpretacji. Są to bowiem prawa empiryczne, czyli takie, które powstawały na podstawie obserwacji. Przeprowadził je Tychon Brahe, z którym Kepler współpracował, i którego zastąpił w 1601 r. na stanowisku cesarskiego matematyka. Teoretyczną interpretację podał dopiero Izaak Newton, formułując prawo powszechnego ciążenia – to właśnie z tego prawa wynikają prawa Keplera.
Planety krążą wokół Słońca pod wpływem siły grawitacji działającej między nimi a naszą gwiazdą. Siła grawitacji jest siłą centralną, zawsze działa wzdłuż linii łączącej planetę ze Słońcem. Odcinek łączący planetę z gwiazdą nazywamy promieniem wodzącym.



Według drugiego prawa Keplera w jednakowych odstępach czasu promień wodzący planety zakreśla jednakowe pola powierzchni. Można je sformułować także inaczej: *Moment pędu planety obiegającej Słońce jest wielkością stałą*. Wynika z niego, że planeta najszybciej porusza się w peryhelium, a najwolniej w aphelium.

Zadanie 51.1.
Wykaż, że w trakcie ruchu planety wokół Słońca spełniona jest zasada zachowania momentu pędu.

Zadanie 51.2.
1 lutego 2001 r. Japończyk Kaou Ikeya i Chińczyk Daging Zang odkryli (niezależnie od siebie) kometę o najdłuższym okresie obiegu wokół Słońca – 438 lat. Mimośród jej orbity wynosi $e = 0{,}99$. W tabeli podano podstawowe informacje o parametrach ruchu orbitalnego komety.

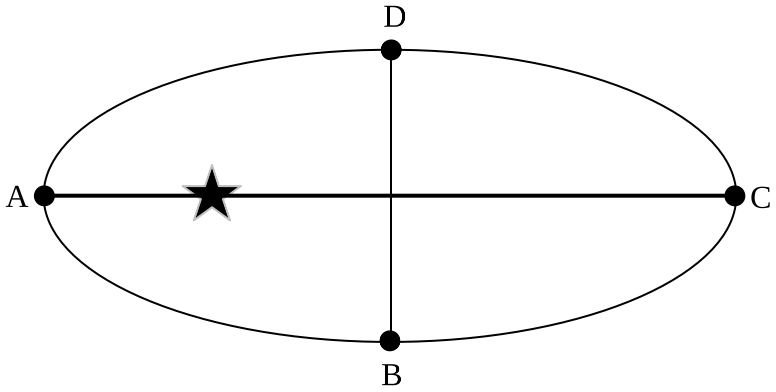
	W peryhelium	W aphelium
Odległość od Słońca (j.a.)	0,507	114,86
Prędkość orbitalna $\left(\frac{\text{km}}{\text{s}}\right)$	59,02	

Wykonaj niezbędne obliczenia i uzupełnij tabelę o wartość prędkości orbitalnej komety w aphelium.

Zadanie 51.3.

Schematyczny rysunek przedstawia Ziemię w czterech punktach jej orbity okołosłonecznej. Długości łuków krzywej BCD i DAB są jednakowe.

Wyjaśnij, dlaczego Ziemia pokona łuk DAB w czasie krótszym niż łuk BCD.



Zadanie 52.

„Nowe, hybrydowe ogniwo wielkości paznokcia łączy zalety źródeł fotowoltaicznych i cieplnych. Dwie najczęściej stosowane metody przemiany energii słonecznej na prąd elektryczny mają właściwe sobie ograniczenia. Ogniwa fotowoltaiczne, które wytwarzają prąd elektryczny, absorbując fotony, osiągają wydajność zaledwie 20%. To dlatego, że elektrony są wzbudzane tylko przez fotony o długości fali z niewielkiego wycinka widma słonecznego. Generatory cieplne, które wykorzystują promieniowanie słoneczne do podgrzania medium, mają wyższą wydajność niż ogniwa fotowoltaiczne, ale trudno je zmniejszyć do rozmiarów umożliwiających zainstalowanie ich na dachu domu. Typowy układ tego typu zawiera zwierciadła o dużej powierzchni, które skupiają promieniowanie, aby zamienić ciecz w parę napędzającą turbinę. Aby obejść te ograniczenia, badacze z Massachusetts Institute of Technology opracowali urządzenie, które łączy w sobie elementy obydwu metod. Wyniki zostały przedstawione w lutowym numerze *Nature Nanotechnology* […]. Przyrząd nazwano słonecznym ogniwem termofotowoltaicznym. Pierwszym etapem jest konwersja promieniowania słonecznego na energię cieplną. Służą do tego nanorurki węglowe, które absorbują promieniowanie z niemal całego widma słonecznego. Zebrane ciepło ogrzewa kryształ fotoniczny z warstw krzemu i dwutlenku krzemu. Kiedy osiąga on temperaturę mniej więcej 1000°C, zaczyna się żarzyć, emitując promieniowanie o długości fali idealnie dopasowanej do umieszczonego pod nim ogniwa fotowoltaicznego, które z kolei wytwarza prąd elektryczny […]”.

Źródło: G. Giler, *Podwójnie słoneczne*, „Świat nauki”, 2014 nr 5 (273), s. 11.

Zadanie 52.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Zasada zachowania energii nie jest spełniona, ponieważ wydajność ogniwa fotowoltaicznego wynosi zaledwie 20%.		
2.	Długość fali, za pośrednictwem której ciało wypromieniowuje największą ilość energii i temperatura promieniującego ciała powiązane są zależnością: $\lambda_{max} \cdot T = 2{,}9 \cdot 10^{-3}$ m·K. Wynika z tego, że maksymalna długość fali idealnie dopasowanej do umieszczonego pod kryształem fotonicznym ogniwa fotowoltaicznego wynosi: 2,28 μm.		
3.	W czasie przepływu uzyskanego prądu fotowoltaicznego przez przewodnik zasada zachowania pędu nie jest spełniona dla elektronów zderzających się z węzłami sieci.		

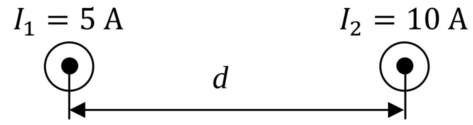
Zadanie 52.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
W generatorach cieplnych do skupiania wiązek na pewno nie znajdą zastosowania zwierciadła
A. płaskie.
B. sferyczne wklęsłe.
C. sferyczne wypukłe.
D. paraboliczne wklęsłe.

Zadanie 52.3.
Zapisz kolejność przemian energetycznych zachodzących w nowych ogniwach termofotowoltaicznych.

1.3. Pola

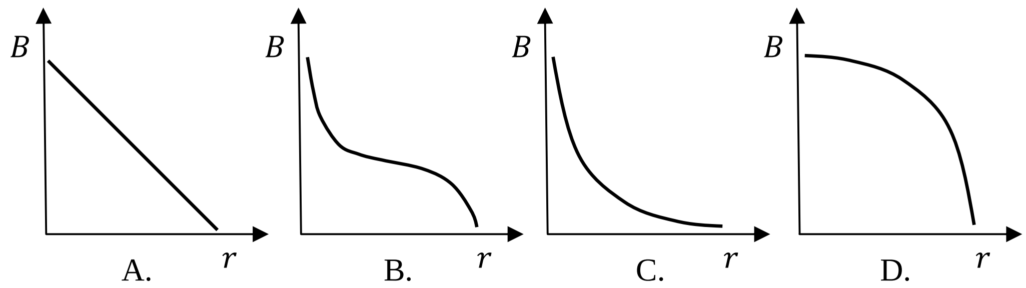
Zadanie 53.

Dwa równoległe bardzo długie przewody, przez którymi płyną prądy o natężeniach $I_1 = 5$ A i $I_2 = 10$ A, umieszczono w powietrzu w odległości $d = 30$ cm od siebie.



Zadanie 53.1.

Wskaż, na którym wykresie poprawnie przedstawiono zależność $B_1(r)$ indukcji pola magnetycznego wytworzonego tylko przez przewodnik, w którym płynie prąd o natężeniu I_1 w odległości r od tego przewodnika.



Wskazówki i rozwiązanie zadania

Wartość indukcji pola magnetycznego wytworzonego przez przewodnik prostoliniowy możesz obliczyć ze wzoru: $B(r) = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$.

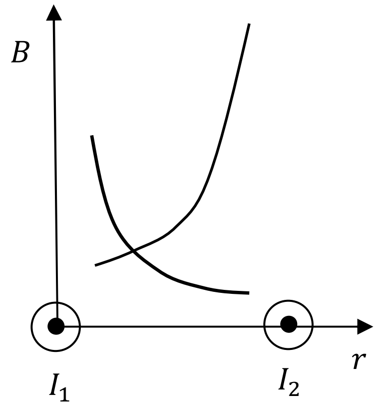
Zauważ, że wartość indukcji B jest w tym wzorze odwrotnie proporcjonalna do odległości r. Zależność indukcji pola magnetycznego $B(r)$, wytworzonego tylko przez przewodnik, w którym płynie prąd o natężeniu I_1, poprawnie przedstawiono więc na wykresie C.

Poprawna odpowiedź

C

Zadanie 53.2.

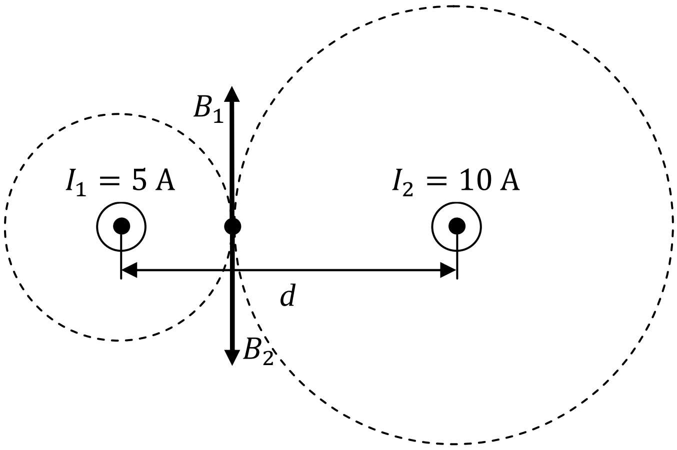
Na wykresie przedstawiono zależność $B_1(r)$ i $B_2(r)$ wartości indukcji pól magnetycznych wytworzonych przez prądy w punkcie znajdującym się między przewodami, w odległości r od lewego przewodnika.



Uzupełnij zdania, wpisując w wykropkowane miejsca odpowiednie stwierdzenia wybrane spośród wyrażeń w nawiasie.
(*takie same, różne, zgodne, przeciwne, skierowane w górę rysunku, skierowane w dół rysunku, równe zeru, różne od zera)*

Punkt przecięcia obu wykresów to punkt, w którym wartości wektorów indukcji pola magnetycznego pochodzącego od obu przewodników mają ……………….……… wartości. Ponieważ wartości wektorów indukcji pola magnetycznego pochodzącego od obu przewodników mają w tym punkcie ……….......................… zwroty, to wypadkowe pole magnetyczne jest ………………….......... .

Wskazówki i rozwiązanie zadania
W punkcie przecięcia wykresów wartości obu funkcji są sobie równe $B_1(r) = B_2(r)$, czyli wartości wektorów indukcji pola magnetycznego wytworzone w tym punkcie przez każdy z przewodników są jednakowe. Aby ustalić zwrot wektorów indukcji pola magnetycznego, należy posłużyć się regułą prawej dłoni dla przewodnika prostoliniowego.



Jak pokazuje powyższy rysunek zwroty obu wektorów są przeciwne. Tak więc wypadkowe pole magnetyczne jest równe $B_C = B_1 - B_2 = 0$ T.

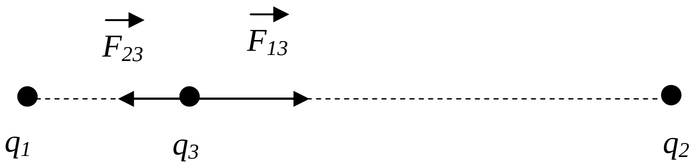
Poprawna odpowiedź
takie same, przeciwne, równe zeru

Zadanie 54.
Dwa ładunki dodatnie o wartościach $q_1 = 2$ μC i $q_2 = 4$ μC znajdują się w odległości $R = 2$ m od siebie. Na prostej łączącej ładunki, pomiędzy nimi, ustawiono trzeci ładunek dodatni q_3, przy czym odległość ładunku q_3 od q_1 była zmieniana. W tabeli przedstawiono wartości siły wypadkowej działającej na ładunek q_3 w zależności od odległości od ładunku q_1. Pod wpływem działających sił ładunki nie mogą się poruszać.

$\boldsymbol{x}$ (m)	$\boldsymbol{F_w}$ (N)
0,2	0,439
0,3	0,188
0,4	0,099
0,5	0,056

Zadanie 54.1.
Narysuj opisany układ ładunków, gdy x = 0,2 m i zaznacz na nim siły działające na ładunek q_3. Następnie oblicz wartość tego ładunku.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Na rysunku przedstawiono opisaną w treści zadania sytuację.



F_{13} to wartość siły, z jaką ładunek q_1 działa na q_3, natomiast F_{23} to wartość siły, z jaką ładunek q_2 działa na q_3. Wartość siły wypadkowej zapiszemy jako: $F_w = F_{13} - F_{23}$.
Natomiast wartości sił F_{13} i F_{23} zgodnie z prawem Coulomba mają postać:

$$F_{13} = k\frac{q_1 \cdot q_3}{x^2} \quad F_{23} = k\frac{q_2 \cdot q_3}{(R-x)^2},$$

gdzie x oznacza odległość pomiędzy ładunkami q_1 i q_3, natomiast $R-x$ to odległość pomiędzy ładunkami q_2 i q_3. Pamiętać należy, że R = 2 m.
Siła wypadkowa wobec powyższego wyraża się zależnością:

$$F_w = k\cdot\frac{q_1 \cdot q_3}{x^2} - k\frac{q_2 \cdot q_3}{(R-x)^2}.$$

Z czego wynika, że:

$$q_3 = \frac{F_w}{\frac{k\cdot q_1}{x^2} - \frac{k \cdot q_2}{(R-x)^2}} \qquad \left[\frac{\mathrm{N}}{\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}^2}\cdot\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{C}}{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2} = \mathrm{C}\right].$$

Chcąc obliczyć wartość ładunku q_3, z tabeli należy wybrać dowolną wartość siły wypadkowej i odpowiadającą jej odległość.
Po podstawieniu danych liczbowych otrzymamy q_3 = 1 μC.

Zadanie 54.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Gdyby w opisanej sytuacji ładunek q_2 mógł się poruszać, to pod wpływem siły wypadkowej działającej na niego ze strony nieruchomych ładunków q_1 i q_3 poruszałby się ruchem

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	jednostajnie przyspieszonym,	ponieważ wartość siły wypadkowej jest	A	jest stała w czasie ruchu.
2.	jednostajnie opóźnionym,		B	zmienna w czasie ruchu.
3.	niejednostajnie zmiennym,		C	równa zeru.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

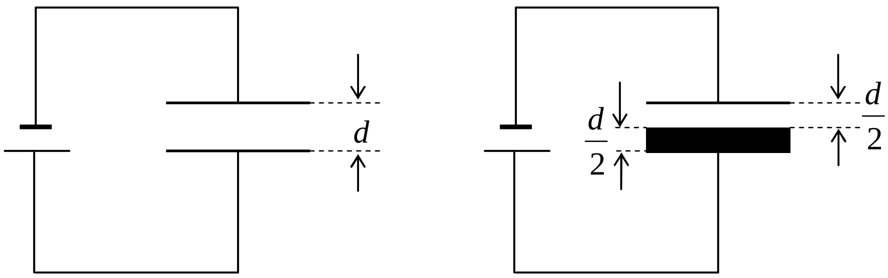
Gdyby w opisanej sytuacji ładunek q_2 mógł się poruszać, to pod wpływem siły wypadkowej działającej na niego ze strony nieruchomych ładunków q_1 i q_3 poruszałby się ruchem niejednostajnie zmiennym.

Na ładunek działają dwie siły, których wartości zmieniają się wraz z odległością. Im większa odległość, tym wartości sił są mniejsze, a co za tym idzie – maleje wartość siły wypadkowej.

Wobec tego pod działaniem siły zmiennej w czasie ładunek będzie poruszał się ruchem zmiennym niejednostajnie.

Zadanie 55.

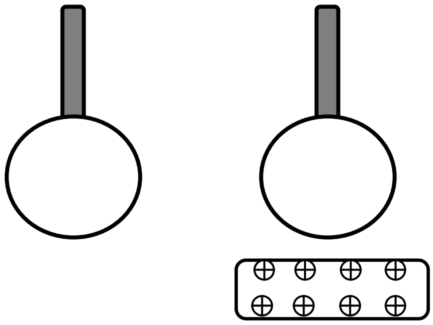
Dwie metalowe płyty o powierzchni 3 cm^2 każda ustawiono równolegle w odległości 2 cm od siebie. Powstał w ten sposób płaski kondensator powietrzny. Kondensator ten podłączono do źródła napięcia stałego 9 V. Następnie do środka kondensatora wprowadzono odizolowaną metalową płytę, która dotknęła dolnej okładki. Metalowa płyta miała grubość 1 cm i powierzchnię 3 cm^2 (patrz rysunek).



Oblicz zmianę energii kondensatora po wprowadzeniu metalowej płytki w porównaniu ze stanem bez płytki.

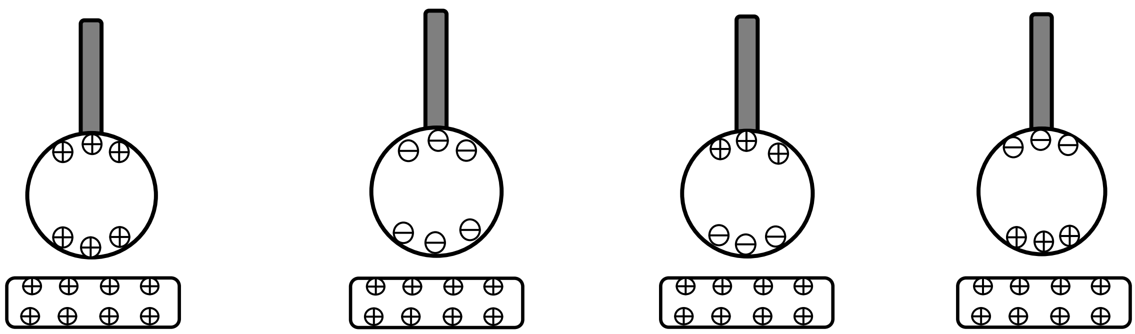
Zadanie 56.

Metalową kulę zamocowano na izolującym elektrycznie uchwycie. Kulę tę zbliżono do naładowanej dodatnio płyty (patrz rysunek).



Zaznacz prawidłowe zakończenie zdania.

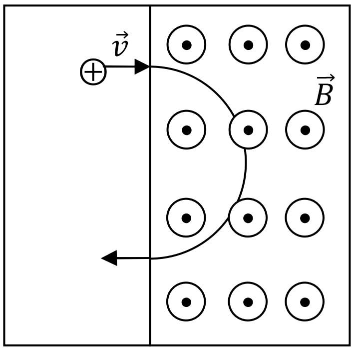
Rozkład ładunków na kuli poprawnie przedstawiono na rysunku



A. B. C. D.

Zadanie 57.

Proton i elektron przyspieszano napięciem elektrycznym i wstrzeliwano w pole magnetyczne o indukcji $\vec{B}$ prostopadle do linii pola. Obie cząstki zataczały półokręgi i opuszczały obszar pola magnetycznego. Na rysunku zaznaczono schematycznie tylko tor protonu.



Zadanie 57.1.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Porównując prędkości obu cząstek można stwierdzić, że jeżeli przyspieszano je tym samym napięciem U, to prędkość protonu jest

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	taka sama jak	prędkość elektronu, ponieważ	A	obie cząstki mają taką samą energię kinetyczną.
2.	większa niż		B	proton ma większą masę i taki sam ładunek jak elektron.
3.	mniejsza niż		C	elektron ma większy pęd.

Zadanie 57.2.

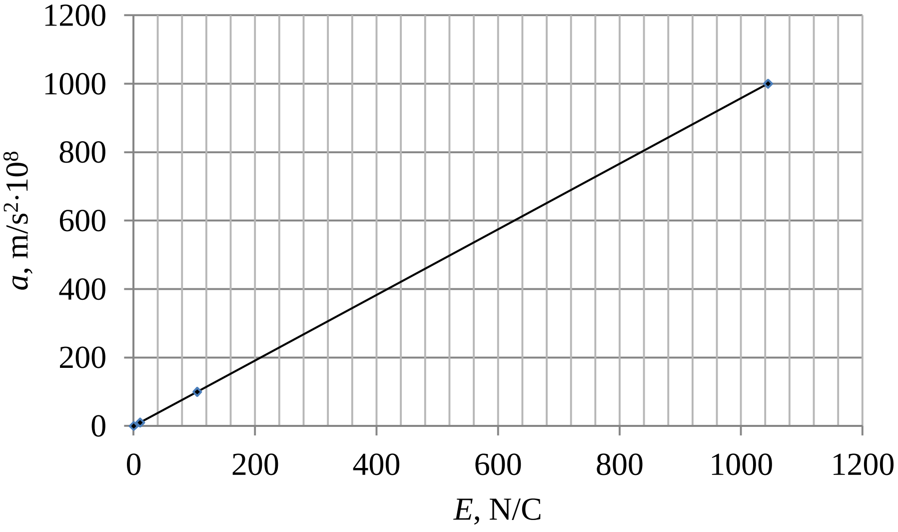
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Gdy obie cząstki przyspieszymy do takich samych wartości prędkości, to promień okręgu, jaki zatoczy proton w polu magnetycznym, w porównaniu z promieniem okręgu zatoczonego przez elektron w tym polu, jest

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	taki sam,	ponieważ	A	obie cząstki mają taką samą energię kinetyczną.
2.	większy,		B	proton ma większą masę i taki sam ładunek jak elektron.
3.	mniejszy,		C	elektron ma większy pęd.

Zadanie 58.

W jednorodnych polach elektrycznych przyspieszano cząstkę poruszającą się równolegle do linii tych pól. Na wykresie przedstawiono zależność wartości przyspieszenia uzyskiwanego przez cząstkę od wartości natężenia pola. W tabeli zapisano masy i wartości ładunków wybranych cząstek.



Nazwa cząstki	**Masa** (kg)	**Ładunek** (C)
elektron	$9{,}11\cdot10^{-31}$	$1{,}6\cdot10^{-19}$
proton	$1{,}67\cdot10^{-27}$	$1{,}6\cdot10^{-19}$
cząstka alfa	$6{,}68\cdot10^{-27}$	$3{,}2\cdot10^{-19}$
neutron	$1{,}67\cdot10^{-27}$	0

Na podstawie danych zawartych na wykresie oraz w tabeli oblicz i zapisz, którą z wymienionych w tabeli cząstek przyspieszano w polu elektrycznym. W obliczeniach pomiń wpływ siły grawitacji na ruch cząstki.

Zadanie 59.

Cyklotron AIC-144 służy do przyspieszania między innymi deuteronów (jąder izotopu wodoru $^{2}_{1}D$). Maksymalna energia kinetyczna opuszczających cyklotron jąder wynosi 60 MeV, a wartość indukcji pola magnetycznego 1 T.

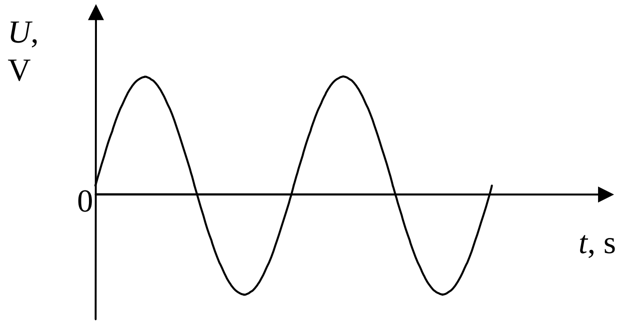
Na podstawie: http://nauka.money.pl/aparatura-badawcza/cyklotron-izochroniczny-aic-144-935543.html; http://www.ifj.edu.pl/str/dc/publikacje/1971.pdf [dostęp: 17.06.2015].

Zadanie 59.1.

Oblicz wartość prędkości deuteronu opuszczającego cyklotron AIC-144.

Zadanie 59.2.

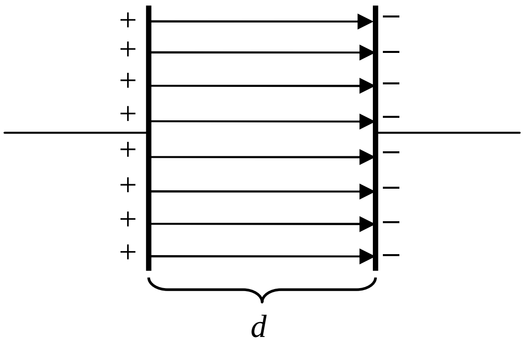
Napięcie pomiędzy duantami zmienia się tak, jak pokazano na wykresie.

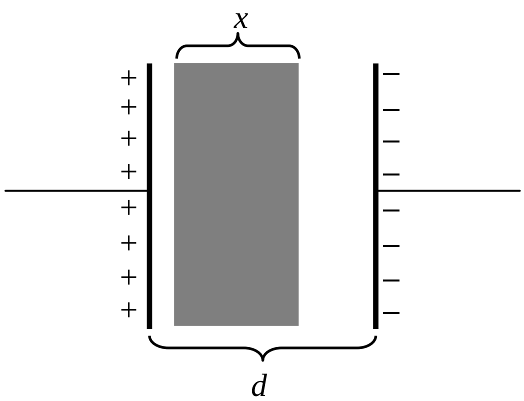


Uzupełnij dane na osi czasu, wpisując co najmniej dwie wartości. Załóż, że zmianę natężenia pola elektrycznego w czasie przebywania deuteronu między duantami można pominąć.

Zadanie 60.

Dwie jednakowe, równoległe do siebie okładki kondensatora płaskiego były jednorodnie naładowane różnoimiennymi ładunkami o takich samych wartościach. Kondensator ten nie był podłączony do źródła napięcia. Przyjmujemy, że pole elektrostatyczne między okładkami kondensatora było jednorodne, a poza tym obszarem – równe zeru. Pomiędzy okładki wsunięto nienaładowaną elektrycznie, wykonaną z przewodnika płytkę. Płytka miała grubość x, przy czym $0 < x < d$, gdzie d – odległość między okładkami kondensatora. Pozostałe wymiary płytki były takie same jak wymiary okładek kondensatora. Pole powierzchni okładek wynosiło S. Płytka nie stykała się z żadną z okładek kondensatora. Opisaną sytuację przedstawiono na rysunku. Przestrzeń między okładkami kondensatora była wypełniona powietrzem, którego względną przenikalność elektryczną można przyjąć za równą 1 i traktować ten kondensator tak samo, jakby między jego okładkami znajdowała się próżnia.





Zadanie 60.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

Po wsunięciu płytki między okładki kondensatora

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	natężenie pola elektrostatycznego w całej przestrzeni między okładkami kondensatora było równe zeru.		
2.	natężenie pola elektrostatycznego wewnątrz płytki wynosiło zero.		
3.	wartość napięcia między okładkami zmniejszyła się.		

Zadanie 60.2.

Kondensator z przewodzącą płytką między jego okładkami można traktować jako układ dwóch kondensatorów połączonych szeregowo. Pojemności kondensatorów C_1 i C_2 oraz pojemność zastępczą C układu tych dwóch kondensatorów połączonych szeregowo spełniają relację $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

Korzystając z powyższych informacji, wyprowadź wzór na pojemność kondensatora po wsunięciu między jego okładki metalowej płytki. Pojemność wyraź przez pole powierzchni okładek i płytki S, odległość między okładkami kondensatora d, grubość płytki x oraz przenikalność elektryczną próżni ε_0.

Zadanie 61.

Włożenie dielektryka (izolatora) między okładki kondensatora powoduje zwiększenie pojemności tego kondensatora w porównaniu z pojemnością przy braku wypełnienia przestrzeni między okładkami. Współczynnik $\varepsilon_r = \frac{C_d}{C_0}$ (C_d – pojemność kondensatora z dielektrykiem wypełniającym całą przestrzeń między okładkami, C_0 – pojemność próżniowego kondensatora) nazywany jest względną przenikalnością elektryczną. Dwie jednakowe, równoległe do siebie metalowe płytki o polu powierzchni 100 cm^2 każda tworzyły kondensator płaski. Odległość między płytkami wynosiła 2 cm. Były one naładowane ładunkami o jednakowych wartościach 1 μC – jedna dodatnim, a druga ujemnym. Kondensator nie był podłączony do źródła napięcia. Przestrzeń między okładkami wypełniona była powietrzem, którego względną przenikalność elektryczną można przyjąć za równą 1 i traktować ten kondensator tak samo, jakby między jego okładkami znajdowała się próżnia. Pomiędzy płytki wsunięto szkło o grubości 2 cm oraz o powierzchni takiej samej i tak samo ukształtowanej jak płytki kondensatora. Cała przestrzeń między płytkami została wypełniona szkłem. Względna przenikalność elektryczna szkła była równa 7.

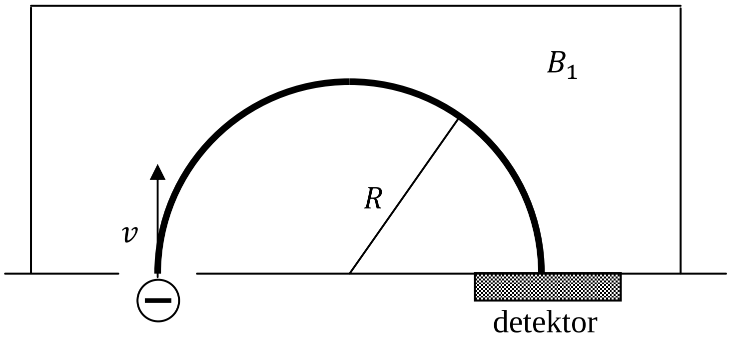
Zadanie 61.1.
Korzystając ze wzorów na energie próżniowego i wypełnionego dielektrykiem naładowanego kondensatora, oblicz pracę potrzebną do wyjęcia szkła spomiędzy okładek tego kondensatora.

Zadanie 61.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

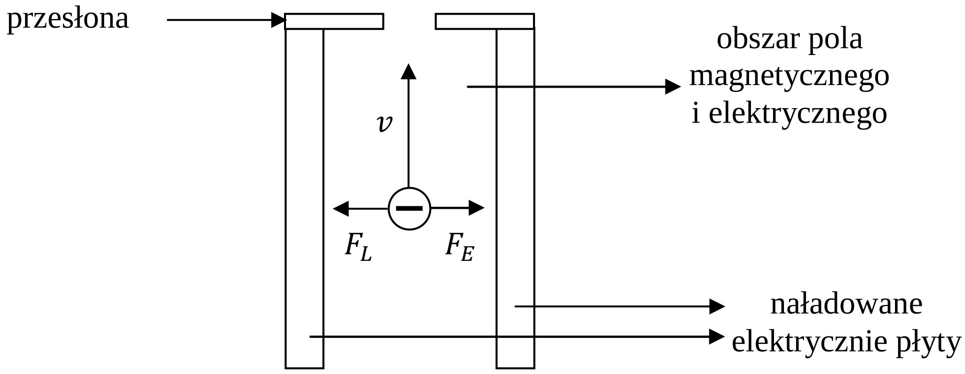
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Gdy w kondensatorze było szkło, to wartość napięcia pomiędzy jego okładkami była 7 razy większa, niż gdy kondensator nie był wypełniony szkłem.		
2.	Natężenie pola elektrostatycznego między okładkami kondensatora było takie samo, niezależnie od tego, czy znajdowało się tam szkło, czy też nie.		
3.	Gdyby okładki kondensatora były podłączone do źródła napięcia stałego, to natężenie pola elektrostatycznego między nimi byłoby takie samo, niezależnie od tego, czy znajdowałoby się tam szkło, czy też nie.		

Zadanie 62.
Za czas narodzin spektrometrii mas należy przyjąć lata 1899–1913, w których fizycy zbudowali urządzenia pozwalające wyznaczyć masę, a właściwie stosunek masy do ładunku elektrycznego $\frac{m}{q}$. Pomysł, by poddać promienie kanalikowe (jak dawniej nazywano jony) działaniu pól elektrycznego i magnetycznego, należał do W. Wiena. W efekcie Wien stwierdził, że stosunek $\frac{m}{q}$ zależny jest od rodzaju badanego gazu. J.J. Thomson, odkrywca elektronu, udoskonalił aparat Wiena, stosując niskie ciśnienie w części roboczej urządzenia. Kolejnym ulepszeniem był spektrometr F.W. Astona, za pomocą którego dokonał on odkrycia wielu izotopów, a w 1922 r. otrzymał za te prace Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii.
Spektrometria masowa rozwijała się, powstawały nowe urządzenia, a jednemu z nich, spektrometrowi Bainbridge’a poświęcimy więcej uwagi.
W obszarze roboczym spektrometru na poruszające się w polu magnetycznym o indukcji B_1 jony działa siła Lorentza, pełniąca rolę siły dośrodkowej. Powoduje ona zakrzywienie toru jonów, które po zatoczeniu półokręgu o promieniu R uderzają w detektor. Jak każdy spektrometr służy on do pomiaru mas jonów.

$$F_d = F_L \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = q \cdot v \cdot B_1 \cdot \sin 90° \Rightarrow m = \frac{q \cdot B_1 \cdot R}{v}$$



Widać więc, że aby dokonać pomiaru masy jonu, musimy mieć pewność, że cząstka porusza się ze ściśle określoną prędkością o wartości v. Zapewnia to selektor prędkości. Spośród różnych jego typów najlepszy jest taki, w którym użyjemy statycznych, wzajemnie prostopadłych pól elektrycznego i magnetycznego. Naładowane elektrycznie płyty wytwarzają między sobą jednorodne pole elektryczne, w przestrzeni między nimi panuje również pole magnetyczne.



Jak widać na rysunku, przez selektor przejdą tylko te cząstki, na które będą działać równoważące się siły elektryczna F_E i magnetyczna F_L. Aby było to możliwe, należy odpowiednio dobrać wartości i zwroty natężenia pola E i indukcji pola magnetycznego B.

$$F_E = F_L \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

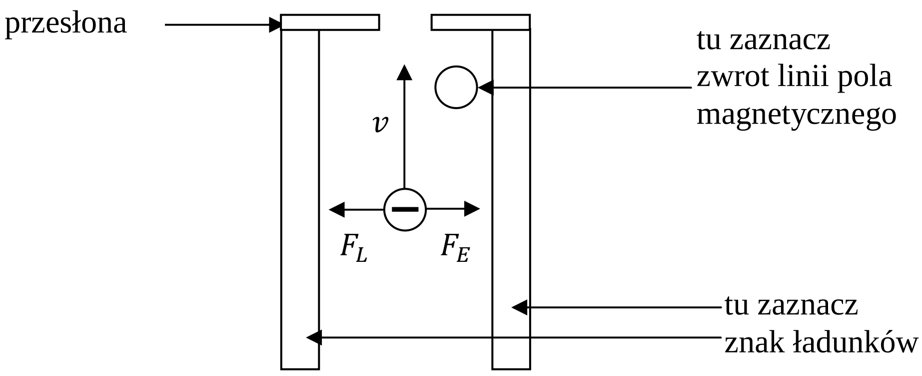
Zadanie 62.1.

Stosujemy następujące oznaczenia:

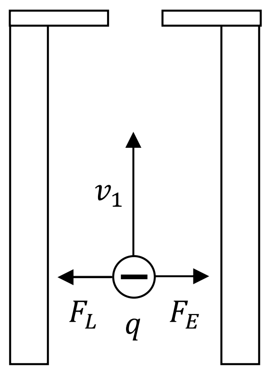
$\odot$ – pole magnetyczne jest prostopadłe do płaszczyzny i zwrócone przed kartkę,

$\otimes$ – pole magnetyczne jest prostopadłe do płaszczyzny i zwrócone za kartkę.

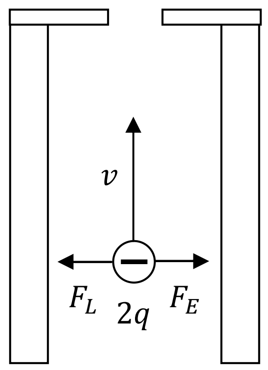
Zaznacz na płytach selektora znak ładunków, jakim muszą być naładowane oraz zaznacz zwrot linii pola magnetycznego, aby jon ujemny pokonał obszar selektora bez zmiany kierunku prędkości.



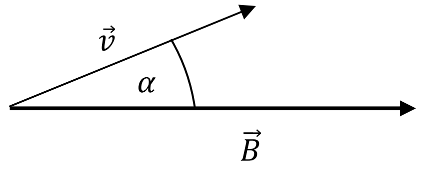
Zadanie 62.2.
Do selektora prędkości wpadł jon, którego prędkość v_1 jest większa od tej, która pozwala pokonać go na wprost.
Zaznacz na rysunku prawdopodobny tor jego ruchu. Uzasadnij odpowiedź.



Zadanie 62.3.
Zaznacz na rysunku tor ruchu jonu o dwukrotnie większym ładunku $2q$. Uzasadnij odpowiedź.

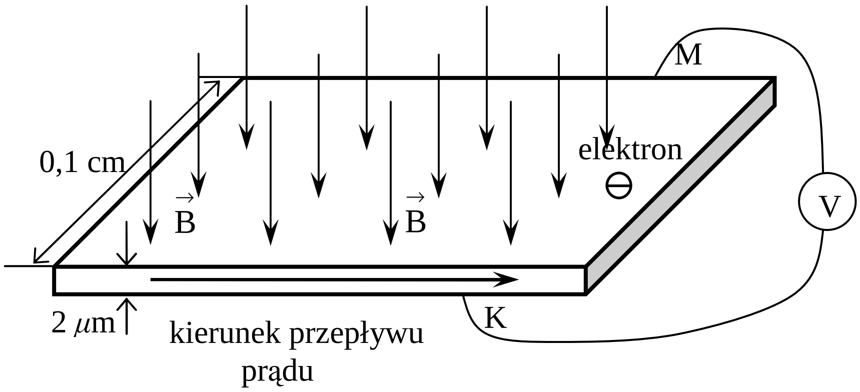


Zadanie 62.4.
W wyniku awarii do części roboczej spektrometru jony wlatują tak, że wektor prędkości jonu tworzy kąt ostry z wektorem indukcji magnetycznej.



Spośród niżej podanych wybierz tor, po którym będzie poruszała się cząstka w opisanej sytuacji. Odpowiedź uzasadnij.
A. Linia prosta.
B. Linia spiralna.
C. Linia śrubowa.
D. Okrąg.

Zadanie 63.
Gdy przewodnik, w którym płynie prąd elektryczny, umieścimy w polu magnetycznym, to wystąpi różnica potencjałów między jego brzegami (patrz rysunek). Zjawisko to w II połowie XIX w. odkrył Edwin H. Hall.



Powstałe między brzegami przewodnika napięcie, nazywamy napięciem Halla. Wyraża się ono za pomocą wzoru:

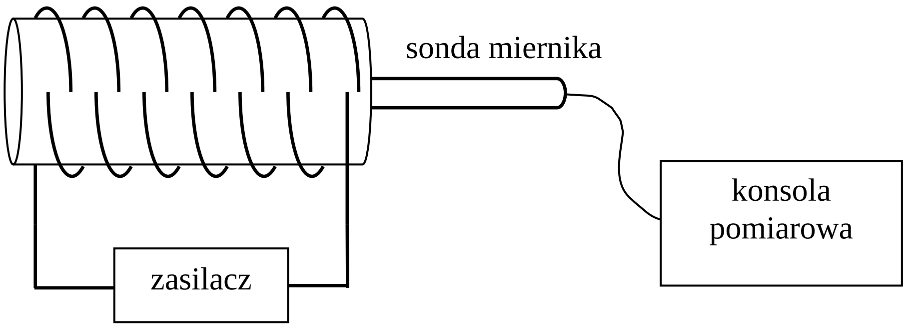
$$U_H = R_H \frac{I \cdot B}{d},$$

gdzie: R_H – stała Halla zależna od rodzaju przewodnika, I – natężenie prądu płynącego przez przewodnik, B – wartość indukcji magnetycznej, d – grubość płytki (liczona w kierunku pola magnetycznego).
Zjawisko Halla można wykorzystać do zbudowania przyrządu do pomiaru wartości indukcji magnetycznej.

Zadanie 63.1.
Podłączony do krawędzi taśmy woltomierz wskazuje napięcie. Oznacza to, że pomiędzy krawędziami K i M taśmy powstaje pole elektryczne.
Narysuj na rysunku wektory sił działających na elektron przewodnictwa pochodzące od pola magnetycznego oraz od pola elektrycznego powstającego między krawędziami K i M.

Zadanie 63.2.
Metalową taśmę o wymiarach poprzecznych: szerokość 0,1 cm, grubość 2 μm umieszczono w polu magnetycznym (patrz rysunek). Wzdłuż taśmy płynie prąd o natężeniu 2 A. Stała Halla dla przewodnika, z którego wykonano taśmę wynosi $R_H = 7{,}44 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{C}}$.
Oszacuj, jaka musi być czułość woltomierza wskazującego napięcie między brzegami taśmy, aby można było mierzyć wartość indukcji pola magnetycznego z dokładnością do 1 mT.

Zadanie 63.3.
Grupa uczniów postanowiła zbadać zależność wartości indukcji magnetycznej pola magnetycznego powstającego wewnątrz zwojnicy od natężenia prądu płynącego przez jej zwoje. Zwojnica posiadała równomiernie rozłożone miedziane zwoje nawinięte na walec o długości 5 cm. Do wnętrza tej zwojnicy uczniowie wprowadzili czujnik pola magnetycznego wykorzystujący efekt Halla (patrz rysunek), połączony z konsolą pomiarową. Przed podłączeniem zasilania do zwojnicy czujnik wskazał, że wartość indukcji pola magnetycznego wynosi 0,03 mT.



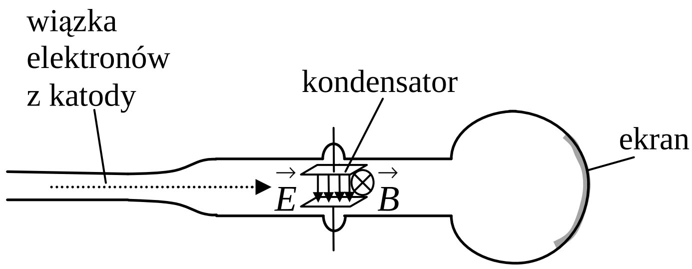
Zapisz, co jest źródłem pola magnetycznego wskazywanego przez czujnik przed podłączeniem zasilania do zwojnicy.

Zadanie 63.4.
Aby uniezależnić wskazania miernika od pól zewnętrznych, uczniowie go wyzerowali. Następnie podłączyli zasilanie do zwojnicy i rozpoczęli pomiary. Zmieniając natężenie prądu płynącego przez zwojnicę, zapisywali wartości indukcji magnetycznej wewnątrz zwojnicy. Wyniki pomiarów zamieścili w tabeli.

I (A)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
B (mT)	0	0,72	1,34	2,16	2,84	3,56

Sporządź wykres zależności wartości indukcji magnetycznej wewnątrz zwojnicy od natężenia prądu płynącego przez jej uzwojenie. Na podstawie wykresu wyznacz liczbę zwojów tej zwojnicy

Zadanie 64.
W jednym ze swoich doświadczeń Thomson wyznaczył stosunek ładunku elektrycznego do masy elektronu. Uproszczony schemat wykorzystanej do tego aparatury przedstawiono na rysunku. Emitowane z katody elektrony przechodziły przez skrzyżowane, prostopadłe do siebie pola elektryczne i magnetyczne, a następnie padały na ekran, gdzie można było obserwować pozycję ich wiązki. Wartości pola elektrycznego *E* oraz indukcji magnetycznej *B* zostały tak dobrane, aby wiązka elektronów nie ulegała odchyleniu. Na tej podstawie wyznaczona została wartość prędkości elektronów $v = \frac{E}{B}$.



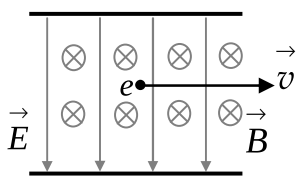
W drugim pomiarze mierzone było odchylenie wiązki elektronów po przejściu przez pole elektryczne kondensatora. Znając prędkość elektronów (z pierwszego pomiaru) i wymiary geometryczne kondensatora, Thomson wyznaczył stosunek ładunku elektrycznego elektronu do jego masy, otrzymując wynik $\frac{e}{m} = 1{,}6 \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}$. W innym doświadczeniu Thomson wyznaczył ładunek elektronu, używając tzw. komory Wilsona, w której znajdowała się para wodna. Źródłem elektronów był preparat radowy lub metalowa płytka umieszczona wewnątrz komory przy jej ściance, naświetlana promieniami ultrafioletowymi. W komorze panowały takie warunki, że wokół wpadających do niej ładunków elektrycznych tworzyły się kropelki wody. Dokonując odpowiednich pomiarów Thomson, wskazał liczbę kropelek oraz całkowity ładunek elektryczny zgromadzony po skropleniu całej pary wodnej. Zakładając, że każda kropelka posiadała ładunek jednego elektronu, wyznaczył na tej podstawie ładunek elektronu. Otrzymał wynik $e = 1{,}03 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$ i na podstawie otrzymanego w opisanym wcześniej doświadczeniu stosunku $\frac{e}{m}$, określił masę elektronu na $m = 6 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$.

Na podstawie: B. Średniawa, *W stulecie odkrycia elektronu: 1897–1997*, „Foton”, 1998 nr 55, s. 11.

Zadanie 64.1.

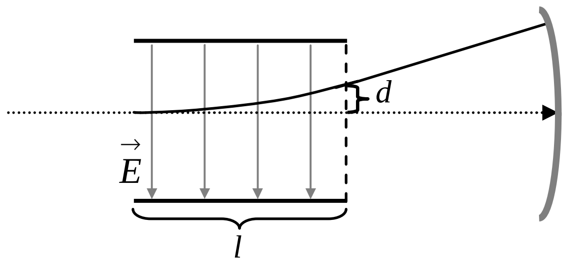
Thomson wyznaczył prędkość elektronów w swoim doświadczeniu, dobierając tak wartości pola elektrycznego *E* oraz indukcji magnetycznej *B*, aby elektrony, przemierzając obszar skrzyżowanych, prostopadłych do siebie, jednorodnych pól elektrycznego i magnetycznego, nie zmieniały kierunku ani wartości prędkości.

Na zamieszczonym poniżej rysunku zaznacz wektory sił $\vec{F}_{el}$ (elektrostatycznej) oraz $\vec{F}_{magn}$ (Lorentza) działających na elektron w opisanej sytuacji. Zachowaj odpowiednie proporcje ich długości.



Zadanie 64.2.

Elektrony, przy braku pola magnetycznego, były odchylane między okładkami kondensatora przez pole elektryczne. Wiązka elektronów, opuszczając obszar jednorodnego pola elektrycznego między okładkami kondensatora o długości *l*, była odchylona o wartość *d* (patrz rysunek).



Wyprowadź wyrażenie na wyznaczony w tym doświadczeniu iloraz $\frac{e}{m}$. Wyraź go przez następujące wielkości: wartość natężenia pola elektrycznego *E*, wartość indukcji pola magnetycznego *B* (użytego w pierwszym pomiarze), a także wielkości *l* oraz *d*.

Zadanie 64.3.
Uzupełnij zdanie, **wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.**
W doświadczeniu Thomsona, mającym na celu wyznaczenie ładunku elektronu w komorze Wilsona, elektrony mogły pojawiać się dzięki rozpadom .... (alfa/beta/gamma) radu lub efektowi .... (Dopplera/fotoelektrycznemu).

Zadanie 64.4.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Porównując uzyskane przez Thomsona wartości $\frac{e}{m}$, *e* oraz *m* z obecnie znanymi, można stwierdzić, że spośród tych trzech wielkości Thomson

A. najmniej dokładnie wyznaczył stosunek $\frac{e}{m}$.
B. najdokładniej wyznaczył stosunek $\frac{e}{m}$.
C. najdokładniej wyznaczył wartość *e*.
D. najdokładniej wyznaczył wartość *m*.

Zadanie 65.
Magnetary to szczególny typ gwiazd neutronowych, który charakteryzuje się najsilniejszym we Wszechświecie polem magnetycznym rzędu 10^{14}–10^{15} Gs (gausów). Pole magnetyczne Ziemi to 1 Gs. Okres obrotu magnetarów waha się od 2 s do ok. 12 s, podczas gdy dla typowych pulsarów wynosi od milisekundy do kilku sekund. Jednak mają one typowe rozmiary gwiazd neutronowych, których promień wynosi 10–15 km, natomiast masy magnetarów wynoszą od 1,18 do 2 mas Słońca. To najbardziej gęste obiekty Wszechświata, gęstsze niż jądro atomowe. Magnetary czerpią swą energię z pól magnetycznych, podczas gdy zwykłe gwiazdy z przemian jądrowych w ich wnętrzach, a pulsary z ruchu obrotowego.

Na podstawie: P. Berg, *Magnetyczne monstra*, „Wiedza i życie”, 2013 nr 11, s. 26–29.

Zadanie 65.1.
1 gaus jest jednostką układu CGS i odpowiada wartości 10^{-4} T.
Oblicz wartość wektora indukcji pól magnetycznych magnetarów.

Zadanie 65.2.
Oblicz, przyjmując odpowiednie wartości promienia i masy oraz zakładając kulisty kształt magnetarów, maksymalną wartość natężenia pola grawitacyjnego na ich powierzchni.

Zadanie 65.3.

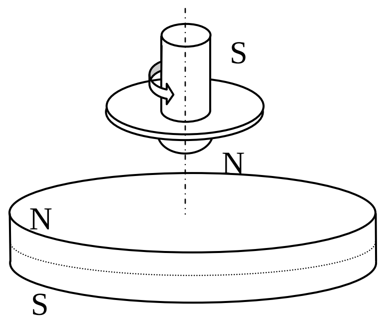
Średnia gęstość jąder atomowych wynosi $2{,}3 \cdot 10^{17}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Oblicz, ile razy gęstość materii tworzącej magnetary jest większa od gęstości materii jądra atomowego. W obliczeniach przyjmij kulisty kształt magnetarów oraz maksymalne wartości promienia i masy.

Zadanie 65.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

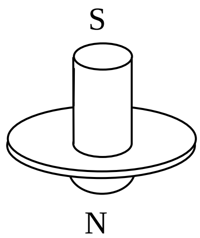
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Częstotliwość obrotów magnetarów zmienia się w zakresie od 2 Hz do $\frac{1}{12}$ Hz.		
2.	Magnetary, podobnie jak Słońce, tracą energię wskutek emisji zmiennego pola magnetycznego.		
3.	Magnetary charakteryzują się szybszą rotacją wokół własnej osi niż typowe pulsary.		

Zadanie 66.
Lewitacją nazywamy stan, w którym ciało pozostaje w spoczynku, jednocześnie nie mając bezpośredniego kontaktu z żadnym innym ciałem. Osiągnięcie stanu statycznej lewitacji nie jest jednak możliwe. Każdy wie, że jednoimienne bieguny magnesów odpychają się. Wydaje się więc, że można by umieścić wystarczająco silne magnesy, jeden nad drugim tak, aby ten na górze unosił się swobodnie w powietrzu bez żadnego bezpośredniego wsparcia. Doświadczenie jednak pokazuje, że to się nigdy nie udaje: górny magnes obraca się i zostaje przyciągnięty przez dolny. W 1842 r. Samuel Earnshaw udowodnił zaskakujące twierdzenie: w pustej przestrzeni nie istnieje żadna statyczna (czyli niezmieniająca się w czasie) konfiguracja pól elektrycznych, magnetycznych i grawitacyjnych, dla której energia potencjalna miałaby lokalne minimum. Oznacza to, że, niezależnie od sposobu wzajemnego ustawienia ładunków elektrycznych, dipoli magnetycznych i mas w obszarach pomiędzy nimi, energia potencjalna pól nie ma lokalnego minimum, a więc żadne ciało nie będzie znajdowało się w stanie równowagi trwałej. Z punktu widzenia mechaniki Newtona i elektrodynamiki klasycznej statyczna lewitacja nie jest więc możliwa.
W latach 90. XX w. pojawiła się w sprzedaży zabawka o nazwie *lewitron*. Zabawka składa się z dużego i silnego magnesu stałego wykonanego z materiałów ceramicznych stanowiącego podstawkę oraz małego bączka, także wykonanego z magnesu o symetrii osiowej. Masa bączka wynosi ok. 18 g. W zestawie jest też kilka plastikowych pierścieni o masach: 3, 1, 0,4, 0,2 i 0,1 g. Dodatkowo znajduje się w komplecie plastikowa płytka. Zabawa polega na rozkręceniu bączka na płytce umieszczonej nad magnesem stałym. Następnie umiejętnie unosimy płytkę z kręcącym się bączkiem do momentu, aż zacznie on sam unosić się w polu grawitacyjnym, wirując nad magnesem. Wtedy płytkę odsuwamy. W tym stanie lewitacji dynamicznej bączek pozostaje ok. 2–3 minut. Wprowadzenie bączka w stan dynamicznej lewitacji wymaga bardzo dokładnego ustawienia magnesu trwałego w poziomie oraz dobrania ciężaru bączka za pomocą dołączonych pierścieni. Ważne też jest, aby bączek wirował z odpowiednią prędkością kątową, ani za wolno, ani za szybko. Lewitron został wynaleziony i opatentowany przez Roya Harringa w 1983 r. w USA. Poprawne wyjaśnienie zasady działania lewitronu pojawiło się jednak dopiero w 1996 r.

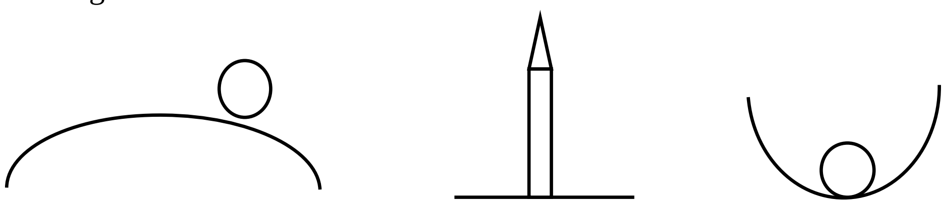


Na podstawie: https://www.physik.uni-augsburg.de/theo3/kbyczuk/lewitron.pdf [dostęp: 05.10.2014].

Zadanie 66.1.
Naszkicuj kształt kilku linii pola magnetycznego wokół lewitronu. Zaznacz zwrot linii tego pola.



Zadanie 66.2.
Na poniższych rysunkach przedstawiono mechaniczne przykłady trzech różnych stanów równowagi.

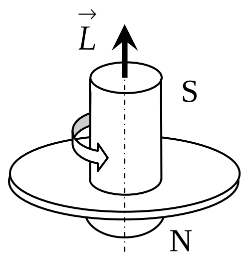


układ A układ B układ C

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Przykładem równowagi trwałej jest

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	układ A,	ponieważ po wytrąceniu z położenia równowagi ciało	A	wraca do stanu początkowego.
2.	układ B,			
3.	układ C,		B	nie wraca do stanu początkowego.

Zadanie 66.3.
Moment pędu jest wektorem. Na rysunku przedstawiono kierunek i zwrot wektora momentu pędu obracającego się lewitronu.
Korzystając z zasady zachowania momentu pędu, wyjaśnij krótko, dlaczego obracający się lewitron utrzymuje przez ok. 2 minuty równowagę, a nieruchomy lewitron natychmiast odwraca się biegunem S ku dołowi.



Zadanie 66.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Działanie lewitronu jest niezgodne z zasadą zachowania energii.		
2.	Ciężar lewitronu jest równoważony przez siły pochodzące od pola magnetycznego.		
3.	Plastikowe pierścienie bączka w znacznym stopniu modyfikują pole magnetyczne magnesu stałego podstawki.		

Zadanie 67.

„[…] Michael Faraday opisał w liście do Richarda Philipsa, […] prosty eksperyment z elektrostatyki znany z historii nauki jako *Faraday's ice pail experiment* (eksperyment Faradaya z wiaderkiem lodu). Wiaderko Faraday'a to puste naczynie metalowe umieszczone na izolowanej podstawce, na którego wewnętrzną powierzchnię można wprowadzić ładunki elektryczne. Na drewnianym taborecie postaw ocynkowane wiaderko o średnicy ok.18 cm i wysokości ok. 25 cm. Połącz je drutem z elektroskopem. Listki elektroskopu nie rozchylą się, co oznacza, że na ścinkach naczynia nie ma ładunków elektrycznych. Wprowadź do środka „naładowaną elektrycznie” metalową kulkę zawieszoną na długiej, suchej jedwabnej nici. Powinna znaleźć się w połowie wysokości naczynia. […] Potrzebny w tym eksperymencie elektroskop listkowy można wykonać w prosty sposób. Średniej wielkości szklany słoik zamknij metalową zakrętką (niezadrukowaną). W środku pokrywki zrób mały otworek, przez który przeciągnij wygięty kawałek sztywnego drutu (spinacz biurowy). Na końcu zrób haczyk do zawieszenia listków z folii aluminiowej”.

Źródło: H. Męczyńska, *Generator Kelvina*, „Wiedza i życie”, 2014 nr 4, s. 76–77.

Zadanie 67.1.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

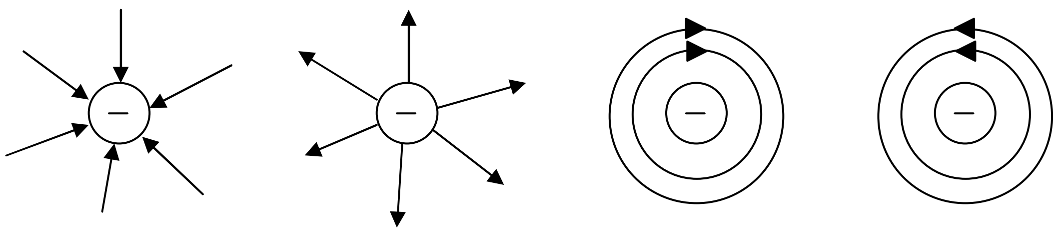
Gdy wiadro, w którym znajduje się kulka, nie jest połączone z elektroskopem, to całkowity ładunek wiadra w porównaniu z całkowitym ładunkiem kulki jest

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejszy,	ponieważ	A	rozmiar wiadra jest znacznie większy niż kuli.
2.	większy,		B	układ kulka–wiadro jest izolowany elektrycznie.
3.	taki sam,		C	powietrze „utrudnia” przejście ładunków z kulki na wiadro.

Zadanie 67.2.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Jeżeli kulka była naelektryzowana ujemnie, to wybrane linie pola wokół niej poprawnie przedstawiono na rysunku



A. B. C. D.

Zadanie 67.3.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Natężenie pola elektrycznego kuli na jej powierzchni można obliczyć, korzystając z zależności

A. $\frac{k\cdot Q}{r^2}$. B. $\frac{k\cdot Q}{r}$. C. $\frac{r}{k\cdot Q}$. D. $\frac{r^2}{k\cdot Q}$.

Zadanie 67.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

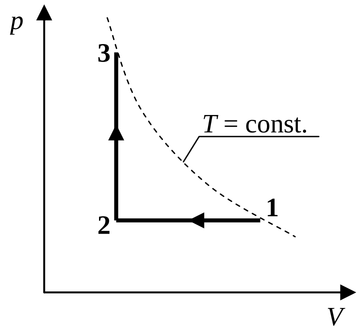
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Znając znak ładunku, jakim obdarzona jest naładowana kulka, można określić znak ładunków na listkach elektroskopu.		
2.	Sumaryczny ładunek elektroskopu, wiadra i naładowanej, włożonej do niego kuli jest równy zeru.		
3.	W opisanej w tekście sytuacji można zastosować zasadę zachowania ładunku elektrycznego.		

Zadanie 67.5.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Postawienie elektroskopu na podstawce z izolatora oraz połączenie przewodnikiem listków z obudową

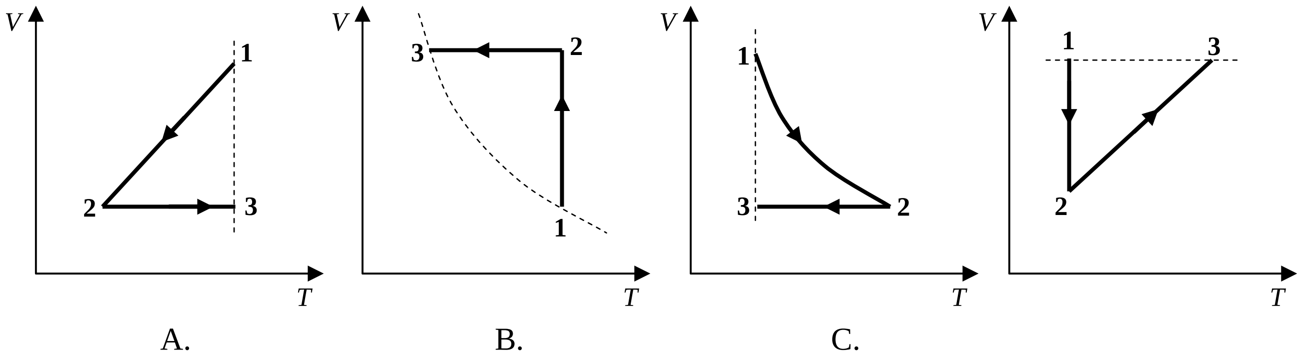
Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	wpłynie na wskazania elektroskopu,	ponieważ	A	napięcie między listkami a obudową będzie równe 0 V.
2.	nie wpłynie na wskazania elektroskopu,		B	napięcie między listkami a obudową będzie różne od 0 V.

1.4. Termodynamika i własności materii

Zadanie 68.
Stałą masę gazu poddano przemianom termodynamicznym 1 → 2 → 3, które przedstawiono na wykresie zależności ciśnienia gazu od jego objętości.



Zadanie 68.1.
Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.
Wykresem prawidłowo przedstawiającym ten cykl przemian we współrzędnych zależności objętości od temperatury bezwzględnej jest wykres



Wskazówki i rozwiązanie zadania
Przemiana 1 → 2 przedstawiona na wykresie jest przemianą izobaryczną ($p = const.$), w trakcie której maleje objętość gazu, ponieważ zmniejsza się temperatura gazu. W przemianie tej objętość gazu jest wprost proporcjonalna do jego temperatury. Natomiast przemiana 2 → 3 jest przemianą izochoryczną ($V = const.$), w trakcie której temperatura gazu wzrasta. W przemianie tej ciśnienie gazu jest wprost proporcjonalne do jego temperatury.
Linia przerywana jest wykresem przemiany izotermicznej ($T = const.$), w której ciśnienie jest odwrotnie proporcjonalne do objętości gazu.
Zatem w przemianie 1 → 2 ciśnienie jest stałe, a maleje objętość gazu, co spowodowane jest zmniejszeniem jego temperatury, natomiast w przemianie 2 → 3 objętość jest stała, a wzrost ciśnienia spowodowany jest wzrostem temperatury. Wykresem przedstawiającym tę sytuację jest wykres A.

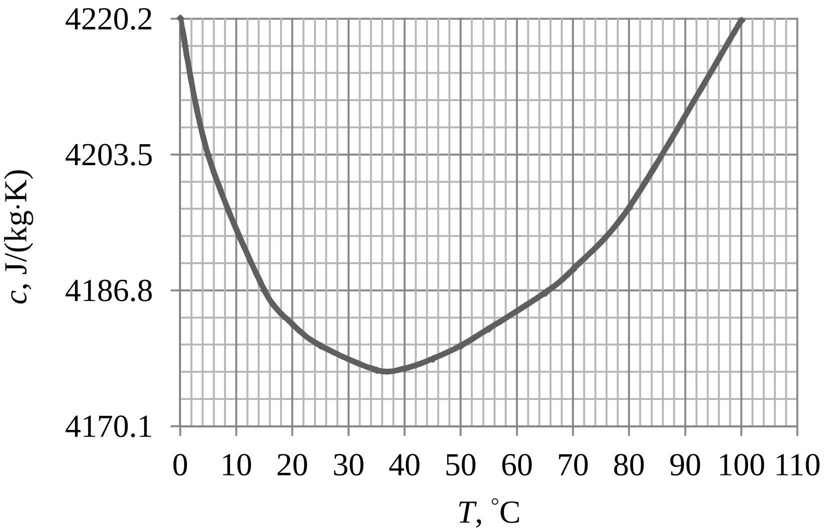
Poprawna odpowiedź
A

Zadanie 68.2.
Uzasadnij poniższe stwierdzenia.
I. W trakcie przemiany 2 → 3 gaz nie wykonał pracy, ponieważ ………………………….. .
II. W przemianie 1 → 2 energia wewnętrzna gazu zmniejszyła się ponieważ ……………… .

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Należy zauważyć, że w przemianie $2 \rightarrow 3$ objętość gazu nie uległa zmianie, zatem w przemianie tej praca wykonana przez gaz jest równa zeru. W przemianie $1 \rightarrow 2$ zmalała objętość gazu przy niezmiennym ciśnieniu, zatem temperatura gazu musiała ulec zmniejszeniu. Ponieważ energia wewnętrzna gazu jest proporcjonalna do jego temperatury, z faktu zmniejszenia temperatury gazu wynika również zmniejszenie wartości energii wewnętrznej gazu.

Poprawna odpowiedź
I. […] objętość gazu nie uległa zmianie.
II. […] zmalała temperatura gazu.

Zadanie 69.
Obecnie obowiązującą jednostką ciepła jest dżul, często jednak nadal używa się w języku potocznym jednostki *kaloria*. Potocznie kalorie są „zjadane”, a kilokaloria oznacza tzw. *wartość energetyczną*, czyli ilość energii w danym produkcie, jaką organizm może przyswoić przez trawienie. Mówimy, że jeżeli temperaturę 1 kg wody zwiększymy od 14,5°C do 15,5°C, to do wody została dostarczona 1 kcal (kilokaloria) ciepła. Zależność pomiędzy dżulem i kalorią jest następująca 1cal = 4,1868 J. Ciepło właściwe nie jest wielkością stałą, zależy bowiem od wielu czynników, m.in. ciśnienia, sposobu dostarczania ciepła do układu czy temperatury. Na wykresie zilustrowano zmianę ciepła właściwego wody w funkcji temperatury w stałym ciśnieniu równym 10^5 Pa.



Źródło: R. Resnick, D. Halliday, *Fizyka 1*, Warszawa 1990, s. 547.

Na podstawie wykresu oblicz, ile ciepła należy dostarczyć do 2 kg wody, aby zwiększyć jej temperaturę od 34,5°C do 35,5°C. Wynik podaj w kaloriach. Oblicz, jak duży błąd względny popełnimy, jeżeli w obliczeniach przyjmiemy wartość ciepła właściwego podawaną w tablicach 4190 $\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{kg \cdot K}}$.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Należy zauważyć, że wspomniany zakres temperatur odpowiada minimum na wykresie. Z wykresu można odczytać, że dla temperatury 35°C ciepło właściwe dla wody wynosi ok. $4178 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.

Ciepło, jakie należy dostarczyć do wody o masie 2 kg, aby zmienić temperaturę od 34,5°C do 35,5°C, obliczamy z zależności: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymamy: $Q = 8356\ \mathrm{J}\ \left[\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot \mathrm{K} = \mathrm{J}\right]$.

Obliczoną energię należy wyrazić w kaloriach. Z tekstu wynika, że 1 cal = 4,1868 J.
Wobec tego: Q = 1995,8 cal.
Obliczamy ilość ciepła, jaką należy dostarczyć do wody, przyjmując za ciepło właściwe:
$c = 4190\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.
Dostarczone ciepło jest równe Q_1 = 8380 J.
Obliczamy błąd względny: $\frac{Q_1 - Q}{Q_1} \approx 3 \cdot 10^{-3}$.

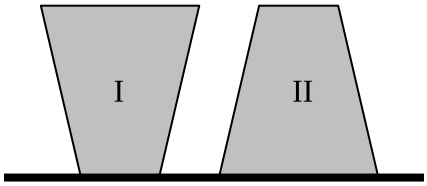
Widać, że popełniony błąd jest zaniedbywalny, co w pełni upoważnia nas do stosowania wartości tablicowej podczas większości obliczeń.

Zadanie 70.
Sprawność silnika cieplnego, pracującego w cyklu Carnota jest równa 20%. Temperatura chłodnicy jest równa 127°C.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Temperatura źródła ciepła (grzejnicy) wynosi
A. 635°C. B. 508°C. C. 400°C. D. 227°C.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Sprawność silnika cieplnego, pracującego w cyklu Carnota można obliczyć ze wzoru: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, gdzie T_1 oraz T_2 to temperatury źródła ciepła (grzejnicy) i chłodnicy wyrażone w kelwinach.
Temperatura chłodnicy jest równa: T_2 = 400 K (127 + 273 = 400).
Ponieważ sprawność 20% można wyrazić jako 0,2, możemy zatem zapisać, że $0{,}2 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$,

czyli $0{,}8 = \frac{400\,K}{T_1}$, stąd T_1 = 500 K.
Temperatura w stopniach Celsjusza będzie więc równa: t = 227°C (500 – 273 = 227).

Zadanie 71.
Dwa otwarte naczynia o jednakowych objętościach w kształcie ściętych stożków napełniono po brzegi takimi samymi ilościami wody i ustawiono na płaskiej powierzchni stołu. Powierzchnia dna drugiego naczynia jest 2 razy większa niż pierwszego (patrz rysunek).



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
O ciśnieniach hydrostatycznych p i parciach F wywieranych na dna obu naczyń można powiedzieć, że

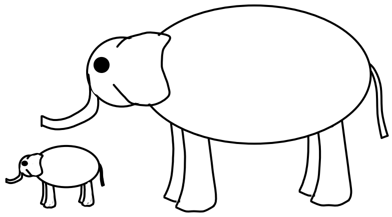
A. $p_I = p_{II}$ oraz $F_I = F_{II}$.

B. $p_I = p_{II}$ oraz $2F_I = F_{II}$.

C. $2p_I = p_{II}$ oraz $F_I = 2F_{II}$.

D. $2p_I = p_{II}$ oraz $2F_I = F_{II}$.

Zadanie 72.



Słonica oraz jej młode zamierzają przejść przez bagna. Rozmiary liniowe słonicy są 4 razy większe niż słoniątka. Zakładamy, że proporcje między rozmiarami poszczególnych części oraz średnie gęstości obu zwierząt są takie same (patrz rysunek).
Ustal, wykonując obliczenia, który z osobników będzie wywierał większe ciśnienie na podłoże podczas przejścia słoni przez bagna.

Zadanie 73.
Sprężony azot stosowany między innymi w technice spawalniczej, dostarczany jest w wysokociśnieniowych butlach o pojemności 40 l. Według informacji podawanej przez dostawcę, po rozprężeniu izotermicznym azotu do warunków normalnych (p_0 = 1013 hPa i T_0 = 273 K) zajmuje on objętość ok. 6,3 m^3.

Zadanie 73.1.
Oszacuj ciśnienie w butli napełnionej azotem.

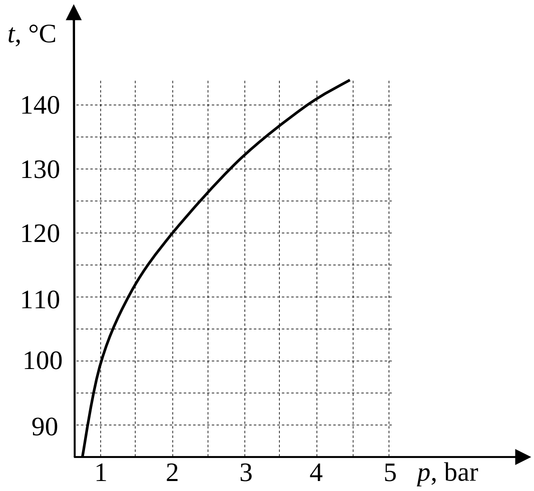
Zadanie 73.2.
Oszacuj teoretyczną wysokość, na jaką można by podnieść samochód ciężarowy o masie 10 000 kg, wykorzystując całkowicie <u>energię wewnętrzną</u> azotu rozprężonego do objętości 6,3 m^3, przy ciśnieniu p_0 = 1013 hPa i temperaturze T_0 = 273 K.
Dla azotu będącego gazem dwuatomowego (N_2) średnia energia cząsteczki gazu dana jest równaniem: $\boldsymbol{E_{śr} = \frac{5}{2} \cdot k_B \cdot T}$.

Zadanie 74.

Szybkowar jest naczyniem umożliwiającym gotowanie potraw. Składa się on z garnka i szczelnej pokrywki wykonanych z grubej metalowej blachy. W czasie gotowania woda w szybkowarze wrze w temperaturze wyższej od temperatury wrzenia pod ciśnieniem atmosferycznym, co powoduje skrócenie czasu gotowania. Skrócenie to spowodowane jest wzrostem ciśnienia we wnętrzu szybkowaru. Pokrywka szybkowaru zaopatrzona jest w automatyczny zawór regulujący ciśnienie w szybkowarze poprzez wypuszczenie na zewnątrz części pary oraz w zawór bezpieczeństwa.

Źródło: http://szybkowary.com/uzytkowanie/wskazowki-przed-1-gotowaniem/ [dostęp: 25.02.2015].

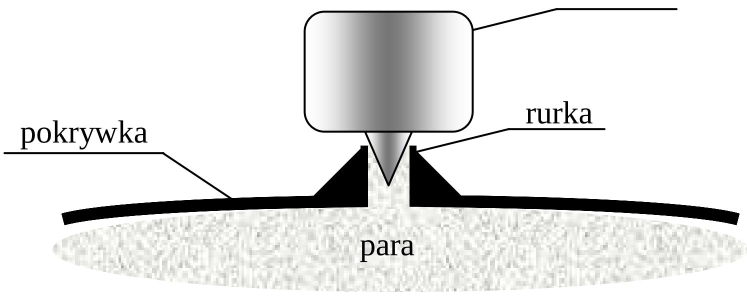
Poniższy wykres przedstawia zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia.



(1 bar – jednostka ciśnienia równa ok. 10^5 Pa).

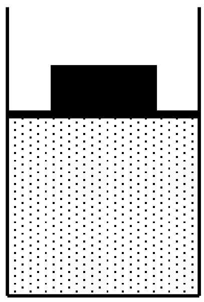
Zadanie 74.1.
Zapisz, korzystając z danych przedstawionych na wykresie, wartość temperatury wrzenia wody w szybkowarze, jeśli automatyczny zawór utrzymuje ciśnienie 2 bary.

Zadanie 74.2.
Automatyczny zawór umieszczony w pokrywce (w uproszczeniu) składa się z rurki połączonej z pokrywką oraz z ciężarka zakończonego stożkiem. Stożek zamyka otwór rurki. Otwór pozostaje zamknięty aż do chwili, gdy ciśnienie pary w szybkowarze spowoduje uniesienie ciężarka wypuszczając nadmiar pary, obniżając jednocześnie ciśnienie wewnątrz szybkowaru (rysunek).



Oszacuj masę ciężarka, jeśli para zaczyna wylatywać przez zawór przy ciśnieniu 2 barów, a średnica rurki w pokrywce jest równa 4 mm.

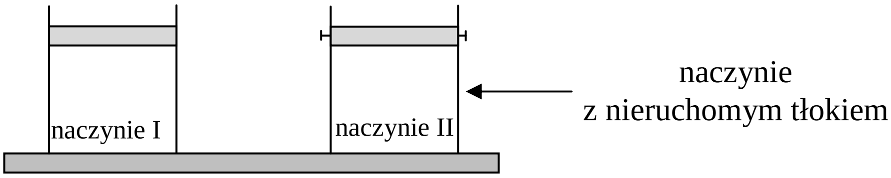
Zadanie 75.
W cylindrze, którego powierzchnia wewnętrznego przekroju poprzecznego wynosi 7 cm^2, znajduje się azot. Masa molowa azotu jest równa $28\,\frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Gaz początkowo zajmuje objętość 0,8 dm^3, a jego temperatura jest równa 15°C. Cylinder jest zamknięty tłokiem, którego masa wraz z obciążnikiem wynosi 8 kg (patrz rysunek). Tłok może się przemieszczać wewnątrz cylindra bez tarcia. Ciśnienie atmosferyczne ma wartość 1000 hPa. Ciepło molowe gazu dwuatomowego w stałej objętości wynosi $\frac{5}{2}R$.



Zadanie 75.1.
Oblicz masę azotu w cylindrze.

Zadanie 75.2.
Załóżmy, że wewnątrz cylindra znajduje się 0,002 kg azotu. Gaz ten ogrzano do temperatury 100°C.
Sporządź wykres zależności objętości azotu od dostarczonego ciepła. Oblicz pracę wykonaną przez gaz podczas ogrzewania.

Zadanie 76.
Na płycie grzejnej umieszczono 2 jednakowe naczynia. W każdym z nich znajduje się *n* moli gazu jednoatomowego. Początkowa temperatura gazu w obu naczyniach była jednakowa. Gaz w obu naczyniach pobierał od płyty taką samą ilość ciepła. Przyjmij, że dna naczyń to doskonałe przewodniki ciepła, a ściany i tłok są doskonałymi izolatorami ciepła. W naczyniu I tłok był ruchomy i mógł poruszać się bez tarcia, w II zaś tłok był nieruchomy.



Zadanie 76.1.
W trakcie ogrzewania gazu w naczyniach 1 i 2 zachodziły odpowiednio przemiany:

	Naczynie I	**Naczynie II**
A	izotermiczna	izobaryczna
B	izobaryczna	izochoryczna
C	izotermiczna	izochoryczna
D	izochoryczna	izotermiczna

Zadanie 76.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

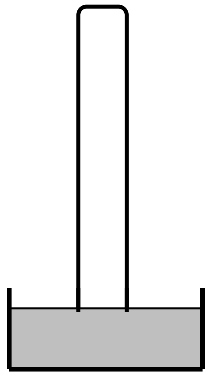
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	W obu naczyniach przyrost energii wewnętrznej ΔU gazu jest jednakowy.		
2.	W obu naczyniach gaz podczas ogrzewania wykonał taką samą pracę.		
3.	Początkowo wartość średniej prędkości atomów gazu była w obu naczyniach jednakowa.		

Zadanie 76.3.
Tę samą liczbę moli gazu jednoatomowego ogrzano izochorycznie, a następnie izobarycznie, dostarczając jednakowe ilości ciepła. Ciepło molowe gazu przy stałej objętości jest równe $c_V = \frac{3}{2}R$.
Wykaż, wykonując obliczenia, że stosunek przyrostu temperatury gazu podczas ogrzewania izobarycznego do przyrostu temperatury gazu podczas ogrzewania izochorycznego jest równy $\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{3}{5}$.

Zadanie 76.4.
W trakcie izobarycznego rozprężania gaz pobrał ciepło $Q = 2000$ J.
Wykaż, że praca, jaką wykonał gaz, jest równa 800 J.

Zadanie 77.

Szklany cylinder miarowy otwartym końcem zanurzono tuż pod powierzchnią wody. Cylinder miał długość 15 cm, a jego średnica wewnętrzna wynosiła 3 cm. Ciśnienie powietrza wynosiło 1000 hPa, a jego temperatura 20°C. Cylinder ogrzewano przy pomocy strumienia gorącego powietrza i zauważono, że po pewnym czasie z cylindra do wody zaczęły wydostawać się bąbelki powietrza.
Powietrze potraktuj jak gaz doskonały.



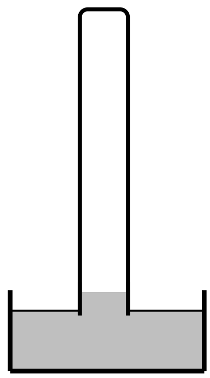
Zadanie 77.1.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
W cylindrze

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	zachodziła	przemiana spełniająca równanie $\frac{V}{T} = const.$, ponieważ	A	ciśnienie wewnątrz cylindra nie ulegało zmianie.
			B	zmianie uległa masa powietrza zamkniętego w cylindrze.
2.	nie zachodziła		C	wzrosła temperatura powietrza wewnątrz cylindra.

Zadanie 77.2.

Po zakończeniu ogrzewania cylindra po pewnym czasie jego temperatura (wraz z powietrzem w jej wnętrzu) osiągnęła ponownie 20°C. Zauważono, że wewnątrz rurki znajduje się wtedy słup wody o wysokości 2 cm (patrz rysunek). Objętość wody w naczyniu była tak duża, że wpłynięcie jej części do cylindra praktycznie nie zmieniło poziomu wody w naczyniu.
Oblicz, do jakiej temperatury ogrzano powietrze wewnątrz rurki. Pomijamy efekty związane z napięciem powierzchniowym oraz zakładamy, że ciśnienie hydrostatyczne słupa wody w cylindrze ma niewielki wpływ na obliczaną temperaturę powietrza.

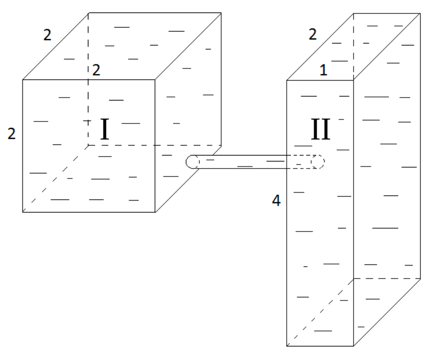


Zadanie 77.3.

Wykaż, wykonując odpowiednie obliczenia, że ciśnienie hydrostatyczne słupa wody o wysokości 2 cm ma niewielki wpływ na wynik poprzedniego zadania. Skomentuj otrzymany wynik.

Zadanie 78.

Do naczynia I w kształcie prostopadłościanu, wlewano do pełna wodę, która przepłynęła przez cienką rurkę do naczynia II w kształcie prostopadłościanu (patrz rysunek). Liczby obok boków naczyń oznaczają ich długość i są podane w decymetrach. Oba naczynia są otwarte.

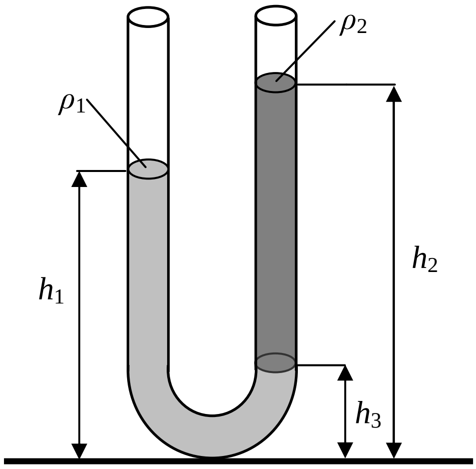


Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Poziom wody w obu naczyniach w czasie jej nalewania powyżej rurki ustalał się na tym samym poziomie, ponieważ objętości obu naczyń były takie same.		
2.	Poziom wody w obu naczyniach był taki sam, ponieważ końce rurki łączącej naczynia były na tej samej wysokości.		
3.	W tej sytuacji ciśnienie w cieczy przy dnie naczynia II było 2 razy większe niż w naczyniu I.		

Zadanie 79.
Gęstość cieczy można wyznaczać, korzystając z naczyń połączonych. Do naczynia w kształcie litery U nalewamy 2 różne niemieszające się ze sobą ciecze (patrz rysunek). Jeżeli gęstości cieczy są różne, to poziomy swobodne w obu rurkach znajdują się na różnych wysokościach. Gęstość cieczy ρ_2 w prawej rurce możemy wyznaczyć, korzystając ze wzoru:

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_3}.$$



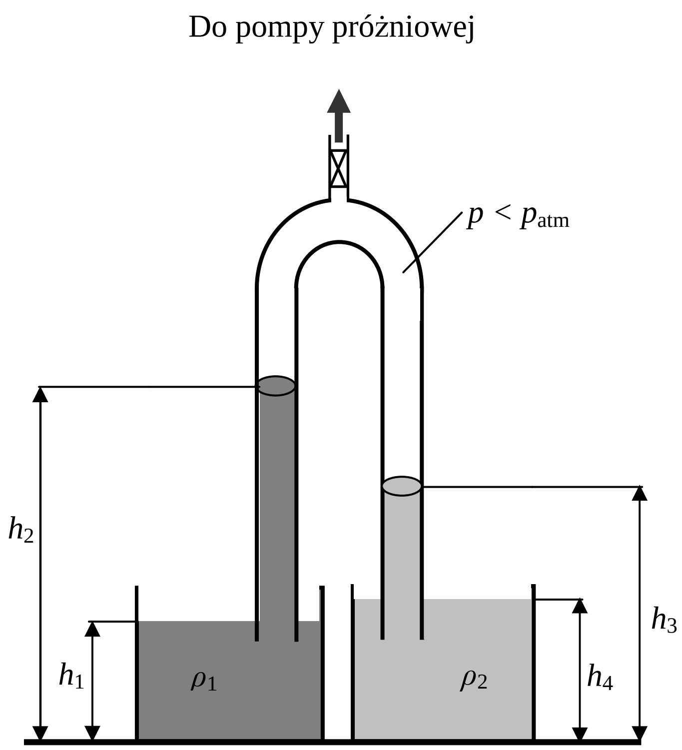
Zadanie 79.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Analiza rysunku i wzoru pozwala ustalić, że gęstości obu cieczy spełniają związek $\rho_1 > \rho_2$.		
2.	Opisana metoda pozwala wyznaczać gęstość cieczy tylko przy jednakowych średnicach obu pionowych rurek.		
3.	Jeżeli umieścimy naczynie w windzie poruszającej się ruchem przyspieszonym w górę, to nie można wyznaczyć gęstości cieczy.		

Zadanie 79.2.

Wyprowadź wzór $\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_3}$.

Zadanie 79.3.
Gdy ciecze mieszają się ze sobą, należy użyć tzw. rurki Harrego. Są to 2 naczynia połączone ze sobą w górnej części, ich dolne końce zanurzone są w naczyniach z dwiema cieczami. W górnej części znajduje się zawór, przez który odpompowuje się trochę powietrza (patrz rysunek).

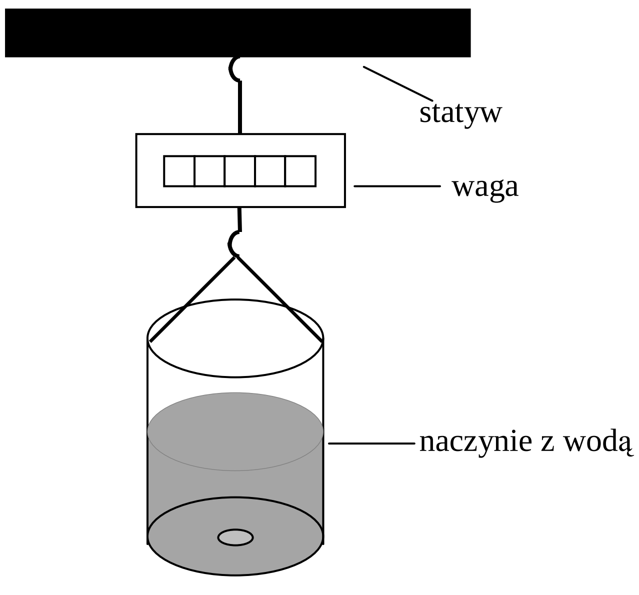


Zapisz warunek równowagi cieczy w rurce Harrego, używając <u>wszystkich oznaczeń i symboli</u> przedstawionych na rysunku.

…………………………………… = p_{atm} = ……………………………………

Zadanie 80.

Na statywie zawieszono wagę o dokładności 0,01 kg i podwieszono do niej plastikowe naczynie w kształcie walca. Dno naczynia było cały czas ustawione poziomo, a jego pole powierzchni wynosiło 100 cm^2. W dnie znajdował się kołowy otwór o polu powierzchni równym 4 cm^2 zaklejony kawałkiem plastiku, którego masę można pominąć. Wagę wytarowano, gdy wiszące na niej naczynie było puste. Następnie do naczynia wlano wodę o masie 1 kg (patrz rysunek) i tyle też wskazywała waga. W pewnym momencie przyklejony fragment plastiku odpadł i woda zaczęła wylewać się przez otwór w dnie.

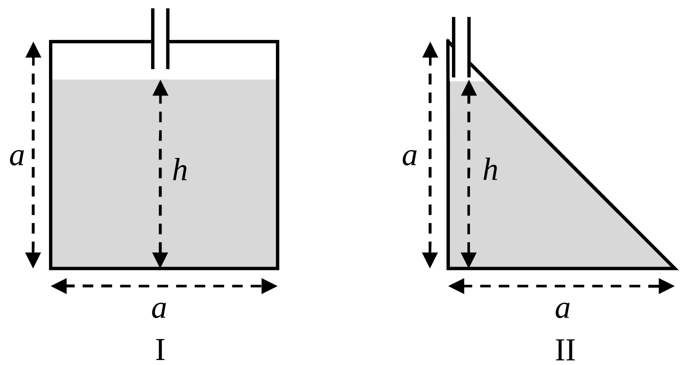


Zadanie 80.1.
Oblicz wskazanie wagi tuż po odpadnięciu plastikowego fragmentu, gdy woda jeszcze się nie wylewała.

Zadanie 80.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Prędkość wypływu wody z naczynia w miarę upływu czasu

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	rosła,	ponieważ	A	ciśnienie na dnie naczynia malało.
2.	pozostawała taka sama,		B	pole powierzchni otworu w dnie nie zmieniało się.
3.	malała,		C	zwiększała się masa wody, która wypłynęła.

Zadanie 81.
Dwa naczynia wypełniono wodą do tej samej wysokości h. Jedno z nich miało kształt sześcianu o długości krawędzi a, natomiast drugie miało kształt połowy tego sześcianu. Naczynia te zostały pokazane na rysunku w przekroju poprzecznym (wymiary obu naczyń w kierunku prostopadłym do płaszczyzny rysunku są jednakowe i wynoszą a). Dna obu naczyń były ustawione poziomo.

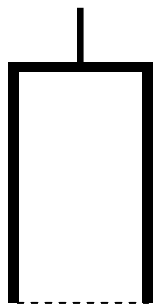


widok z boku

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Wartość siły nacisku wody na dno drugiego naczynia była

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	mniejsza niż	wartość siły nacisku wody na dno pierwszego naczynia, ponieważ	A	ciężar wody w drugim naczyniu był mniejszy niż w pierwszym naczyniu.
2.	taka sama jak		B	ciśnienie hydrostatyczne na dnie każdego z naczyń było takie samo.
3.	większa niż		C	pole powierzchni ściany bocznej drugiego naczynia było większe niż pierwszego.

Zadanie 82.
Stalowy dzwon (keson) o masie 10,2 t w kształcie walca jest opuszczany w kierunku dna głębokiego zbiornika wodnego. Wysokość walca wynosi 2,5 m, a jego średnica zewnętrzna 1,5 m. Ścianki tego walca mają grubość 10 cm. Gęstość wody w całym zbiorniku jest stała i wynosi $1000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, gęstość stali



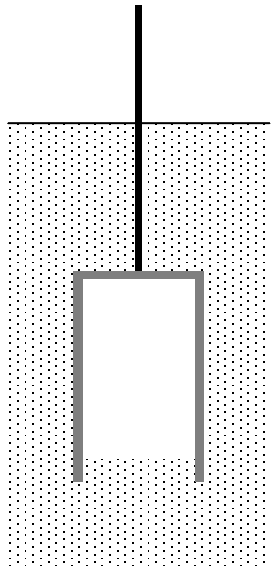
wynosi $7800\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Ciśnienie powietrza przy powierzchni zbiornika wynosi 1000 hPa, a jego temperatura 20°C. Temperatura wody w zbiorniku na głębokości 300 m wynosi 4°C. Można założyć, że powietrze wewnątrz dzwonu zachowuje się jak gaz doskonały.

Zadanie 82.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Podczas opuszczania dzwonu rośnie ciśnienie powietrza w jego wnętrzu.		
2.	Siła wyporu działająca na całkowicie zanurzony dzwon rośnie wraz z głębokością.		
3.	Istnieje pewna graniczna grubość ścianek, przy zachowaniu wymiarów zewnętrznych dzwonu, przy których jego zanurzenie bez obciążenia nie byłoby możliwe.		

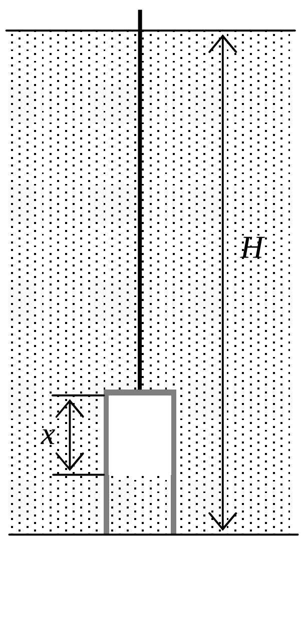
Zadanie 82.2.
Dzwon opuszczany jest na linie bardzo powoli, ruchem jednostajnym w kierunku dna zbiornika.

- **Na schematycznym rysunku narysuj i oznacz wektory sił działających na dzwon. Zachowaj proporcje między długościami wektorów tych sił.**
- **Podaj nazwy tych sił.**
- **Zapisz wartość siły wypadkowej.**



Zadanie 82.3.
Naszkicuj na wykresie zależność ciśnienia wewnątrz dzwonu od głębokości jego zanurzenia od chwili zanurzenia do osiągnięcia dna. Pomiń wpływ temperatury wody na zmianę jej gęstości.

Zadanie 82.4.
Można założyć, że wysokość dzwonu jest mała w stosunku do głębokości, na jaką został on zanurzony. Schematyczny rysunek tej sytuacji nie zachowuje skali.
Oblicz wysokość słupa powietrza wewnątrz dzwonu na głębokości 300 m pod powierzchnią zbiornika.



Zadanie 83.
W zbiorniku o objętości 0,5 m^3 znajduje się azot pod ciśnieniem $2{,}5\cdot10^5$ Pa. Drugi zbiornik o objętości 0,2 m^3 zawiera dwutlenek węgla pod ciśnieniem $4\cdot10^5$ Pa. Oba zbiorniki połączono szerokim wężem i otwarto powoli zawór, pozwalając na wymieszanie się gazów. Można przyjąć, że przez cały czas temperatura gazów pozostawała stała i była równa 20°C, oraz że gazy nie reagują ze sobą. Przyjmij, że gazy zachowują się jak gazy doskonałe.

Zadanie 83.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Wymieszanie się cząsteczek obu gazów w obu zbiornikach, po otwarciu zaworu, zachodziło dzięki
A. zderzeniom niesprężystym. B. dyfuzji i konwekcji. C. tylko konwekcji. D. tylko dyfuzji.

Zadanie 83.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Szybkość mieszania się obu gazów w zbiornikach w wyższej temperaturze będzie

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	większa,	ponieważ	A	średnie energie kinetyczne cząsteczek obu gazów będą większe.
2.	mniejsza,		B	wzrosną ciśnienia obu gazów, co utrudni ich mieszanie się.
3.	taka sama,		C	średnie prędkości cząsteczek obu gazów nadal będą jednakowe.

Zadanie 83.3.
Wykaż, że łączną liczbę moli gazu po ich wymieszaniu się w obu zbiornikach można wyrazić wzorem $n = \dfrac{p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2}{R \cdot T}$. Przez p i V oznaczono ciśnienia i objętości w obu zbiornikach.

Zadanie 83.4.
Oblicz w megapaskalach końcowe ciśnienie po wymieszaniu się gazów w obu zbiornikach.

Zadanie 84.
Podczas analizy przemian gazowych zamiast ciepła właściwego gazu, wyrażonego w $\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}$, posługujemy w obliczeniach pojęciem ciepła molowego gazu, które wyrażamy w $\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}$. Ciepło molowe gazu przy stałym ciśnieniu oznaczamy przez Cp, a ciepło molowe gazu przy stałej objętości przez C_V.

Zadanie 84.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
O molowym cieple gazu przy stałym ciśnieniu (Cp) i molowym cieple gazu przy stałej objętości (C_V) możemy powiedzieć, że dla tego samego gazu Cp > C_V
A. tylko dla gazu doskonałego.
B. tylko dla jednoatomowych gazów rzeczywistych.
C. tylko dla wieloatomowych gazów rzeczywistych.
D. dla gazu doskonałego oraz wszystkich gazów rzeczywistych.

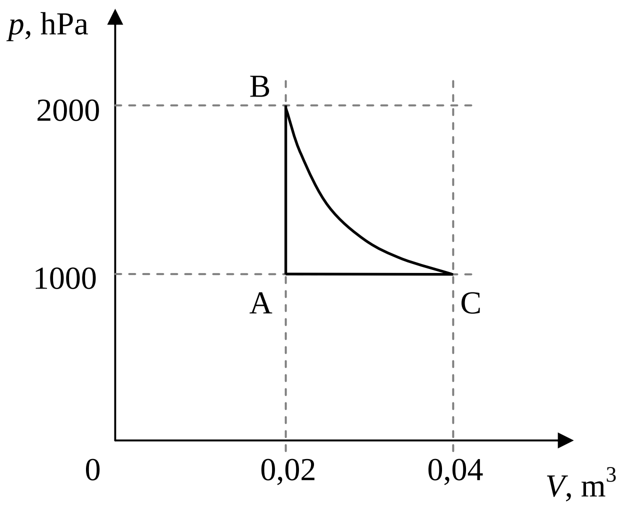
Zadanie 84.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Ciepło molowe gazów jednoatomowych zależy od masy atomowej tych gazów.		
2.	Gazy wieloatomowe mają zawsze większe ciepło molowe niż gazy jednoatomowe.		
3.	Ciepło molowe gazu rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia gazu podczas przemiany.		

Zadanie 84.3.
Zaznacz właściwe stwierdzenie i jego poprawne uzasadnienie.
Molowe ciepło gazu przy stałej objętości (C_V) w porównaniu z molowym ciepłem gazu przy stałym ciśnieniu (C_p) jest dla danego gazu zawsze

Stwierdzenie		ponieważ podczas ogrzewania gazu przy stałej objętości temperatura gazu rośnie i gaz	Uzasadnienie	
1.	większe,		A	wykonuje dodatkowo pracę.
2.	mniejsze,		B	nie wykonuje dodatkowej pracy.

Zadanie 85.
W silniku cieplnym 1 mol gazu jednoatomowego poddawany jest kolejno przemianom A–B–C–A (patrz wykres). Praca wykonana przez gaz w przemianie izotermicznej B–C jest równa 2773 J, a ciepło molowe przy stałej objętości dla tego gazu $C_V = \frac{3}{2}R$.



Zadanie 85.1.
Oblicz pracę wykonaną przez silnik w jednym cyklu.

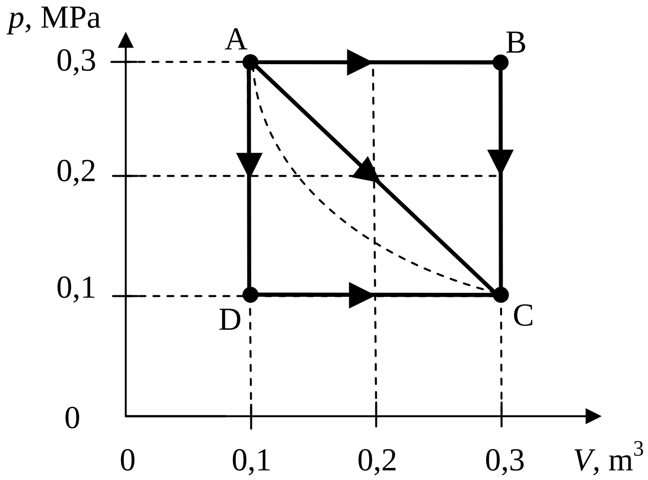
Zadanie 85.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	W przemianie A–B temperatura gazu w stopniach Celsjusza wzrosła 2-krotnie.		
2.	W przemianie B–C gaz nie pobiera ciepła.		
3.	W przemianie C–A energia wewnętrzna gazu zmalała.		

Zadanie 85.3.
Sprawność silnika pracującego w opisanym cyklu wynosi ok. 13,4%.
Oblicz, ile ciepła pobiera ten silnik w jednym cyklu, jeżeli w jednym cyklu silnik oddaje do chłodnicy 5000 J.

Zadanie 86.

Stałą masę dwutlenku węgla, który możemy traktować jak gaz doskonały, zamknięto w cylindrze ruchomym tłokiem, który mógł przesuwać się bez tarcia. Gaz poddawano przemianom ABC, ADC i AC (patrz wykres). Temperatura gazu w stanie A była równa 20°C.



Zadanie 86.1.
Oblicz masę gazu poddawanego przemianom.

Zadanie 86.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie i jego poprawne uzasadnienie.

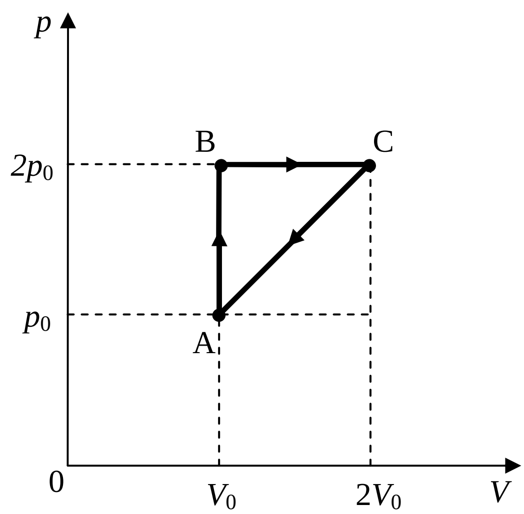
Gdyby gaz poddano izotermicznemu rozprężaniu (linia przerywana), to wykonana przez gaz praca w porównaniu z pracą W_{AC} (w przemianie AC) byłaby

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejsza,	ponieważ podczas tej przemiany	A	gaz oddaje ciepło do otoczenia.
2.	taka sama,		B	gaz pobiera ciepło z otoczenia.
3.	większa,		C	gaz nie pobiera i nie oddaje ciepła.

Zadanie 86.3.
Oszacuj pracę wykonaną przez gaz podczas przemiany izotermicznej (linia przerywana).

Zadanie 87.

Na wykresie przedstawiono zamknięty cykl przemian, któremu poddano stałą ilość gazu doskonałego złożonego z jednakowych cząsteczek.

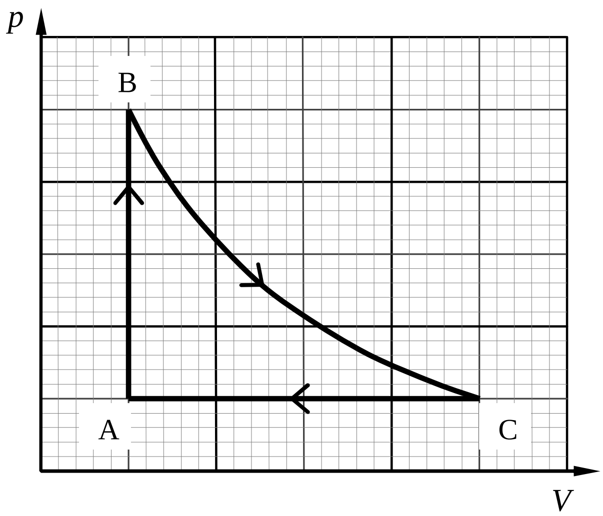


Zadanie 87.1.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Analizując wykres bez obliczania wartości ciepła pobranego przez gaz w jednym cyklu, można stwierdzić, że ciepło to na pewno nie mogło być

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	równe $\frac{1}{2}p_0 \cdot V_0$,	ponieważ byłoby to sprzeczne z	A	I zasadą termodynamiki.
2.	większe niż $\frac{1}{2}p_0 \cdot V_0$,		B	II zasadą termodynamiki.

Zadanie 87.2.
Wykaż, że sprawność przedstawionego cyklu wynosi $\frac{\boldsymbol{R}}{2\boldsymbol{C}_V + 4\boldsymbol{C}_p}$**,** gdzie $\boldsymbol{C}_V$ – ciepło molowe w przemianie izochorycznej, $\boldsymbol{C}_p$ – ciepło molowe w przemianie izobarycznej, R – uniwersalna stała gazowa.

Zadanie 88.
Na wykresie obok przedstawiono cykl przemian termodynamicznych dwóch moli jednoatomowego gazu, który można uznać za doskonały. Temperatura gazu w punkcie A wynosi 300 K, a ciśnienie 200 kPa. Ciśnienie gazu w punkcie B jest 5 razy większe niż w punkcie A, objętość gazu w punkcie C jest 5 razy większa niż objętość w punkcie A. Temperatura gazu na całym odcinku BC jest taka sama. Ciepło molowe gazu przy stałej objętości $\frac{3}{2}R$.

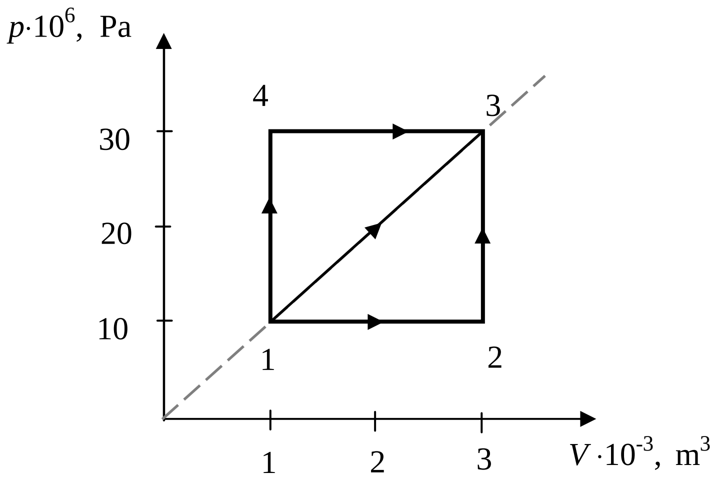


Zadanie 88.1.
Zapisz, w których przemianach gaz pobiera ciepło z otoczenia, a w których oddaje ciepło do otoczenia.

Zadanie 88.2.
Oblicz ciepło wymienione przez gaz podczas przemiany A → B.

Zadanie 88.3.
Oszacuj sprawność cyklu przemian przedstawionego na rysunku.

Zadanie 89.
Jednoatomowy gaz doskonały został przeprowadzony ze stanu (1), w którym temperatura wynosiła 280 K, do stanu (3) na trzy różne sposoby, co zostało zilustrowane w układzie $p(V)$.



Zadanie 89.1.
Wykonując niezbędne obliczenia, wykaż, że temperatury gazu w stanach (2) i (4) są takie same.

Zadanie 89.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Przy przejściu gazu doskonałego ze stanu (1) do stanu (3) zmiana energii wewnętrznej była

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	Największa dla ciągu przemian $1 \to 4 \to 3$,	ponieważ zmiana energii wewnętrznej zależy	A	jedynie od stanu początkowego i końcowego.
2.	Najmniejsza dla ciągu przemian $1 \to 2 \to 3$,		B	od sposobu przejścia pomiędzy stanami początkowym i końcowym.
3.	taka sama dla każdego sposobu przejścia od (1) do (3),			

Zadanie 89.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Przechodząc ze stanu (1) do stanu (3) poprzez stan (2), gaz pobierał ciepło przy przejściu $1 \to 2$ i wykonywał pracę przy przejściu $2 \to 3$.		
2.	Na wykresie przejście $1 \to 3$ odpowiada przemianie izotermicznej, natomiast przejście $1 \to 4$ to rozprężanie izochoryczne.		
3.	Zależność pomiędzy pracami wykonanymi przez gaz przy przejściu ze stanu (1) do stanu (3) jest następująca: $W_{1\to2\to3} < W_{1\to3} < W_{1\to4\to3}$.		

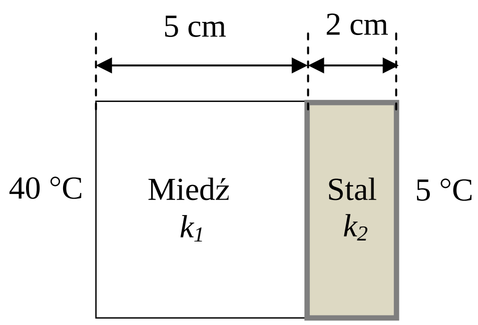
Zadanie 90.
Przewodzenie energii związane z różnicą temperatur pomiędzy sąsiadującymi ciałami nazywamy przewodnictwem cieplnym. Doświadczalnie wykazano, że ilość ciepła przepływająca prostopadle do powierzchni w czasie tzw. szybkość przepływu ciepła, jest wprost proporcjonalna do pola powierzchni i przy stałej różnicy temperatur jest proporcjonalna do czynnika $\frac{\Delta T}{\Delta x}$, gdzie ΔT to różnica temperatur, natomiast Δx oznacza szerokość przewodzącej warstwy. Prawo to można zapisać w postaci: $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$.

Współczynnik *k*, który jest współczynnikiem proporcjonalności, nosi nazwę przewodności cieplnej. Ciała o bardzo małym *k*, są izolatorami cieplnymi natomiast im większe jest *k* tym mamy lepszy przewodnik cieplny, oczywiście w granicach stosowania.
W tabeli podano wartości współczynnika k dla wybranych substancji.

Substancja	$\boldsymbol{k}$ $\left(\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s\cdot K\cdot m}}\right)$
drewno	0,110
stal	41,00
miedź	46,00
powietrze	0,024
korek	0,170
słoma	0,080
mata z włókna szklanego	0,045

Źródło: http://www.pg.gda.pl/~krogu/Wspolczynniki_przewodzenia_ciepla.pdf [dostęp: 23.02.2015].

Zadanie 90.1.
Do celów badawczych wykonano model ścianki złożonej z dwóch ściśle przylegających płyt o polu powierzchni 1 m^2, która w jednej części wykonana została z miedzi, a w drugiej ze stali (patrz rysunek). Grubości warstw wykonanych z miedzi i ze stali wynosiły odpowiednio 5 cm oraz 2 cm. Temperatury zewnętrznych powierzchni ustaliły się na 40°C od strony miedzi i 5°C od strony stali.



Oblicz szybkość przepływu ciepła przez skonstruowaną płytę.

Zadanie 90.2.
W budownictwie coraz częściej pojawia się tendencja do budowy domów ekologicznych w technologii *strawbale*. To ekologiczne domy budowane z gliny, drewna i prasowanych kostek słomy. Najpierw stawia się konstrukcję drewnianą, którą wypełnia się sprasowaną słomą, pokrytą od wewnątrz tynkiem glinianym, a od zewnątrz tynkiem wapiennym. Zimą w takim budynku jest ciepło, a latem przyjemnie chłodno.

Na podstawie: http://sk-architekci.pl/strawbale/technologia/opis [dostęp: 03.03.2015].

Uzasadnij, powołując się na dane zawarte w tabeli, że bale ze słomy są lepszym wypełnieniem ściany niż korek.

Zadanie 91.
Zwykły piasek, to najczęściej kwarc SiO_2. Gęstość suchego piasku to około $1{,}4\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm^3}}$. Gęstość ziarenka piasku (kwarcu) jest inna i można ją wyznaczyć, mając do dyspozycji suchy piasek, wagę, naczynie o znanej objętości V_1 = 150 cm^3 i wodę (gęstość wody $1\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm^3}}$).

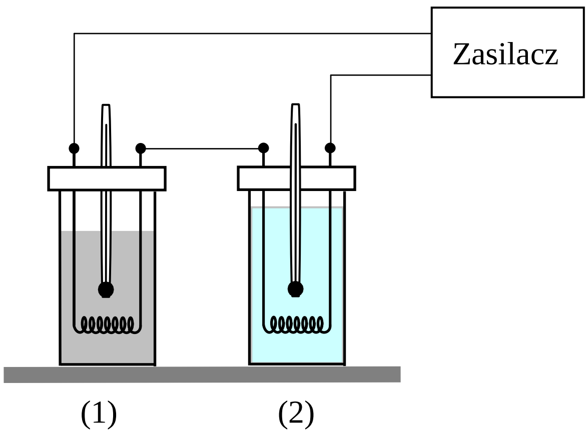
W tabeli zapisano instrukcję przeprowadzenia takich pomiarów oraz ich wyniki.

Instrukcja	Wynik
Zważyć puste naczynie (m_1).	84 g
Nasypać piasek do naczynia do pełna.	---------------------
Zważyć naczynie z piaskiem (m_2).	327 g
Obliczyć masę piasku (m_p).	
Wlać wodę do naczynia z piaskiem do pełna.	---------------------
Zważyć naczynie z piaskiem i wodą (m_3).	372 g
Obliczyć masę wody (m_w).	
Obliczyć objętość wlanej wody (V_2).	
Obliczyć gęstość ziarenka piasku (kwarcu).	

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Gęstość ziarenka piasku (kwarcu) wyznaczymy, korzystając ze wzoru

Wzór			Wynik	
1.	$\rho = \frac{m_p}{V_1}$	i po wykonaniu obliczeń otrzymamy wynik	A	$5{,}40\ \frac{g}{cm^3}$
2.	$\rho = \frac{m_p}{V_2}$		B	$2{,}31\ \frac{g}{cm^3}$
3.	$\rho = \frac{m_p}{V_1 - V_2}$		C	$1{,}62\ \frac{g}{cm^3}$
4.	$\rho = \frac{m_p}{V_1 + V_2}$		D	$1{,}25\ \frac{g}{cm^3}$

Zadanie 92.
Uczniowie postanowili w pracowni fizycznej wyznaczyć doświadczalnie ciepło właściwe oleju. W tym celu zbudowali układ pomiarowy, przedstawiony na rysunku poniżej.



Do dwóch jednakowych kalorymetrów oznaczonych (1) i (2), wyposażonych w identyczne grzałki, nalali: do jednego wody, a do drugiego badanego oleju. Początkowe temperatury obu cieczy były jednakowe.
Wybór wody, jako cieczy odniesienia był podyktowany tym, że woda ma największe i dokładnie wyznaczone ciepło właściwe spośród wszystkich cieczy.

Następnie grzałki połączone jak na rysunku podłączyli do źródła prądu stałego, powodując ich działanie przez pewien czas. Pomiary temperatury wody (t_w) i oleju (t_o) po ogrzaniu wykonywali identycznymi termometrami.
Jeżeli znane są masy oraz przyrosty temperatur wody i oleju, można wyznaczyć ciepło właściwe oleju korzystając ze wzoru

$$c_o = \frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot \Delta t_w - m_k \cdot c_k \cdot \Delta t_o}{m_o \cdot \Delta t_2}, \ (*)$$

gdzie: $m_k \cdot c_k$ określa pojemność cieplną kalorymetru, c_w oznacza ciepło właściwe wody, a Δt to przyrosty temperatur.

Zadanie 92.1.
Wyraź jednostkę pojemności cieplnej w podstawowych jednostkach układu SI oraz zapisz definicję pojemności cieplnej.

Zadanie 92.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Grzałki w kalorymetrach mogą być zasilane

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><th rowspan="4">ponieważ istotne jest, aby</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>tylko ze źródła prądu stałego,</td><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">obie grzałki dostarczyły jednakowe ilości ciepła do obu cieczy w tym samym czasie.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>tylko ze źródła prądu przemiennego,</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>z dowolnego źródła prądu,</td><td>B</td><td>obie grzałki pracowały przez cały czas doświadczenia ze stałą mocą.</td></tr>
</table>

Zadanie 92.3.
Wyprowadź wzór (*).

Zadanie 92.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

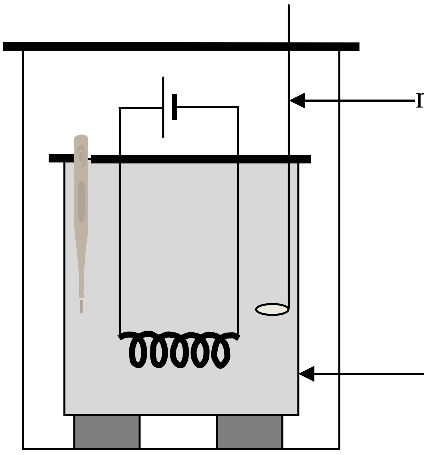
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Podczas pracy grzałek w tym samym czasie obie ciecze w kalorymetrach niezależnie od ich mas pobiorą jednakowe ilości ciepła.		
2.	Oba kalorymetry, zawierające jednakowe masy wody i oleju, podczas pracy grzałek w tym samym czasie pobierają jednakowe ilości ciepła.		
3.	Gdyby obie grzałki połączono równolegle zamiast szeregowo, to wartość wyznaczonego ciepła właściwego oleju byłaby taka sama jak poprzednio.		

Zadanie 92.5.
Gdy masy kalorymetrów są małe w porównaniu z masami obu cieczy, to można pominąć masy kalorymetrów i wyznaczyć ciepło właściwe oleju ze wzoru: $c_o = \frac{m_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w}{m_o \cdot \Delta t_o}$ (**).
Wykaż, że niepewność wyznaczenia różnicy temperatur cieczy (Δt_w lub Δt_o) jest równa podwojonej niepewności wyznaczenia temperatury dla tej cieczy.

Zadanie 92.6.
Gdy masy kalorymetrów są małe w porównaniu z masami obu cieczy, to można pominąć masy kalorymetrów i wyznaczyć ciepło właściwe oleju ze wzoru: $c_o = \frac{m_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w}{m_o \cdot \Delta t_o}$ (**).

Gdy wlejemy do obu kalorymetrów jednakowe masy wody i oleju, wzór (**) przyjmuje postać uproszczoną (masa w liczniku dzieli się przez identyczną masę w mianowniku), ułatwia to obliczenie ciepła właściwego oleju.
Napisz, czy oznacza to, że masy cieczy w takiej sytuacji nie mają wpływu na niepewność wyznaczenia ciepła właściwego oleju. Odpowiedź uzasadnij.

Zadanie 93.
Celem doświadczenia jest wyznaczenie ciepła właściwego wody. Do dyspozycji jest kalorymetr z dopasowaną do niego spiralą grzejną, zasilacz, termometr, stoper i ciecz wzorcowa – gliceryna o znanym cieple właściwym. Do kalorymetru nalano gliceryny, zamknięto obwód spirali grzejnej, którą wyłączono po czasie . Za pomocą mieszadła mieszano glicerynę podczas ogrzewania i po ustaleniu się temperatury została ona zmierzona z dokładnością do . Czynności te powtórzono, ogrzewając glicerynę w kalorymetrze przez czas 2, 3, 4 i 5 razy dłuższy. Następnie powtórzono tę procedurę dla wody. Początkowa temperatura obu cieczy w każdym pomiarze wynosiła , za każdym razem ogrzewano taką samą masę cieczy, a przez spiralę płynął prąd o jednakowym natężeniu. W tabeli poniżej zamieszczono wyniki pomiarów.



Czas pracy spirali					
Temperatura gliceryny	20,9	21,8	22,7	23,4	24,4
Temperatura wody	20,5	21,0	21,5	22,0	22,6

Zadanie 93.1.
W podanym poniżej układzie współrzędnych sporządź wykres dla wody.

Zadanie 93.2.
Ciepło właściwe gliceryny jest równe $c_g = 2400\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\cdot ^\circ C}}$.
Oblicz ciepło właściwe wody.

Zadanie 93.3.
Tablicowa wartość ciepła właściwego wody wynosi $c_w = 4200\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\cdot ^\circ C}}$, a wyznaczona w doświadczeniu $c_{wdoś} = 4500\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\cdot ^\circ C}}$.
Oblicz, **o ile procent wyznaczona w doświadczeniu wartość tego ciepła różni się od wartości tablicowej.**

Zadanie 93.4.
Wyznaczone ciepło właściwe wody różni się od wartości tablicowej.
Zapisz dwie przyczyny, które są tego powodem. Zaproponuj modyfikację przyrządu użytego w doświadczeniu, która spowoduje zmniejszenie tej różnicy.

Zadanie 93.5.
Zapisz, czy analizując jedynie dane z tabeli lub wykresu, nie wykonując obliczeń, **możesz ustalić czy ciepło właściwe wody jest większe niż ciepło właściwe gliceryny. Uzasadnij odpowiedź.**

Zadanie 94.
W laboratorium wyznaczano ciepło właściwe gliceryny metodą ostygania. W metodzie tej wykorzystuje się prawo Newtona, według którego szybkość stygnięcia cieczy $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ jest proporcjonalna do różnicy temperatur pomiędzy temperaturą cieczy i otoczenia. Szybkość ostygania zależy zarówno od własności ciała stygnącego, jak i ośrodka. Ciało stygnie tym wolniej, im jego temperatura jest bliższa temperaturze otoczenia. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że ciała o mniejszym cieple właściwym stygną szybciej niż te, których ciepło właściwe jest większe (przy tej samej objętości ciał). Do obliczenia ciepła właściwego cieczy *A* musimy w doświadczeniu używać wzorcowej cieczy *B*, której ciepło właściwe jest znane. Następnie zastosować zależność $c_A = \frac{m_B \cdot c_B \cdot t_A}{m_A \cdot t_B}$, gdzie m_A, m_B to masy tej samej objętości cieczy *A* i *B*, t_A, t_B – czasy stygnięcia cieczy *A* i *B* od temperatury początkowej T_1 do końcowej T_2, a c_A i c_B ciepła właściwe cieczy.

Zadania 94.1.
Poniżej zapisano w przypadkowej kolejności czynności, jakie należy wykonać podczas pomiarów. Czynności oznaczono literami A–E.

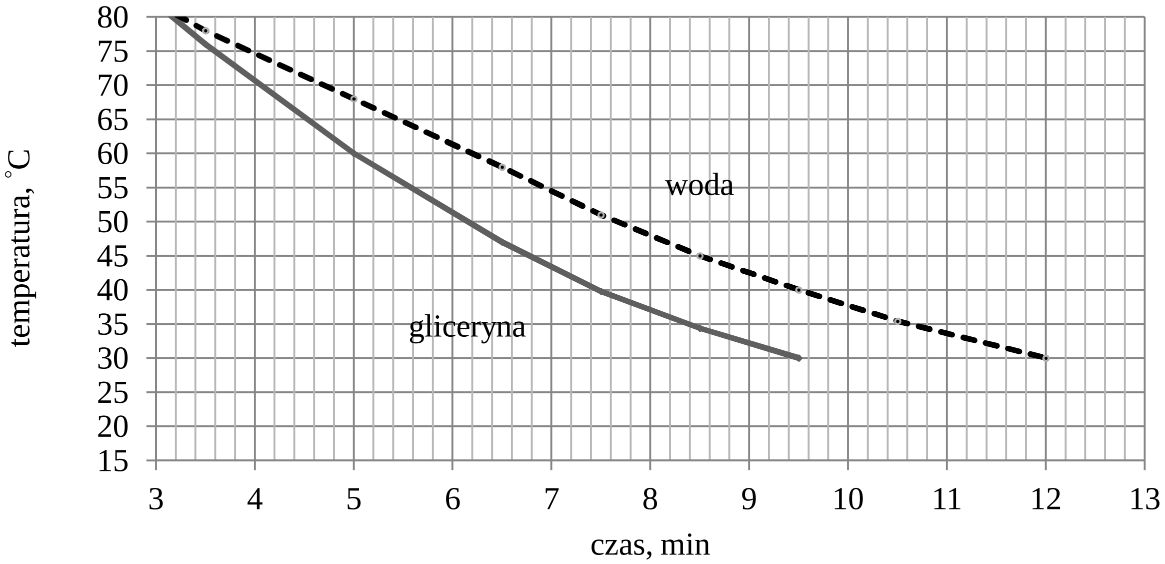
A. Notować co 0,5 minuty temperaturę, przez ok. 15 minut.
B. Wlać do kalorymetru z mieszadełkiem 15 cm^3 podgrzanej do 80°C wody. Nałożyć przykrywkę. Włożyć do kalorymetru termometr.
C. Zważyć naczynko kalorymetryczne z mieszadełkiem.
D. Pomiary wykonać dla gliceryny.
E. Zważyć naczynko z wodą i mieszadełkiem, wyznaczyć masę wody.

Uzupełnij poniższą tabelę wpisując w wiersze litery odpowiadające czynnościom w poprawnej kolejności tak, aby pomiar był właściwie wykonany. Jeden wiersz tabeli został uzupełniony.

Czynność 1.	
Czynność 2.	
Czynność 3.	
Czynność 4.	E
Czynność 5.	

Zadanie 94.2.

W celu wyznaczenia ciepła właściwego gliceryny odmierzono 15 cm^3 gliceryny i tyle samo wody. Gęstość wody wynosi $1\frac{g}{cm^3}$ natomiast gliceryny $1{,}3\frac{g}{cm^3}$. Ciepło właściwe wody wynosi $4190\frac{J}{kg \cdot K}$. Ciecze podgrzano do temperatury 80°C. Pomiary rozpoczęto od temperatury początkowej 75°C i ciecze stygły do temperatury 30°C (patrz wykres)



Oblicz ciepło właściwe gliceryny.

Zadanie 94.3.

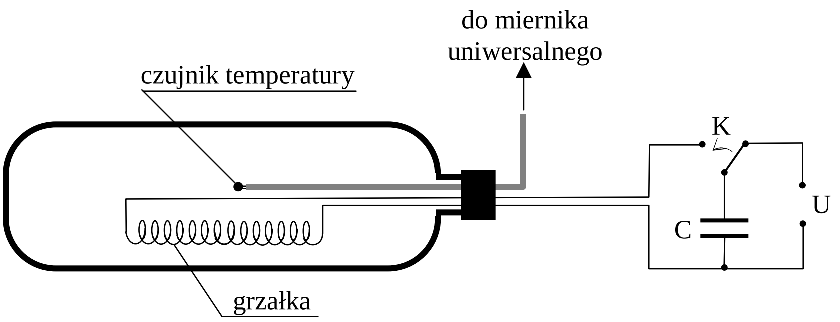
Wykonując pomiary, uczniowie otrzymali średnią wartość ciepła właściwego dla gliceryny $c_g = 2275\frac{J}{kg \cdot K}$. W tablicach fizycznych odczytali wartość ciepła właściwego dla gliceryny równą $c = 2386\frac{J}{kg \cdot K}$.

Oblicz niepewność względną, z jaką udało się im wyznaczyć ciepło właściwe gliceryny w tym doświadczeniu.

Zadanie 94.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Szybkość stygnięcia cieczy zależy od jej masy i ciepła właściwego.		
2.	Jako cieczy wzorcowej możemy używać tylko wody, gdyż jej ciepło właściwe wynosi $4190\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.		
3.	W przypadku tej samej objętości dwóch cieczy, szybciej stygnie ciecz o większym cieple właściwym.		

Zadanie 95.
Uczniowie postanowili wyznaczyć doświadczalnie ciepło właściwe powietrza, poddawanego procesowi ogrzewania przy stałej objętości.
Wykorzystali w tym celu butelkę wykonaną z twardego, sztywnego tworzywa o objętości 1 l, w której umieścili spiralę wykonaną z cienkiego drutu oporowego i elektroniczny czujnik temperatury dołączony do miernika uniwersalnego. Przewody doprowadzające napięcie do grzałki i czujnika przeprowadzili przez korek butelki, uszczelniając je klejem.
Spiralę grzejną znajdującą się w butelce zasilali z kondensatora o pojemności elektrycznej 10 000 μF. Przełącznik (K) umożliwiał ładowanie kondensatora z zasilacza o napięciu 40 V, a następnie zasilanie grzałki podczas jego rozładowania. Układ pomiarowy przedstawia poniższy rysunek.

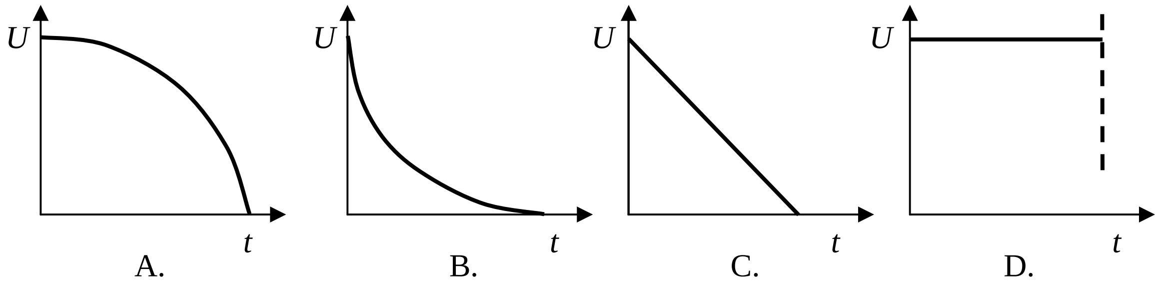


Początkowa temperatura powietrza w butelce wynosiła 20°C, a jego ciśnienie było równe ciśnieniu atmosferycznemu 1000 hPa. Po wykonaniu szeregu pomiarów uczniowie stwierdzili, że maksymalna temperatura powietrza w butelce po jednorazowym rozładowaniu kondensatora wynosiła średnio 25°C. Z tablic odczytali, że gęstość powietrza w tych warunkach jest równa ok. $1{,}2\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}$. Powietrze w butelce potraktowali w obliczeniach jak gaz doskonały oraz przyjęli, że objętość butelki nie uległa zmianie. Założyli również brak strat energii w trakcie ogrzewania powietrza w butelce.

Zadanie 95.1.
Oblicz końcowe ciśnienie powietrza w butelce.

Zadanie 95.2.
Na podstawie danych przedstawionych w treści zadania oszacuj wartość ciepła właściwego powietrza zawartego w butelce.

Zadanie 95.3.
Zaznacz poprawną odpowiedź.
Zależność napięcia pomiędzy okładkami kondensatora w czasie jego rozładowania przez opór grzałki prawidłowo przedstawia szkic wykresu



Zadanie 95.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie.

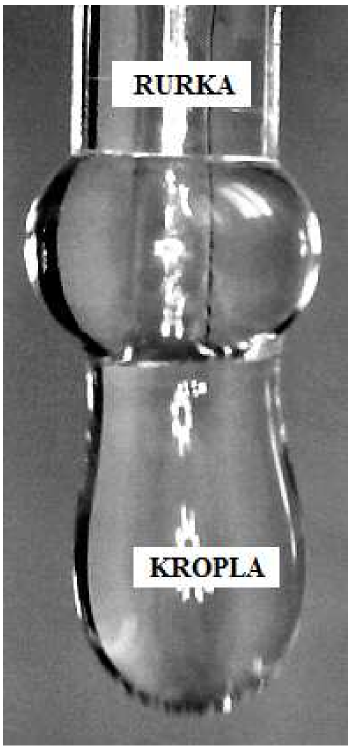
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Zastosowanie grzałki o 2-krotnie większym oporze 2-krotnie zwiększy ilość ciepła dostarczonego do powietrza.		
2.	W celu uzyskania kondensatora o pojemności elektrycznej 10 000 μF można użyć kondensatorów o mniejszych pojemnościach połączonych szeregowo.		
3.	Całkowity ładunek zgromadzony na obu okładkach kondensatora po jego naładowaniu jest równy zeru.		

Zadanie 95.5.
Zapisz trzy przyczyny strat energii cieplnej dostarczonej w wyniku przepływu prądu przez grzałkę do układu pomiarowego.

Zadanie 96.
Niektóre owady wykorzystują istnienie napięcia powierzchniowego wody do poruszania się na jej powierzchni. Można sobie wyobrazić, że na granicy wody i powietrza jest błona napięcia powierzchniowego pozwalająca na poruszanie się owadów bez zanurzania się do wody.
Współczynnik napięcia powierzchniowego można definiować jako stosunek siły dążącej do rozerwania „błony” na powierzchni cieczy do długości brzegu tej powierzchni:

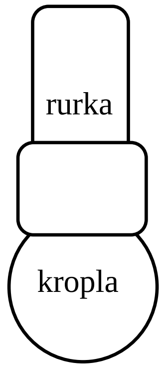
$$\sigma = \frac{F}{l}$$

gdzie: F – wartość siły rozrywającej błonę, l – długość krawędzi.
Grupa uczniów postanowiła wyznaczyć doświadczalnie współczynnik napięcia powierzchniowego wody. W tym celu użyła kroplomierza oraz wagi elektronicznej. Uczniowie wypuszczali z kroplomierza pojedyncze krople, starając się wykonać ich fotografie w momencie odrywania się od rurki kroplomierza (patrz fotografia). Masa 20 kropel wody wynosiła 1,4 g. Średnica zewnętrzna rurki kroplomierza wynosiła 3,6 mm. Pomiaru średnicy dokonali za pomocą suwmiarki o dokładności 0,1 mm.



Zadanie 96.1.
Zaznacz poprawne zakończenie zdania.
Współczynnik napięcia powierzchniowego wody zależy od
A. temperatury.
B. wielkości powierzchni wody.
C. rodzaju naczynia, w którym woda się znajduje.
D. siły zewnętrznej działającej na błonę napięcia powierzchniowego.

Zadanie 96.2.
Na schematycznym rysunku przedstawiono kroplę wypływającą z kroplomierza.
Narysuj wektory sił działających na nieruchomą kroplę. Zachowaj proporcje między tymi siłami.



Zadanie 96.3.
Na podstawie fotografii z doświadczenia można ustalić obwód przewężenia kropli.
Oblicz współczynnik napięcia powierzchniowego wody.

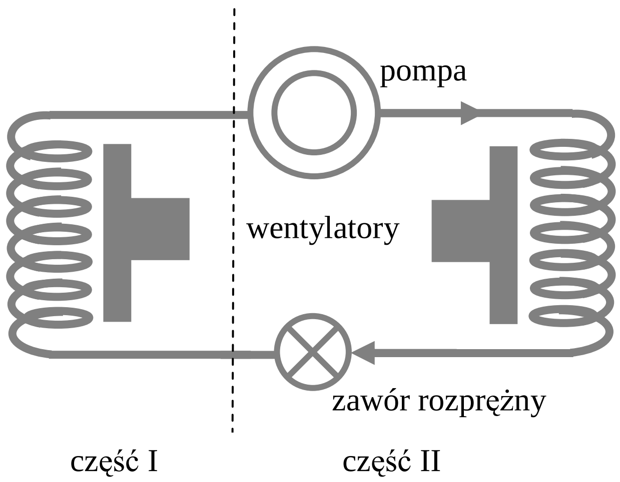
Zadanie 96.4.
Bezwzględną niepewność pomiarową współczynnika napięcia powierzchniowego, wyznaczoną za pomocą metody różniczki zupełnej, oblicza się ze wzoru:

$$|\Delta\sigma| = \sigma\left(\left|\frac{\Delta l}{l}\right| + \left|\frac{\Delta m}{m}\right|\right).$$

Względna niepewność pomiarowa długości krawędzi wynosi $\frac{|\Delta l|}{l} = 6\,\%$.

Oblicz względną niepewność pomiarową pomiaru masy kropli, jeśli względna niepewność pomiarowa wyznaczenia współczynnika napięcia powierzchniowego wynosiła 10%.

Zadanie 97.
W zamkniętym pomieszczeniu zamontowano i uruchomiono urządzenie klimatyzacyjne (pompę ciepła). Pompa ciepła jest maszyną cieplną wymuszającą przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze do obszaru o temperaturze wyższej. Proces ten przebiega wbrew naturalnemu kierunkowi przepływu ciepła i zachodzi dzięki dostarczonej z zewnątrz energii mechanicznej. Urządzenie działa w taki sposób, że elektryczna pompa przepompowuje czynnik roboczy, który ulega naprzemiennemu skraplaniu i parowaniu w wężownicach. Jeśli wymusimy przepływ powietrza przy pomocy wentylatorów wokół wężownic, to powietrze opływające je ulega ochłodzeniu lub ogrzaniu (patrz rysunek).
Ze względu na przyjętą „klimatyzacyjną tradycję" (tak jak motoryzacyjną tradycją jest podawanie wartości mocy silnika samochodu w koniach mechanicznych) często podaje się wartość chłodzenia w niespotykanych gdzie indziej jednostkach BTU/h; gdzie h to godzina. Jednostka energii BTU (*British Thermal Unit*), stosowana w krajach anglosaskich jest ilością ciepła potrzebną do ogrzania 1 funta wody (1 funt = 0,4536 kg) o 1 stopień Fahrenheita ($T_{Fahrenheita} = 32 + 1{,}8\cdot T_{Celsjusza}$).



Zadanie 97.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
W części chłodzącej urządzenia klimatyzacyjnego zachodzi zjawisko
A. skraplania i ciepło jest pobierane z otoczenia.
B. parowania i ciepło jest pobierane z otoczenia.
C. parowania i ciepło jest oddawane do otoczenia.
D. skraplania i ciepło jest oddawane do otoczenia.

Zadanie 97.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Po odpowiednim ustawieniu i wyregulowaniu urządzenie klimatyzacyjne można wykorzystać również do ogrzewania pomieszczeń.		
2.	Długotrwała praca urządzenia klimatyzacyjnego pozwoliłaby uzyskać w końcu w zamkniętym i izolowanym pomieszczeniu temperaturę zera bezwzględnego.		
3.	Doskonały czynnik roboczy (np. gaz doskonały) zastosowany w urządzeniu klimatyzacyjnym spowodowałby, że jego sprawność byłaby największa i nie trzeba by dostarczać energii z zewnątrz.		

Zadanie 97.3.

Ciepło właściwe wody jest równe 4187 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}$.

Wyraź jednostkę wartości chłodzenia $\left(\frac{\mathbf{BTU}}{\mathbf{h}}\right)$ w watach.

Zadanie 97.4.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Jeżeli obie części urządzenia klimatyzacyjnego uruchomimy na dłuższy czas w szczelnie zamkniętym i izolowanym od otoczenia pomieszczeniu, to temperatura powietrza w pomieszczeniu

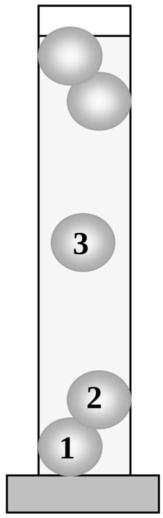
Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	wzrośnie,	ponieważ	A	pompy ciepła mogą pracować ze sprawnością powyżej 100%.
2.	obniży się,		B	sprawność wszystkich urządzeń cieplnych jest zawsze mniejsza od 100%.
3.	nie ulegnie zmianie,		C	ogólny bilans energii wykazuje nadwyżkę, w związku z dostarczaniem energii elektrycznej zapewniającej pracę pompy.

Zadanie 98.

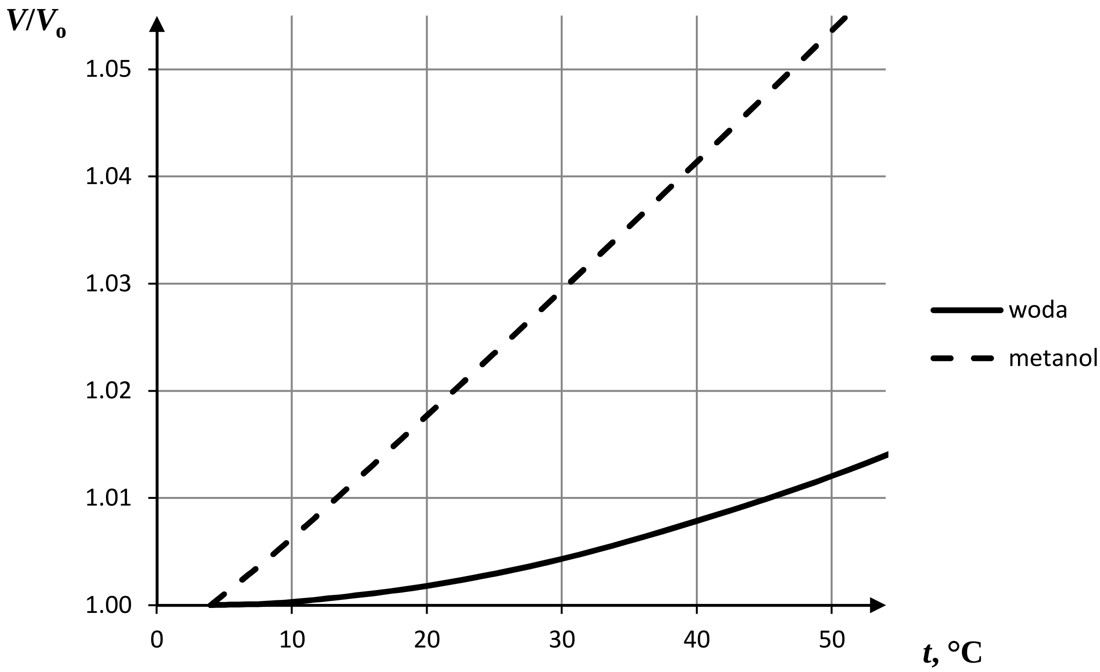
Termometr Galileusza to zamknięty szklany cylinder zawierający przezroczystą ciecz i kilka pływaków, których masa i objętość jest tak dobrana, aby każdy pływak mógł pływać całkowicie zanurzony przy innej temperaturze cieczy. Nazwa termometru pochodzi od Galileusza, który odkrył zasadę, na której opiera się jego działanie. Termometr wykorzystuje zjawisko rozszerzalności termicznej cieczy, które polega na zmianie objętości, a więc i gęstości cieczy wraz z temperaturą. Większość cieczy w zakresie temperatur pokojowych (kilka – kilkadziesiąt stopni Celsjusza) wykazuje spadek gęstości przy wzroście temperatury.

Aktualną temperaturę odczytujemy na pływaku, który swobodnie pływa w cieczy (nie tonie i nie wynurza się).

Na podstawie: http://www.edukator.pl/Termometr-Galileusza,8082.html; http://www.howstuffworks.com/question663.htm [dostęp: 13.10.2014]; K. Mikulski, *Termometr Galileusza w 450. rocznicę urodzin Astronoma*, „Fizyka w szkole”, 2014 nr 4, s. 32.



Na wykresach poniżej przedstawiono zależność względnej objętości $\frac{V}{V_0}$ od temperatury dla 1 g wody i metanolu. Objętość V_0 przyjęto dla temperatury 4 °C.



Na podstawie: http://www.engineeringtoolbox.com/water-density-specific-weight-d_595.html; http://www.chemorganiczna.com/tablice-chemiczne/64-gestosc-metanolu-temp.html [dostęp: 13.10.2014].

Zadanie 98.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Jeżeli pływaki mają taką samą objętość, to mają różne masy.		
2.	Pływak nr 1 ma największą gęstość.		
3.	Termometr Galileusza bardzo szybko reaguje na zmiany temperatury zewnętrznej.		

Zadanie 98.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Z wykresu wynika, że do wykorzystania w termometrze Galileusza lepiej nadaje się

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	woda,	ponieważ przy ogrzaniu o 1°C zmiany objętości tej cieczy są	A	większe.
2.	metanol,		B	mniejsze.

Zadanie 98.3.
Na pływaku nr 3 (patrz rysunek) zapisana jest temperatura 25°C, a wartości temperatur zapisane na sąsiednich pływakach różnią się o 5°C.
Napisz, jaka wartość temperatury powinna być zapisana na pływaku nr 2. Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 98.4.
Gęstość wody w temperaturze 4°C (dokładnie w temperaturze 3,9834°C) wynosi 1000 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.
Oszacuj gęstość wody w temperaturze 45°C, korzystając z zamieszczonego w treści zadania wykresu.

Zadanie 99.
Do wyznaczania parametrów gazu doskonałego stosuje się równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona). Gaz doskonały jest teoretycznym, abstrakcyjnym modelem gazu, w którym zakłada się między innymi, że objętość cząsteczek gazu jest pomijalna w porównaniu z objętością zajmowaną przez gaz, oraz że brak jest oddziaływań międzycząsteczkowych z wyjątkiem odpychania w momencie doskonale sprężystych zderzeń między nimi. Obliczenia wykonywane zgodnie z tym modelem w pewnych warunkach mogą dobrze opisywać rzeczywistość, ale w niektórych warunkach zawodzą. W 1873 r. van der Waals wprowadził równanie będące rozszerzeniem równania Clapeyrona. Równanie van der Waalsa różni się od równania Clapeyrona poprawkami uwzględniającymi objętość cząsteczek gazu oraz ich wzajemne oddziaływania i ma ono następującą postać:

$$\left(p + n^2 \cdot \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - n \cdot b) = n \cdot R \cdot T$$

gdzie: p – ciśnienie, V – objętość, T – temperatura w skali bezwzględnej, n – liczba moli gazu, R – uniwersalna stała gazowa, a, b – stałe charakterystyczne dla danego gazu.
W niektórych warunkach, gdy równanie Clapeyrona zawodzi, równanie van der Waalsa dobrze opisuje stan gazu, ale są też warunki, w których równanie van der Waalsa niezbyt dobrze opisuje rzeczywistą sytuację.

Zadanie 99.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Im mniejszą objętość zajmuje określona liczba moli gazu, tym większe znaczenie mają oddziaływania międzycząsteczkowe.		
2.	Objętość zajmowana przez cząsteczki gazu jest tym istotniejsza, im więcej moli gazu znajduje się w jednostce objętości.		
3.	Im mniejszą objętość zajmuje określona liczba moli gazu, tym istotniejsza jest objętość zajmowana przez cząsteczki gazu.		

Zadanie 99.2.
Wyraź stałą *a* z równania van der Waalsa w jednostkach podstawowych układu SI.

Zadanie 99.3.
W zbiorniku o objętości 22,4 dm^3 znajduje się 1 mol dwutlenku węgla, a jego ciśnienie wynosi 1013,25 hPa. Przyjmujemy, że stałe występujące w równaniu van der Waalsa dla dwutlenku węgla wynoszą odpowiednio: $a = 0{,}365\,\frac{\mathrm{Pa\cdot m^6}}{\mathrm{mol^2}}$ oraz $b = 0{,}0000428\,\frac{\mathrm{m^3}}{\mathrm{mol}}$.

Oblicz (w kelwinach z dokładnością do jednego miejsca po przecinku) temperaturę dwutlenku węgla, korzystając z równania van der Waalsa i równania stanu gazu doskonałego. Oszacuj błąd względny temperatury obliczonej z równania stanu gazu doskonałego w stosunku do temperatury obliczonej z równania van der Waalsa.

Zadanie 100.
Woda jest jedną z najbardziej niesamowitych substancji. W przypadku większości cieczy mamy do czynienia ze wzrostem ich gęstości w miarę schładzania, natomiast woda osiąga maksymalną gęstość w temperaturze 4°C. Później jej gęstość maleje. Jedną z niewytłumaczalnych do tej pory własności wody jest efekt Mpemby. Mpemba zauważył, że ciepła mieszanina wody i mleka zamarzła szybciej niż zimna. Doświadczalnie wykazano, że woda o temperaturze 25°C zaczyna zamarzać po najdłuższym czasie. Ta sama masa wody o temperaturze 60°C zamarza znacznie szybciej, natomiast czas zamarzania wody o temperaturze 90°C jest dwukrotnie mniejszy w porównaniu z wodą o temperaturze 60°C. Pojawiło się wiele teorii próbujących wyjaśnić ten efekt. Po pierwsze, ciecz mająca wyższą temperaturę po wstawieniu do zamrażalnika paruje intensywniej, w wyniku czego jest jej mniej i szybciej ulega zamarzaniu niż ciecz zimna. Po drugie, uwzględniono konwekcję, silniejsze prądy konwekcyjne występują w wodzie gorącej. Trzecia teoria uwzględnia izolacyjne własności warstwy szronu powstającego na dnie naczyń z gorącą wodą po wstawieniu ich do zamrażarki. Jednak żadna z tych teorii nie wyjaśnia zjawiska. Jedna z ostatnich teorii, która nadal jest w fazie badań, związana jest z wiązaniami powstającymi pomiędzy atomami i molekułami wody.

Na podstawie: http://wyborcza.pl/1,75400,14932448,Dlaczego_goraca_woda_zamarza_szybciej_.html #ixzz3IJj1EUEq [dostęp: 08.11.2014].

Zadanie 100.1.
Zapisz dwie wymienione w tekście anomalne własności wody.

Zadanie 100.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Góra lodowa ma gęstość większą od gęstości wody, dlatego może utrzymywać się na jej powierzchni.		
2.	Akweny i zbiorniki wodne zamarzają od ich powierzchni do dna, dlatego ryby mogą przeżyć mroźne zimy.		
3.	Po wstawieniu do zamrażarki 0,2 l wody o temperaturze 72°C okazuje się, że zamarza ona szybciej niż 0,2 l wody o temperaturze 95°C.		

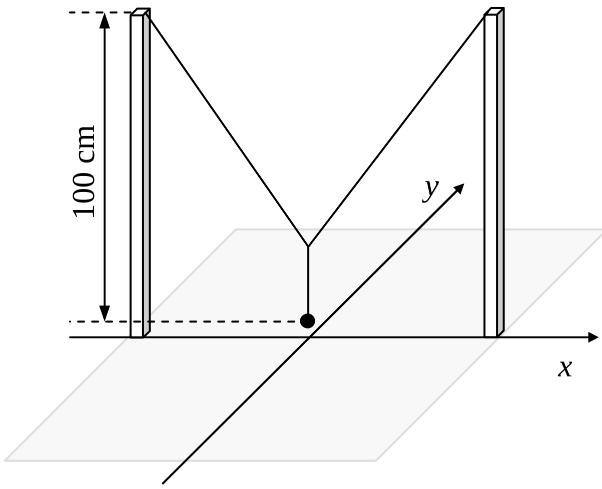
Zadanie 100.3.
Jedna z teorii próbujących wyjaśnić efekt Mpemby mówi, że woda mająca wyższą temperaturę po wstawieniu do zamrażalnika paruje intensywniej niż woda o temperaturze niższej.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Intensywne parowanie wody możemy wyeliminować poprzez
A. założenie szczelnej przykrywki na naczynie.
B. ustawienie naczynia na warstwie styropianu.
C. okrycie bocznych ścian naczynia styropianem.
D. ustawienie naczynia na warstwie folii aluminiowej.

Zadanie 100.4.
Podczas ćwiczeń w pracowni uczniowie chcieli zmierzyć czas zamarzania wody o temperaturze początkowej odpowiadającej największej jej gęstości. Do pojemnika nalali 200 g wody schłodzonej do temperatury 10°C.
Oblicz, ile wody o temperaturze 1°C muszą dolać do pojemnika, aby doprowadzić wodę do żądanej temperatury i rozpocząć doświadczenie z zamrażaniem (w obliczeniach pomiń wpływ pojemnika).

1.5. Drgania, fale i optyka

Zadanie 101.

Ciężarek zawieszony jak na rysunku może wykonywać niezależne drgania w kierunku osi *x* i osi *y*. Linia, po której się porusza, nosi nazwę krzywej Lissajous.



Korzystając z rysunku i linijki, oszacuj stosunek okresów drgań $\frac{T_X}{T_Y}$.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

W kierunku osi *y* drga wahadło o długości rzeczywistej 100 cm, a w kierunku osi *x* drga wahadło krótsze – pionowa krótka nitka. Za pomocą linijki należy zmierzyć na rysunku długości wahadeł i zapisać relację między nimi $\frac{l_X}{l_Y} \approx \frac{1}{4}$.

Stosunek okresów jest równy: $$\frac{T_X}{T_Y} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l_X}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{l_Y}{g}}} = \sqrt{\frac{l_X}{l_Y}} \approx \sqrt{\frac{1}{4}} \approx \frac{1}{2}$$

Poprawna odpowiedź

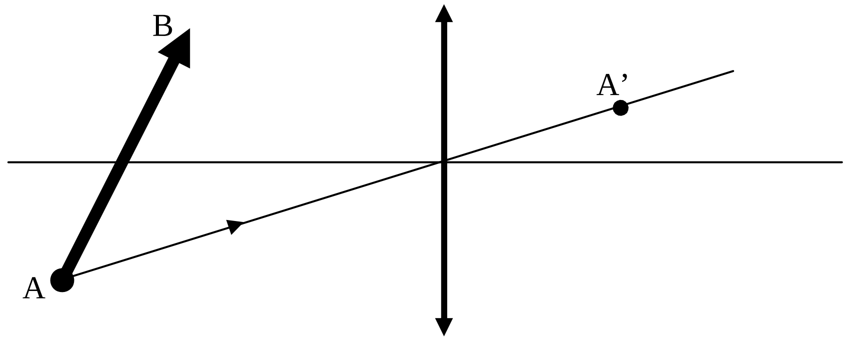
$$\frac{T_X}{T_Y} \approx \frac{1}{2}$$

Zadanie 102.

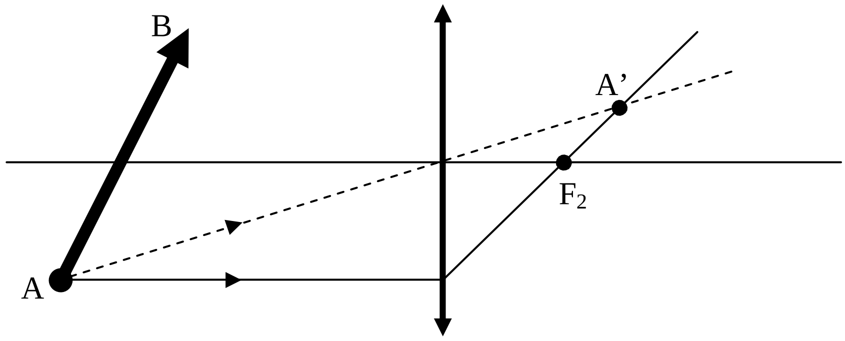
Na rysunku przedstawiono położenie świecącego przedmiotu AB oraz położenie jednej części rzeczywistego obrazu A' uzyskanego przy pomocy soczewki skupiającej.
Pozioma linia to główna oś optyczna układu.

Wyznacz konstrukcyjnie położenie soczewki, obu jej ognisk oraz skonstruuj obraz przedmiotu AB.

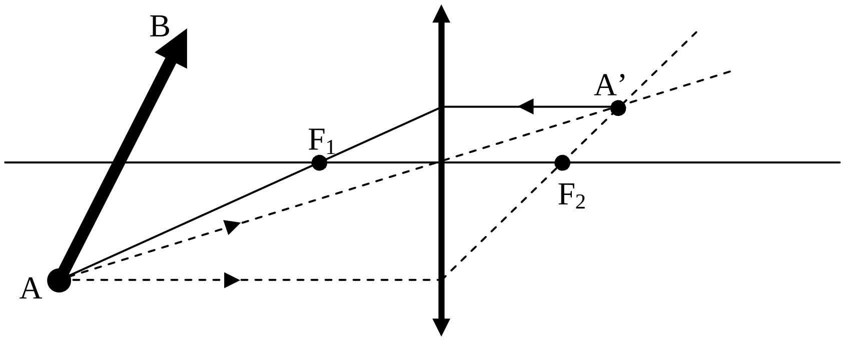
Wskazówki i rozwiązanie zadania
1. Etap – wyznaczenie położenia soczewki.
(Poprowadzenie promienia pokazanego na rysunku linią ciągłą i narysowanie soczewki prostopadle do osi głównej w punkcie przecięcia promienia i osi).



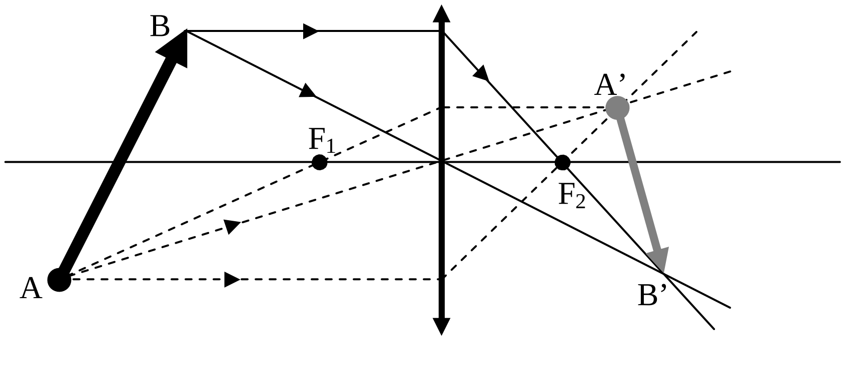
2. Etap – wyznaczenie ogniska F_2 (po wyznaczeniu położenia soczewki).
(Poprowadzenie promienia pokazanego na rysunku linią ciągłą).



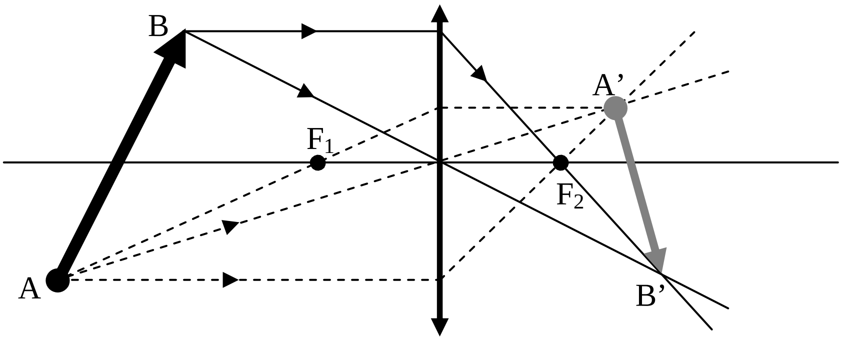
3. Etap – wyznaczenie ogniska F_1 po wyznaczeniu położenia soczewki.
(Poprowadzenie promienia pokazanego na rysunku linią ciągłą).



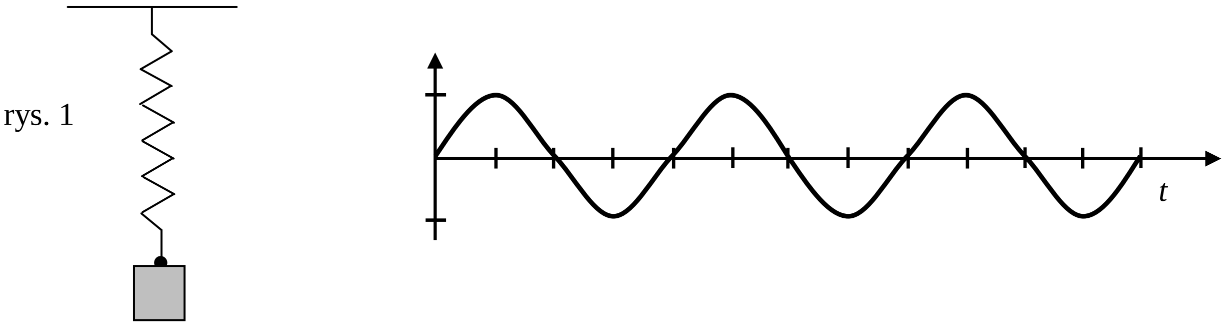
4. Etap – konstrukcja obrazu A'B'.
(Poprowadzenie dwóch promieni pokazanych na rysunku liniami ciągłymi pozwalającymi wyznaczyć punkt B' obrazu).



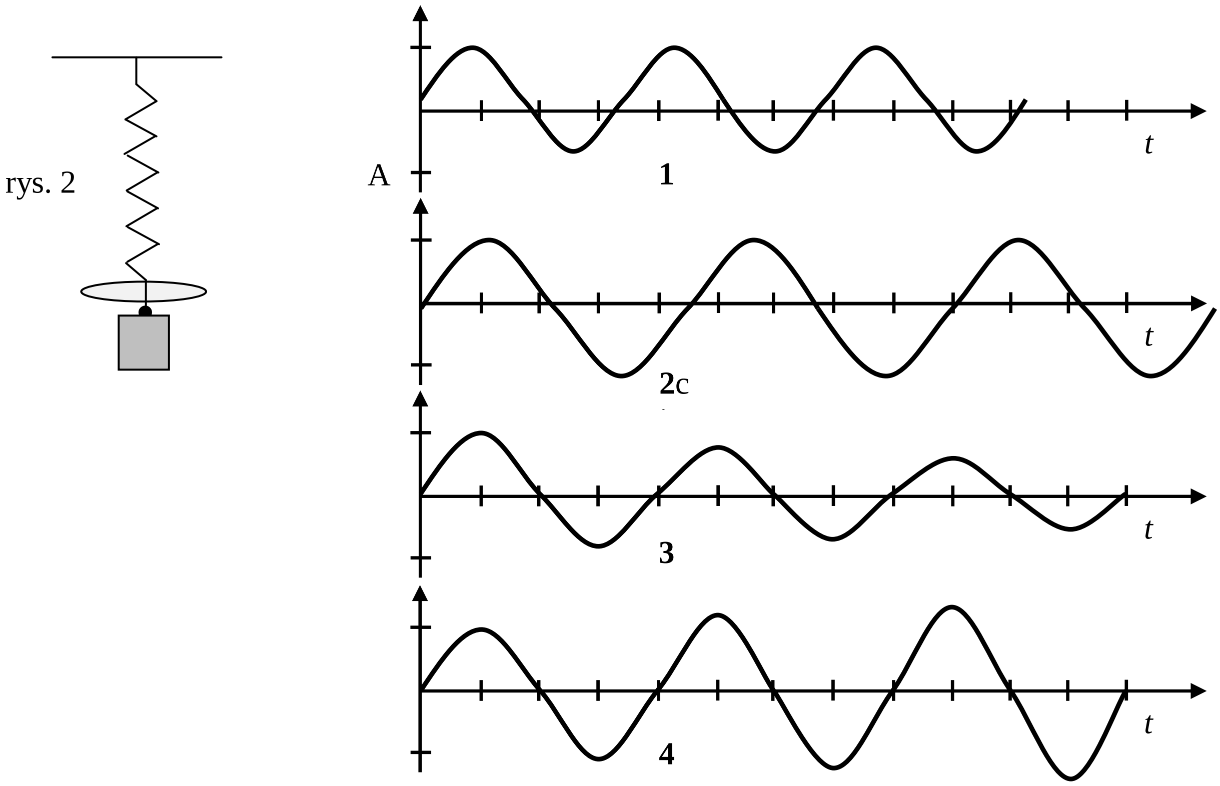
Poprawna odpowiedź



Zadanie 103.
Na sprężynie o współczynniku sprężystości k zawieszono ciężarek o masie m (rysunek 1), i pobudzono go do drgań w kierunku pionowym. Na wykresie obok rysunku przedstawiono zależność amplitudy drgań tego ciężarka od czasu.



Następnie do ciężarka przymocowano wycięty z bardzo lekkiego, ale sztywnego tworzywa krążek, umocowano tak, jak na rysunku 2 i wprawiono go w drgania w kierunku pionowym.

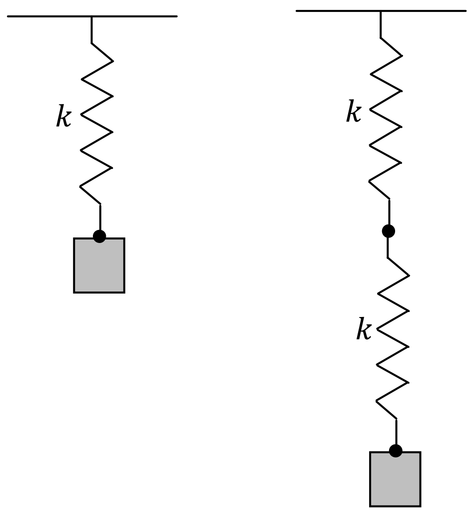


Zadanie 103.1.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Drgania układu z krążkiem poprawnie przedstawiono na wykresie

<table>
<tr><th>Stwierdzenie</th><th rowspan="5">ponieważ są to drgania</th><th colspan="5">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">tłumione,</td><td rowspan="4">czyli w miarę upływu czasu amplituda ich drgań</td><td>I</td><td>nie zmienia się.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>II</td><td>rośnie.</td></tr>
<tr><td>3.</td><td rowspan="2">B</td><td rowspan="2">nietłumione,</td><td rowspan="2">III</td><td rowspan="2">maleje.</td></tr>
<tr><td>4.</td></tr>
</table>

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Zawieszenie krążka znacznie zwiększa opór powietrza podczas ruchu wahadła – są to więc drgania tłumione, czyli ich amplituda maleje z czasem.

Zadanie 103.2.
Następnie usunięto krążek i zmierzono okres drgań tego układu. Do końca pierwszej sprężyny przyłączono drugą, taką samą, ponownie obciążono je masą m (patrz rysunek) i zmierzono okres drgań.



Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Okres drgań ciężarka zawieszonego na dwóch sprężynach

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><th rowspan="4">ponieważ układ dwóch sprężyn</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>zwiększył się,</td><td>A</td><td>ma większy współczynnik sprężystości niż pojedyncza sprężyna.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>nie zmienił się,</td><td>B</td><td>ma taki sam współczynnik sprężystości jak pojedyncza sprężyna.</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>zmniejszył się,</td><td>C</td><td>ma mniejszy współczynnik sprężystości niż pojedyncza sprężyna.</td></tr>
</table>

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Należy ustalić, jak zmieni się współczynnik sprężystości dwóch sprężyn połączonych szeregowo w stosunku do pojedynczej. Można nazwać tę nową sprężynę „zastępczą” Ponieważ wydłużeniu ulegają obie połączone sprężyny, przyrost długości sprężyny zastępczej musi być równy sumie przyrostów długości obu sprężyn składowych, $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$. Wydłużenie to powoduje taka sama siła, równa ciężarowi obciążnika $F_c = mg$,

a więc zgodnie ze wzorem $F_S = k \cdot \Delta x$, współczynnik k sprężyny zastępczej jest mniejszy niż pojedynczej. Zgodnie ze wzorem na okres drgań wahadła sprężynowego:

$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$,

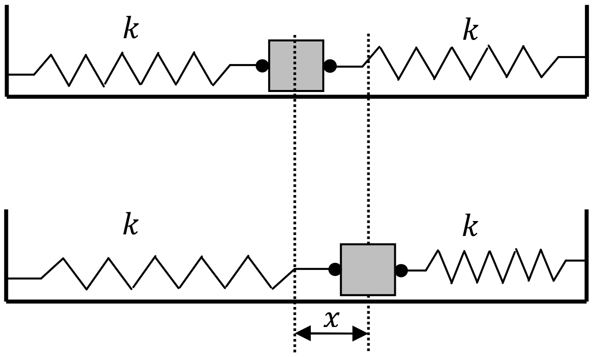
zmniejszenie k spowoduje wzrost okresu drgań T.

Można również obliczyć współczynnik k dla nowej sprężyny, korzystając ze zbieżności wzorów – „zastępczy współczynnik połączonych szeregowo sprężyn obliczamy tak samo, jak zastępczą pojemność kondensatorów połączonych szeregowo”:

$\frac{1}{k_z} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k} = \frac{2}{k} \Rightarrow k_z = \frac{k}{2}$.

Zadanie 103.3.

Z tych samych sprężyn i ciężarka zbudowano następny układ drgający, przedstawiony na rysunku poniżej. Klocek porusza się po stole na poduszce powietrznej tak, że możemy pominąć tarcie podczas jego ruchu.



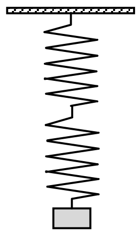
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Ciężarek umocowany między dwoma sprężynami będzie drgał z

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejszą	częstotliwością niż układ sprężyn z poprzedniej części zadania, ponieważ	A	użyto tych samych sprężyn i ciężarka.
2.	taką samą		B	siła wprawiająca go w ruch jest inna.
3.	większą			

Zadanie 104.

W szkole uczniowie mieli do dyspozycji dwie identyczne lekkie sprężyny, każda o współczynniku sprężystości $k = 1{,}8\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Obserwowali drgania ciężarka zawieszonego najpierw na pojedynczej sprężynie, a następnie na dwóch sprężynach połączonych szeregowo (rysunek). Za każdym razem mierzyli okres drgań ciężarka.



Zadanie 104.1.

Pod działaniem tej samej siły każda ze sprężyn wydłuża się o x, natomiast układ sprężyn możemy zastąpić jedną o pewnym współczynniku sprężystości k_2.

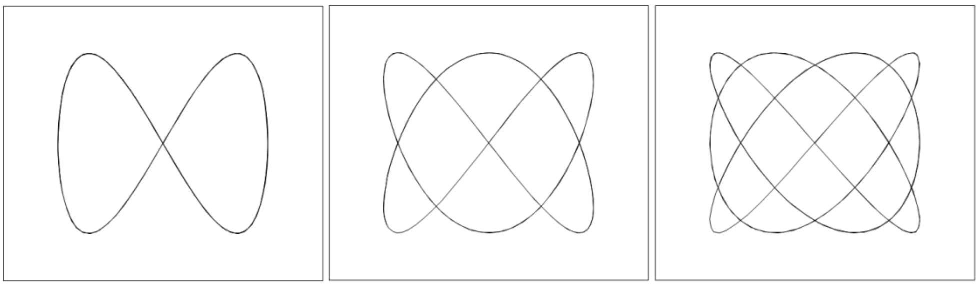
Oblicz współczynnik sprężystości k_2 oraz wyprowadź wzór pozwalający obliczyć okres drgań ciężarka zawieszonego na dwóch sprężynach połączonych tak, jak na rysunku, których masy możemy zaniedbać.

Zadanie 104.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Jeżeli pominiemy opory ruchu to można powiedzieć, że ruch ciężarka zawieszonego na dwóch sprężynach

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	jest	ruchem harmonicznym, gdyż drgania	A	są zmienne okresowo w czasie, a siła jest wprost proporcjonalna do wychylenia.
2.	nie jest		B	nie są zmienne okresowo w czasie, a siła jest wprost proporcjonalna do wychylenia.

Zadanie 104.3.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Całkowita energia mechaniczna ciężarka użytego w doświadczeniach drgającego na dwóch sprężynach połączonych szeregowo zależy od
A. częstotliwości drgań.
B. amplitudy drgań.
C. masy ciężarka.
D. okresu drgań.

Zadanie 105.
Linia, którą kreśli punkt wykonujący niezależne drgania harmoniczne wzdłuż prostopadłych osi x i y, nazywana jest krzywą Lissajous. Krzywą można przedstawić w postaci równań $x(t) = A \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$ oraz $y(t) = A \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi)$. W zależności od częstości drgań ω_1 i ω_2 oraz przesunięcia fazowego φ między nimi otrzymujemy różne krzywe (patrz rysunek).



Gdy drgania mają ten sam okres i amplitudę, a są przesunięte w fazie o 90°, opisujemy je wzorami $x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$ oraz $y = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$.

Wykaż, że w tej sytuacji krzywa Lissajous ma kształt okręgu o równaniu $x^2 + y^2 = A^2$.

Zadanie 106.
W windzie umieszczono punktualnie działający zegar wahadłowy. Winda przemieściła się w górę. Przez pierwszą połowę czasu ruch windy był jednostajnie przyspieszony, a przez drugą połowę czasu jednostajnie opóźniony. Wartość przyspieszenia w pierwszej połowie czasu była równa wartości opóźnienia w drugiej połowie czasu.
Ustal, wykonując obliczenia, czy zegar wahadłowy podczas opisanego przemieszczenia windy spóźnił się, przyspieszył, czy też odmierzył dokładnie tyle czasu, ile upłynęło. W obliczeniach można traktować wahadło zegara jako matematyczne i przyjąć założenie jego małych wychyleń.

Zadanie 107.

Częstotliwość podstawowa drgań struny określona jest równaniem $f = \frac{1}{2 \cdot l}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$,

gdzie: l – jest długością struny, F – siłą naciągu struny, μ – gęstością liniową – masą struny o długości 1 metra $\mu = \frac{m}{l}$.

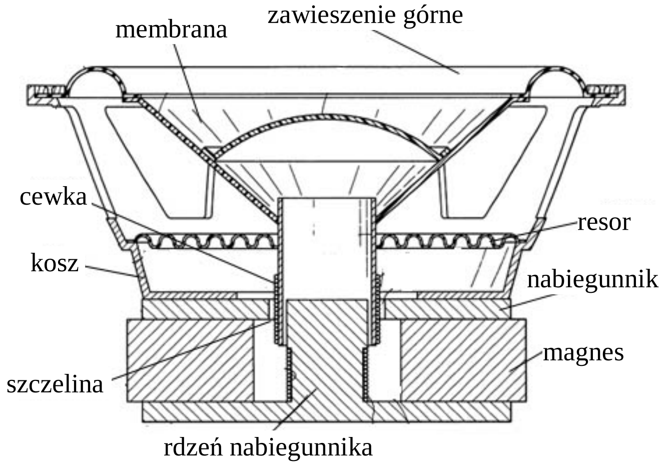
Jedna z gitar posiada strunę wykonaną ze stali, a druga z nylonu, przy czym obie struny o tej samej długości nastrojone są na taką samą częstotliwość. Struna stalowa w porównaniu z nylonową ma 7-krotnie większą gęstość i 2-krotnie mniejsze pole przekroju poprzecznego.

Zadanie 107.1.
Oblicz stosunek siły naciągu struny stalowej do siły naciągu struny nylonowej.

Zadanie 107.2.
Wyjaśnij, dlaczego zmiana siły naciągu struny nie zmieni długości fali powstającej w strunie.

Zadanie 108.

Większość współcześnie stosowanych głośników to głośniki dynamiczne. Budowę takiego głośnika przedstawiono na rysunku.
Zmienny prąd elektryczny przepływa przez cewkę znajdującą się w stałym polu magnetycznym wytworzonym przez magnes. Prąd ten powoduje drgania cewki połączonej z membraną, a ta emituje fale akustyczne, stając się źródłem fali akustycznej. Membrana i cewka zamocowane są na elastycznych zawieszeniach, tak zwanych resorach.



Źródło: http://majsterkuj.blogspot.com/2012/02/regeneracja-gosnikow.html [dostęp: 24.02.2015].

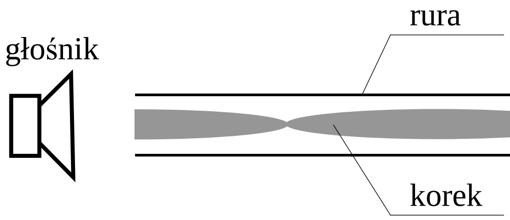
Zadanie 108.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	W wytwarzaniu dźwięku przez głośnik wykorzystane jest zjawisko indukcji elektromagnetycznej.		
2.	Energia fali akustycznej wytworzonej przez głośnik jest równa energii elektrycznej dostarczonej do głośnika.		
3.	Fala wytworzona w wyniku drgań membrany i biegnąca w powietrzu jest falą podłużną.		

Zadanie 108.2.

Głośnik umieszczono przy wylocie przeźroczystej, zamkniętej na jednym z końców plastikowej rury o długości 0,8 m. Wewnątrz rury znajdowały się bardzo małe kulki ze styropianu. Zmieniając częstotliwość dźwięku emitowanego przez głośnik, okazało się, że dla pewnej częstotliwości kulki zaczęły drgać układając się tak, jak przedstawiono na rysunku.

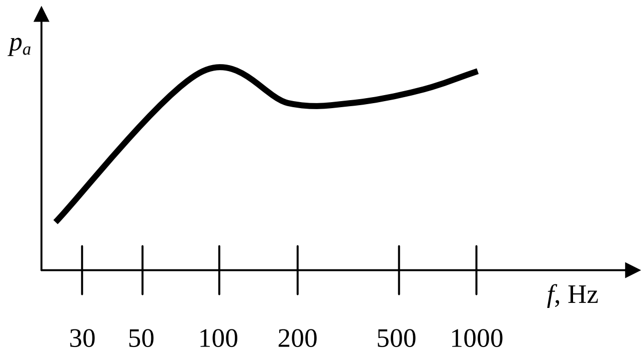
Oblicz częstotliwość dźwięku emitowanego przez głośnik. Przyjmij, że dźwięk rozchodzi się z prędkością 340 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.



Zadanie 108.3.

Poniższy wykres przedstawia zmianę ciśnienia akustycznego wytwarzanego przez drgającą membranę, w zależności od częstotliwości napięcia doprowadzanego do cewki głośnika. Można przyjąć, że ciśnienie akustyczne jest proporcjonalne do amplitudy drgań membrany głośnika.

Na podstawie: http://www.eis.com.pl/pl/modules.php?name=Sections&sop=printpage&artid=174 [dostęp: 17.06.2015].



Zapisz, jakie zjawisko powoduje, że amplituda drgań membrany osiąga maksymalną wartość dla częstotliwości 100 Hz.

Zadanie 109.

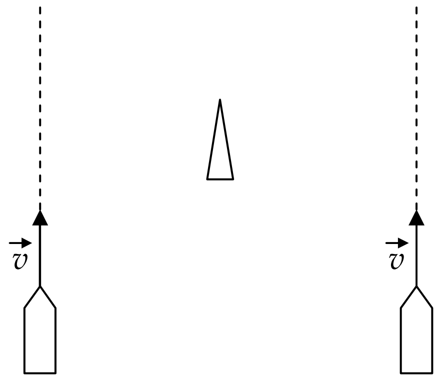
Po pobycie we Francji turysta opowiadał o swojej fascynacji superszybkimi pociągami TGV*. Oto jego relacja: *Często w porze, gdy pociąg przejeżdżał niedaleko miejscowości, w której przebywałem, stawałem na wiadukcie nad torami i obserwowałem przejeżdżający pociąg. Wiedziałem, że maszynista włącza wtedy syrenę, i że emituje ona dźwięk o częstotliwości 4 kHz. Na spacery zabierałem mojego psa, choć zaczynał wyć, gdy ją słyszał. Pewnego razu pociąg jechał tak szybko, że mimo włączonej syreny (mój pies zaczął wyć) nie słyszałem jej. Domyśliłem się, że przyczyną jest zjawisko Dopplera.*

* *TGV – francuski szybkobieżny pociąg, osiągający w regularnej eksploatacji prędkości do* $320\ \frac{km}{h}$.

Oceń szczegółowo całość opisanej relacji turysty oraz ustal jej wiarygodność. Wykonaj odpowiednie obliczenia, przyjmując, że człowiek może słyszeć dźwięki o częstotliwości od 20 Hz do 16 kHz. Przyjmij, że wartość prędkość dźwięku w powietrzu jest równa $v = 340\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 110.

Po powierzchni jeziora płynęły w tym samym kierunku 2 motorówki w odległości 20 m od siebie (patrz rysunek). Wartości prędkości motorówek były takie same i równe 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Prędkość fal wzbudzanych przez płynące motorówki, rozchodzących się po powierzchni wody wynosi 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Silniki motorówek emitowały dźwięki o częstotliwości 100 Hz każdy. W pewnej chwili motorówki minęły wędkarza siedzącego w łódce w połowie odległości między torami motorówek.

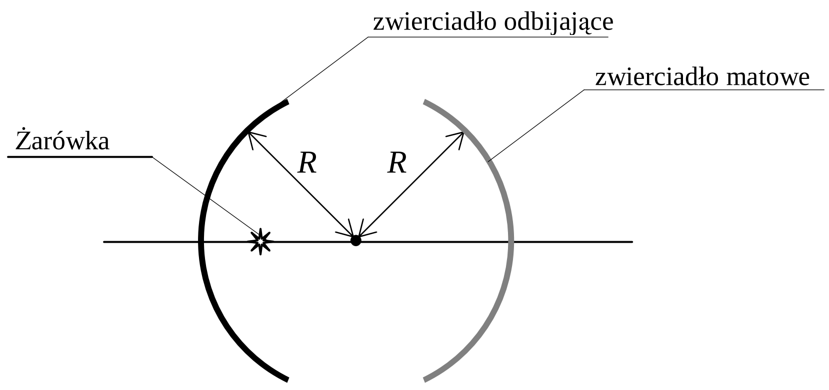


Zadanie 110.1.
Oblicz, w jakiej odległości od wędkarza znajdowały się motorówki w chwili, gdy wzbudzane przez nie fale rozchodzące się po powierzchni wody dotarły do niego.

Zadanie 110.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Dokładnie w chwili mijania wędkarza przez jedną z motorówek częstotliwość dźwięku odbieranego przez niego wynosiła 100 Hz. Uwzględnij fakt, że dźwięk dociera do wędkarza z opóźnieniem.		
2.	Prędkość dźwięku w wodzie ma większą wartość niż prędkość dźwięku w powietrzu.		

Zadanie 111.
W pracowni fizycznej znajdowały się 2 identyczne zwierciadła kuliste wklęsłe o takich samych promieniach krzywizny *R*. Uczniowie postanowili zbudować z nich model kuli. Połowa tej kuli miała odbijać światło, natomiast druga połowa miała być ekranem. Wewnętrzną powierzchnię jednego ze zwierciadeł pomalowali białą, matową farbą tworzącą ekran, na którym mogli obserwować obrazy tworzone przez zwierciadło odbijające światło. Oba zwierciadła ustawili względem siebie tak, że ich środki krzywizn znajdowały się w tym samym punkcie. Wzdłuż osi optycznej obu zwierciadeł przemieszczali małą świecącą żarówkę, której włókno stanowiło świecący przedmiot (rysunek).



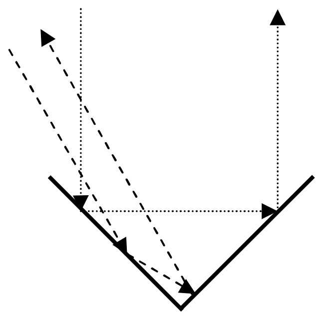
Uczniowie, przemieszczając żarówkę wzdłuż osi optycznej zwierciadeł, stwierdzili, że jedynie w jednym położeniu żarówki mogą obserwować jej ostry, powiększony obraz na powierzchni matowego zwierciadła.

Zadanie 111.1.
Wyjaśnij, dlaczego uczniowie mogli zaobserwować na powierzchni matowego zwierciadła jedynie powiększony, ostry obraz obiektu.

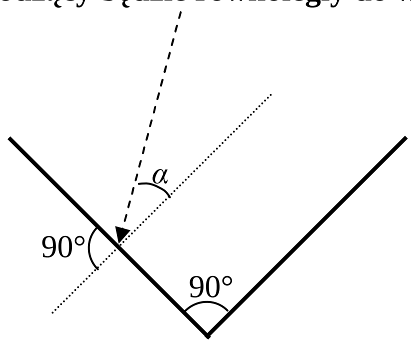
Zadanie 111.2.
Wykaż, że powiększenie ostrego obrazu obiektu obserwowanego na powierzchni matowego zwierciadła jest równe 3.

Zadanie 112.
Uzupełnij zdanie, wpisując w wykropkowane miejsca odpowiednie słowa wybrane z nawiasu.
(płaskim, wklęsłym, wypukłym, powiększonym, równym przedmiotowi, pomniejszonym, prostym, odwróconym)
Boczne lusterko w samochodzie ma zapewnić kierowcy jak największe pole widzenia. Dlatego jest zwierciadłem ...., gdyż obraz, jaki w nim uzyskujemy, jest zawsze obrazem .... i ....

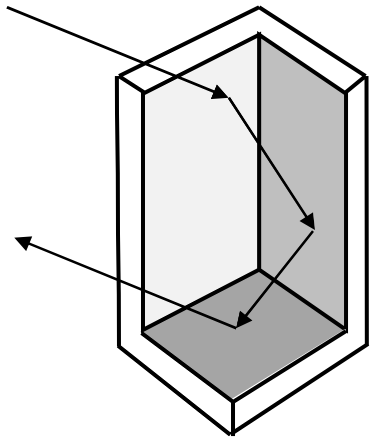
Zadanie 113.
Rozważmy pokazane na rysunku 2 stykające się ze sobą zwierciadła płaskie, których płaszczyzny są do siebie prostopadłe. Ich odbijające powierzchnie są prostopadłe do płaszczyzny rysunku i znajdują się po wewnętrznej stronie tworzonego przez nie narożnika. Jeżeli do wnętrza takiego narożnika wpadnie promień światła biegnący w płaszczyźnie rysunku i odbije się od obu zwierciadeł, to można wykazać, że promień odbity będzie zawsze równoległy do padającego.



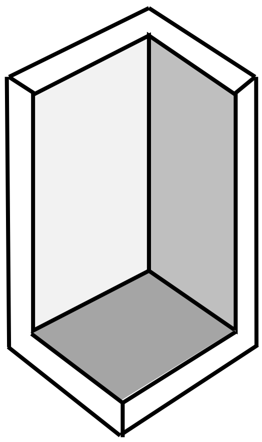
Zadanie 113.1.
Na poniższym rysunku narysuj dalszy bieg promienia światła padającego na układ zwierciadeł w opisanej sytuacji. Analizując wartości kątów padania oraz odbicia, udowodnij, że promień wychodzący będzie równoległy do wchodzącego.

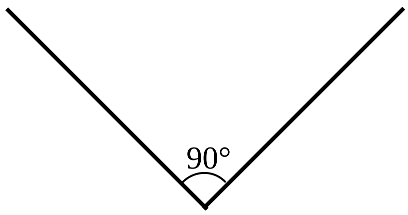


Zadanie 113.2.
Opisana wcześniej sytuacja była szczególna. Płaszczyzna padania światła na pierwsze zwierciadło była prostopadła do płaszczyzn obu zwierciadeł. Po odbiciu od obu zwierciadeł promień wychodzący był równoległy do wchodzącego. W ogólnym przypadku trzeba zastosować układ trzech zwierciadeł tworzących narożnik prostopadłościanu, których powierzchnie odbijające znajdują się po wewnętrznej stronie tego narożnika. Jeżeli do wnętrza takiego narożnika wpadnie promień światła i odbije się od wszystkich zwierciadeł, to promień odbity będzie równoległy do padającego (patrz rysunek).



Narysuj na dowolnym z poniższych rysunków przykładową sytuację, w której promień światła pada na opisany wcześniej układ trzech zwierciadeł i zostaje odbity z powrotem w kierunku, z którego padł (promień wychodzący z układu równoległy do przychodzącego), ale nie odbijając się od wszystkich trzech zwierciadeł.





rysunek dwóch spośród trzech zwierciadeł układu w przekroju poprzecznym (płaszczyzny obu zwierciadeł prostopadłe do płaszczyzny rysunku)

Zadanie 113.3.

Opisane wcześniej układy odbijające światło z powrotem w kierunku miejsca, z którego padło, nazywane są retroreflektorami. Niekiedy ich budowa jest bardziej skomplikowana – mogą być w nich wykorzystywane także np. soczewki czy też pryzmaty. Retroreflektory znalazły szerokie zastosowanie między innymi w elementach odblaskowych stosowanych w pojazdach, przy drogach czy też przez pieszych. Dzięki retroreflektorom umieszczonym na Księżycu możliwe są precyzyjne pomiary odległości do niego przy użyciu kierowanej tam wiązki laserowej na podstawie pomiaru czasu przejścia światła w obie strony.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Dokładność wyznaczenia odległości do Księżyca opisaną metodą jest tym lepsza, im lepsza jest dokładność pomiaru czasu przelotu impulsów laserowych w obie strony.		
2.	Każdy promień światła, który padnie na dowolny retroreflektor, musi po wyjściu z niego być równoległy do promienia wchodzącego.		
3.	Fosforyzujące przedmioty, które świecą w całkowitej ciemności, pokryte są warstwą wielu bardzo małych retroreflektorów.		

Zadanie 114.

Podczas nurkowania w akwenie wodnym można po skierowaniu wzroku w stronę powierzchni wody zaobserwować okrąg (tzw. okna Snella), w tym którym widać obiekty znajdujące się powyżej powierzchni wody. Efekt ten powstaje w wyniku załamania światła. Przykładowy widok nurka na tle okna Snella przedstawia fotografia.

Źródło: *http://deskarati.com/page/19/?tpref=eco* [dostęp: 09.10.2014].

Zadanie 114.1.

Wykaż, że jeśli współczynnik załamania wody jest równy 1,33, to kąt pomiędzy pionem i krawędzią okna Snella wynosi około 49°.

Zadanie 114.2.

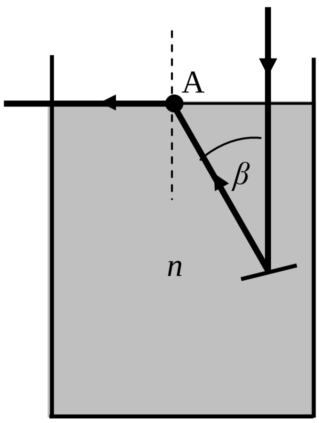
Nurek leży na dnie zbiornika i patrzy do góry.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Obserwowana przez nurka średnica okna Snella zależy od głębokości, na jakiej znajduje się nurek.		
2.	Światło słoneczne wnika do wody jedynie w obszarze okna Snella.		
3.	Jeśli akwen wodny ma małą głębokość, to poza obszarem okna Snella nurek będzie widział obraz dna zbiornika.		

Zadanie 115.

W szklanym naczyniu znajduje się przeźroczysta ciecz o nieznanym bezwzględnym współczynniku załamania *n*. Monochromatyczną wiązkę światła laserowego o barwie zielonej skierowano pionowo w dół. Wewnątrz naczynia umieszczono małe lusterko odbijające promień światła, uzyskując bieg promienia przedstawiony na rysunku.



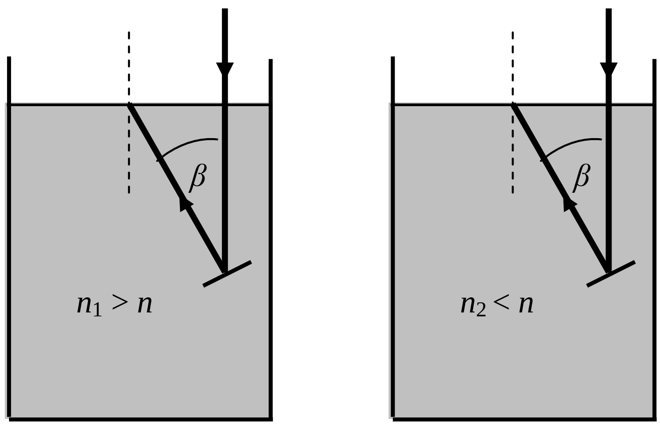
Zadanie 115.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

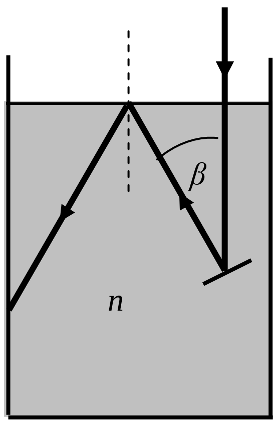
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Lusterko odbijające promień światła lasera zostało skręcone w lewo w stosunku do poziomu o kąt β.		
2.	Możliwe jest takie ustawienie lusterka w cieczy, by po odbiciu promień lasera był równoległy do promienia padającego.		
3.	Zastąpienie światła lasera wiązką światła białego spowoduje rozszczepienia promienia światła na granicy ośrodków (w punkcie A).		

Zadanie 115.2.
Napisz, w jaki sposób można wyznaczyć bezwzględny współczynnik załamania światła dla tej cieczy, korzystając z zaznaczonego na rysunku kąta *β*. Zapisz wzór pozwalający obliczyć wartość tego współczynnika.

Zadanie 115.3.
Poprzedni eksperyment powtórzono dwukrotnie, wlewając kolejno do naczynia dwie inne przeźroczyste ciecze o różnych bezwzględnych współczynnikach załamania n_1 oraz n_2.
W obu sytuacjach monochromatyczną wiązkę światła laserowego skierowano pionowo w dół, a wewnątrz naczyń ponownie umieszczano małe lusterko odbijające promienie światła, uzyskując biegi promieni przedstawiony na rysunkach.
Uzupełnij oba rysunki o dalszy bieg promieni, uwzględniając relacje między bezwzględnymi współczynnikami załamania podanymi na rysunkach.



Zadanie 115.4.
Oblicz i zapisz, jaki warunek musiałby spełniać bezwzględny współczynnik załamania materiału, z którego należałoby wykonać naczynie, aby na jego bocznej ścianie nastąpiło całkowite wewnętrzne odbicie. Przyjmij, że kąt *β* jest równy 40°, a bezwzględny współczynnik załamania cieczy jest równy *n* = 1,61.

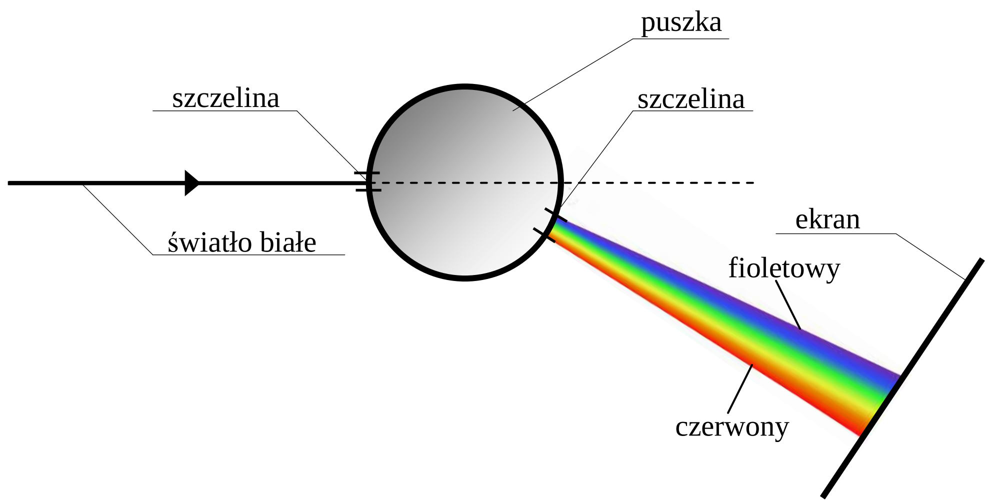


Zadanie 116.
Na rysunku przedstawiono położenie świecącego przedmiotu AB oraz jego pozornego obrazu A’B’ uzyskanego przy pomocy soczewki skupiającej. Pozioma linia to główna oś optyczna układu.

Narysuj konstrukcję powstawania obrazu oraz zaznacz na rysunku położenie soczewki oraz ogniska.

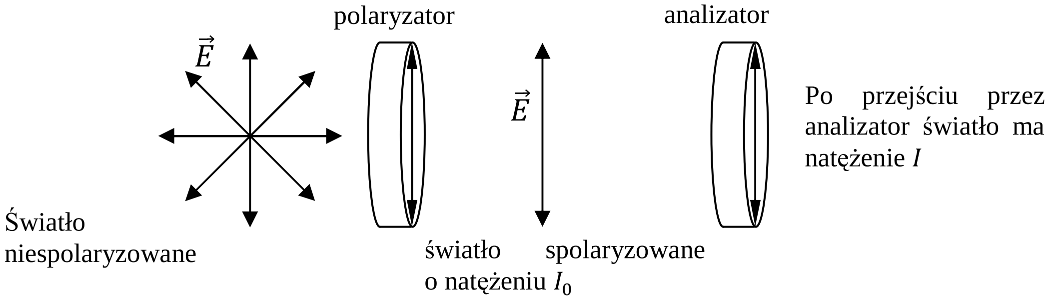
Zadanie 117.
W szkolnej pracowni fizycznej znajdowało się źródło światła, które wytwarzało jednorodną wiązkę światła o przekroju kołowym. Do przeprowadzenia doświadczeń należało zwiększyć średnicę tej wiązki światła.
W pracowni znajdowały się 2 soczewki skupiające o ogniskowych 16 cm i 8 cm i jednakowych średnicach. Postanowiono ich użyć do tego celu, ustawiając na wspólnej osi optycznej wraz ze źródłem światła.
Ustal i napisz, w jakich odległościach od siebie należy ustawić źródło światła i obie soczewki, by uzyskać oczekiwany efekt. Odpowiedź uzasadnij, wykonując odpowiedni rysunek biegu promieni.

Zadanie 118.
Jeden z uczniów wykonał tzw. *czarną skrzynkę*. Była to okrągła puszka wykonana z nieprzeźroczystego materiału, która na bocznej powierzchni miała wykonane 2 wąskie szczeliny prostopadłe do podstaw puszki. Uczeń powiedział, że w środku puszki zamocował pewien pojedynczy przyrząd optyczny, którym mógł być szklany pryzmat, zwierciadło, polaryzator, cienkościenna soczewka lub siatka dyfrakcyjna. Po oświetleniu jednej ze szczelin światłem białym i wyjściu światła przez drugą szczelinę okazało się, że światło wychodzące uległo odchyleniu od pierwotnego kierunku i tworzyło widmo światła białego, które uczniowie zaobserwowali na ekranie (patrz rysunek).

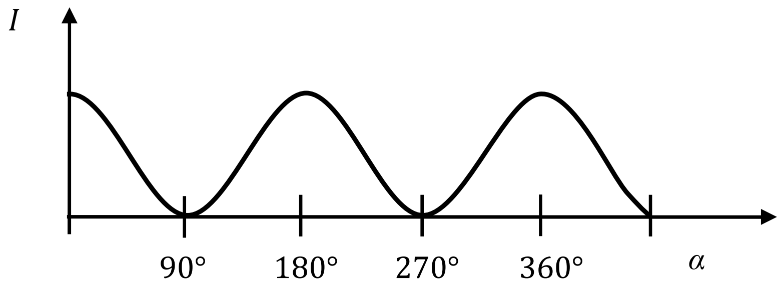


Na podstawie opisu i przedstawionego rysunku ustal i uzasadnij, jaki przyrząd optyczny znajdował się wewnątrz „tajemniczej puszki”.

Zadanie 119.
Jednym ze zjawisk charakterystycznych dla ruchu falowego jest zjawisko polaryzacji. Polega ono na uzyskaniu fali elektromagnetycznej, w której wektor natężenia pola elektrycznego $\vec{E}$ drga w jednym kierunku. Jednym z przyrządów pozwalających spolaryzować światło są folie polaryzacyjne. Aby sprawdzić, czy fala została spolaryzowana, zastosowano przedstawiony na rysunku zestaw przyrządów.



Umieszczając za polaryzatorem drugi taki sam przyrząd (analizator), możemy badać kierunek polaryzacji światła po przejściu przez pierwszy polaryzator. Jeżeli wyróżnione kierunki polaryzatora i analizatora są do siebie równoległe, natężenie światła przed i za analizatorem będzie takie same. Gdy wyróżnione kierunki obu przyrządów będą prostopadłe, za analizatorem natężenie światła zmaleje do zera. Natężenie światła spolaryzowanego po przejściu przez drugi polaryzator zależy od kąta α, jaki tworzą oba kierunki polaryzacji i opisane jest prawem Malusa $I = I_0 \cdot \cos^2\alpha$. Wykres tej zależności przedstawiono poniżej.

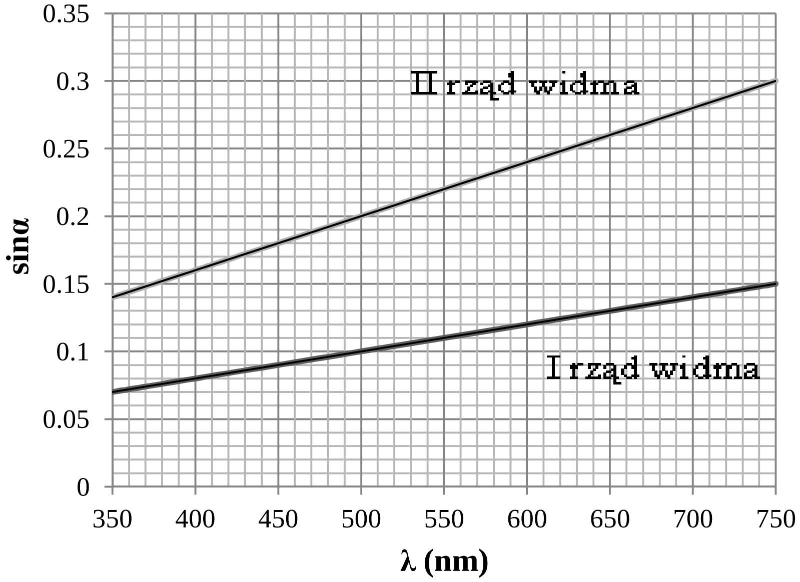


Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Światło widzialne ulega polaryzacji, jest więc falą poprzeczną.		
2.	Zjawisko polaryzacji wykorzystano przy budowie ekranów LCD stosowanych w kalkulatorach.		
3.	Ustawiamy polaryzator i analizator tak, że ich wyróżnione kierunki są do siebie równoległe. Jeżeli obrócimy analizator o kąt $\alpha = 315°$ względem wyróżnionego kierunku polaryzatora, to natężenie światła za analizatorem będzie 2-krotnie mniejsze niż przed nim.		

Zadanie 120.

Na siatkę dyfrakcyjną pada prostopadle wąska wiązka światła monochromatycznego. Na ekranie ustawionym w stałej odległości od siatki dyfrakcyjnej powstaje widmo. Wykres przestawia zależność sinusa kąta ugięcia widma pierwszego i drugiego rzędu wiązki monochromatycznego światła od długości fali światła padającego na siatkę.



Zadanie 120.1.
Oblicz odległość między sąsiednimi szczelinami w tej siatce dyfrakcyjnej.

Zadanie 120.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Światło o długości fali 370 nm po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną utworzyło na ekranie prążek drugiego rzędu w tym samym miejscu, w którym powstaje prążek pierwszego rzędu, gdy na siatkę dyfrakcyjną pada światło o długości
A. 450 nm. B. 550 nm. C. 650 nm. D. 750 nm.

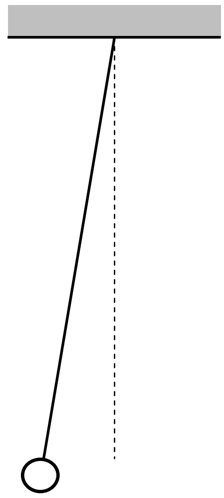
Zadanie 121.
Dwa ciała obserwowane na niebie położone blisko siebie mogą być widziane jako jeden punkt. Dlatego podczas obserwacji ważna jest odległość kątowa tych ciał, a w teleskopach mamy do czynienia ze zjawiskiem dyfrakcji na brzegu soczewki skupiającej. W celu rozróżnienia ciał stosuje się najczęściej kryterium rozdzielczości Rayleigha, które mówi, że odległość kątowa jest tak dobrana, iż maksimum obrazu dyfrakcyjnego jednego źródła światła wypada w miejscu pierwszego minimum źródła drugiego. Według tego kryterium 2 ciała są rozróżnialne, gdy odległość kątowa tych ciał wyrażona w radianach jest równa $\varphi = 1{,}22 \cdot \frac{\lambda}{d}$, gdzie d – średnica soczewki skupiającej.

Zadanie 121.1.
Soczewka skupiająca ma promień 3 cm i zdolność skupiającą 5 D. Długość fali światła używanego podczas obserwacji wynosi 560 nm.
Oblicz minimalną odległość kątową pomiędzy ciałami pozwalającą na ich rozróżnienie.

Zadanie 121.2.
Uzupełnij zdanie, **wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.**
Jeżeli chcemy zobaczyć jak najwięcej szczegółów musimy dążyć do zmniejszenia kąta φ. W związku z tym przy użyciu soczewki o określonej średnicy należy używać światła o …………………….. (mniejszej/większej) długości fali. Dlatego użycie światła o barwie ………………………. (żółtej/niebieskiej) pozwala na dokładniejsze obserwacje.

Zadanie 122.

Grupa uczniów otrzymała zadanie wyznaczania wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego. Otrzymała w tym celu stoper, statyw, zestaw nici o różnych długościach oraz małą stalową kulkę z otworem przewierconym wzdłuż średnicy. Uczniowie mieli skorzystać ze wzoru na okres drgań wahadła matematycznego: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$.



Zadanie 122.1.

Na rysunku przedstawiono model wahadła matematycznego. Zakładamy, że na wahadło nie działają siły oporu ruchu.

Dorysuj wektory wszystkich sił działających na wychyloną kulkę. Wyjaśnij (nie powołując się na wzór na okres drgań wahadła matematycznego z karty wzorów i stałych fizycznych), dlaczego okres wahań wahadła matematycznego nie zależy od jego masy.

Zadanie 122.2.

Do wyznaczenia wartości przyspieszenia ziemskiego uczniowie zbudowali model wahadła matematycznego

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Podczas wyznaczania okresu wahań wahadło należy odchylić o

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mały kąt,	ponieważ	A	okres wahań wahadła matematycznego nie zależy od masy ciała.
			B	przy większym kącie wzrastają równocześnie siły działające na kulkę i siły oporu.
2.	dowolny kąt,		C	użyty przez uczniów wzór na okres wahań jest prawdziwy przy założeniu niewielkiej amplitudy wahań.

Zadanie 122.3.

Wyniki pomiarów i obliczeń uczniowie zapisali w tabeli.

Długość wahadła (m)	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
Czas 10 pełnych wahnięć (s)	18,0	20,0	21,8	23,5	25,1	26,8	27,9	29,6
Okres wahań wahadła (s)	1,80	2,00	2,18	2,35	2,51	2,68	2,79	2,96
Kwadrat okresu wahań wahadła (s^2)	3,24	4,00	4,75	5,52	6,30	7,18	7,78	8,76

Na podstawie danych w tabeli sporządź wykres zależności kwadratu okresu wahań wahadła od jego długości i korzystając z wykresu, **oblicz wartość przyspieszenia ziemskiego.**

Zadanie 122.4.

Wyznaczając kolejny raz doświadczalnie wartość przyspieszenia ziemskiego uczniowie zmierzyli okres wahań pewnego wahadła oraz jego długość. Wielkości te wynosiły tym razem odpowiednio 2 s oraz 1 m. Niepewność pomiarowa okresu wahań wynosiła ± 0,02 s, a niepewność pomiarowa długości wahadła wynosiła ± 2 mm. Bezwzględną niepewność pomiarową wartości przyspieszenia ziemskiego, wyznaczoną za pomocą metody różniczki zupełnej, oblicza się ze wzoru:

$$|\Delta g| = g\left(\left|\frac{\Delta l}{l}\right| + 2\left|\frac{\Delta T}{T}\right|\right).$$

A. Na podstawie powyższych danych oblicz wartość przyspieszenia ziemskiego.
B. Oblicz niepewność względną wartości przyspieszenia ziemskiego.

Zadanie 122.5.
Aby wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego, należy wyznaczyć okres wahań wahadła oraz jego długość. Wielkości te wynosiły w pewnym doświadczeniu odpowiednio 2,79 s oraz 2 m. Niepewność pomiarowa długości wahadła wynosi ± 0,02 m, niepewność pomiarowa okresu wahań wahadła wynosi ± 0,02 s.

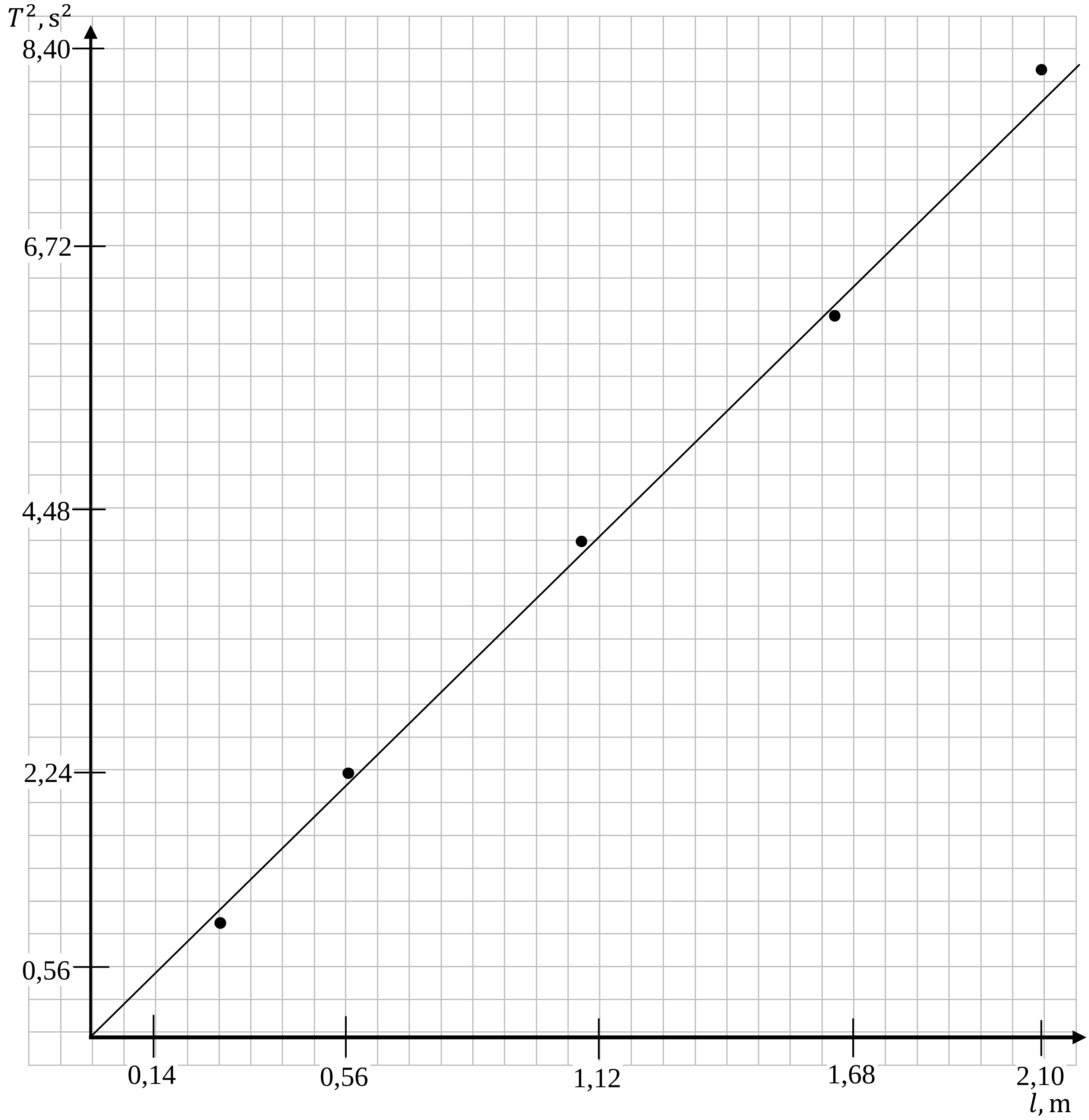
Wyjaśnij, który z pomiarów (okres wahań wahadła czy jego długość) ma większy wpływ na niepewność pomiarową wartości przyspieszenia ziemskiego.

Zadanie 123.
Grupa uczniów otrzymała zadanie wyznaczenia wartości przyspieszenia ziemskiego g za pomocą wahadła matematycznego, ale bez pomiaru okresu jego drgań. Postanowili wykonać je w pociągu, jadącym po długim prostoliniowym odcinku toru i wykorzystać jeszcze wahadło sprężynowe. Masa zawieszona na sprężynie, pobudzana była do drgań przez wstrząsy wywołane przejeżdżaniem pociągu przez złącza szyn. Uczniowie obserwowali, przy jakiej prędkości pociągu, masa wykonywała drgania ze szczególnie dużą amplitudą. Wartość prędkości odczytywali z wyświetlacza w wagonie. Następnie wprawiali w drgania wahadło matematyczne i zmieniali długość jego nici aż do chwili, w której jego okres drgań był taki sam jak masy na sprężynie. Pomiary powtórzyli dla 5 różnych mas zawieszonych na tej samej sprężynie i 5 różnych prędkości pociągu. Długość szyn, z których ułożony był tor, wynosi 40 m. Wyniki pomiarów zapisali w tabeli.

Prędkość pociągu $v\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$	**Długość nici wahadła** l (m)	**Okres drgań wahadła sprężynowego** T (s)
50	2,10	2,88
58	1,59	2,48
70	1,05	2,06
96	0,55	1,50
146	0,28	0,99

Zadanie 123.1.
Zapisz nazwę zjawiska, które powodowało drgania ze szczególnie dużą amplitudą.

Zadanie 123.2.
Sporządzono wykres zależności długości nici wahadła od kwadratu okresu drgań $l(T^2)$.
Oblicz na jego podstawie wartość przyspieszenia ziemskiego.



Zadanie 123.3.
Przyjmij, że w doświadczeniu uzyskano wartość $g = 10{,}38\,\frac{m}{s^2}$.
Poprowadź przez punkty pomiarowe proste o najmniejszym i największym nachyleniu. Oblicz skrajne wartości g oraz niepewność maksymalną tego wyniku.

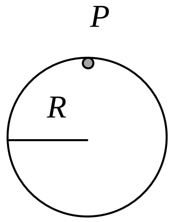
Zadanie 123.4.
Zapisz, który etap doświadczenia miał decydujący wpływ na wartość przyspieszenia ziemskiego wyznaczonego na jego podstawie.

Zadanie 123.5.

Przyjmijmy, że możliwe jest powtórzenie tego doświadczenia na Księżycu.

Zapisz, czy zmierzone długości wahadła matematycznego byłyby takie same jak na Ziemi. Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 124.

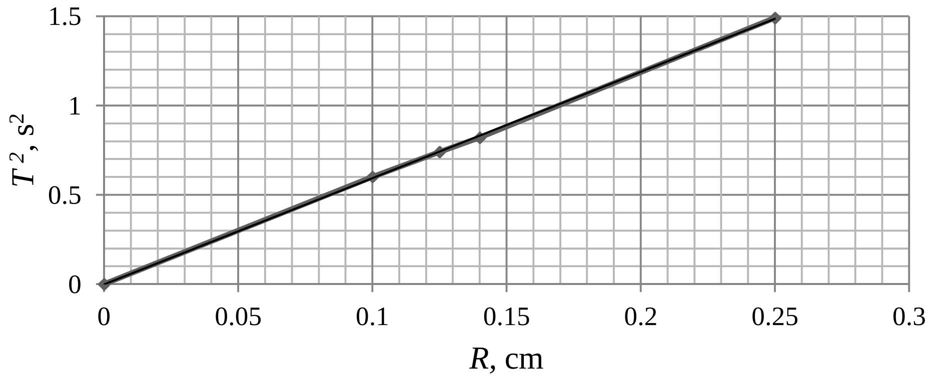


Wahadłem fizycznym nazywamy ciało sztywne zawieszone tak, że po wychyleniu z położenia równowagi może wykonywać drgania względem wybranej osi przechodzącej przez to ciało. Przykładem może być jednorodny krążek o promieniu R (patrz rysunek). Okres drgań takiego wahadła zależy od wyboru osi obrotu. Jeżeli oś przechodzi przez punkt P leżący na brzegu krążka, to okres drgań wahadła, dla małych kątów, możemy wyznaczyć ze wzoru $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$.

Kasia i Arek postanowili wyznaczyć wartość przyspieszenia grawitacyjnego. Kasia, używając opisanego wahadła fizycznego, natomiast Arek – wahadła matematycznego. Arek wykonał doświadczenie dla czterech różnych długości wahadeł l i wyniki przedstawił w postaci tabeli (T – okres drgań).

L (cm)	**10·*T*** (s)
25	9,96
50	14,14
75	54,61
100	63,33

Kasia wykonała pomiary dla 4 krążków o różnych promieniach i wyniki przedstawiła w postaci wykresu zależności kwadratu okresu drgań od promienia krążka.



Zadanie 124.1.

Poniżej zapisano nazwy różnych przedmiotów dostępnych w pracowni fizycznej.

Podkreśl te, które powinien wybrać Arek do wykonania doświadczenia.

(*koralik plastikowy, bawełniana nitka, gumka recepturka, stoper, sprężyna, długa linijka, duża metalowa kula, piłeczka pingpongowa, koralik z naturalnego korala, statyw, ekierka*)

Zadanie 124.2.

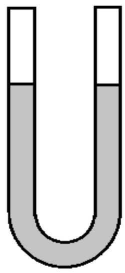
Wyznacz współczynnik kierunkowy prostej i wykorzystując go, oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego w doświadczeniu wykonanym przez Kasię.

Zadanie 124.3.
Arek, wykonując doświadczenie, wychylił wahadło matematyczne o długości 50 cm z położenia równowagi o kąt 5°.
Naszkicuj wykres zależności wychylenia wahadła matematycznego z położenia równowagi od czasu. Na wykresie nanieś wartości liczbowe.

Zadanie 124.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Zależność $T = 2\pi\sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$, pozwalającą obliczyć okresy drgań wahadła fizycznego opisanego w zadaniu, możemy zastosować w przypadku wychylenia wahadła z położenia równowagi o kąt 22°.		
2.	Wahadło matematyczne o długości 25 cm ma taki sam okres drgań jak wahadło fizyczne w kształcie krążka o średnicy 25 cm.		
3.	Zależność $T = 2\pi\sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$, dla wahadła w kształcie krążka, możemy stosować dla osi obrotu prostopadłej do powierzchni krążka i przechodzącej przez punkt leżący w połowie promienia.		

Zadanie 125.
Giętki przeźroczysty wąż ogrodowy o stałym kołowym przekroju i nieznanej długości wypełniono wodą w taki sposób, że widać było poziomy wody w obu uniesionych końcach węża (patrz rysunek).



Zadanie 125.1.
Zaproponuj doświadczenie, pozwalające wyznaczyć okres drgań słupa wody w wężu, znając wartość przyspieszenia ziemskiego oraz mając do dyspozycji stoper. Zapisz w punktach kolejne kroki.

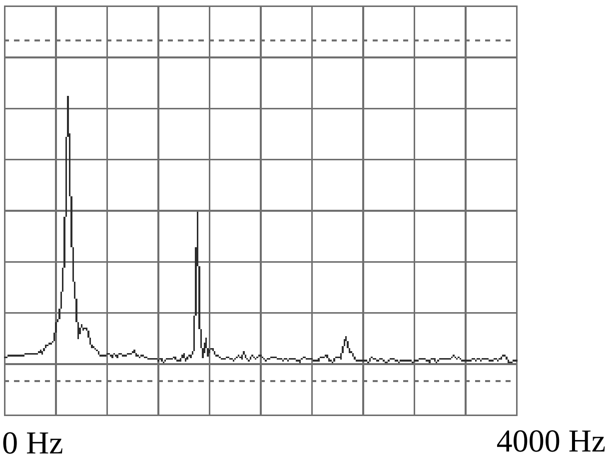
Zadanie 125.2.
Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć długość słupa wody w wężu. Przyjmij, że okres drgań słupa wody jest znany.

Zadanie 125.3.
Podaj i zapisz dwa warunki, jakie należy spełnić, aby zwiększyć dokładność wyznaczania długości słupa cieczy w tym doświadczeniu.

Zadanie 125.4.
Drgania słupa wody w wężu są drganiami harmonicznymi.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Aby ciało drgało ruchem harmonicznym, musi na niego działać siła, której wartość jest
A. podczas drgań przez cały czas stała.
B. wprost proporcjonalna do wychylenia.
C. odwrotnie proporcjonalna do wychylenia.
D. wprost proporcjonalna do kwadratu wychylenia.

Zadanie 126.
Uczniowie badali dźwięki wytwarzane przy pomocy probówki, którą można potraktować jak piszczałkę jednostronnie zamkniętą. Probówka wydawała dźwięk, jeżeli dmuchano nad jej otwartym końcem. Dźwięk był rejestrowany przez mikrofon komputera i analizowany przez program komputerowy. Prędkość dźwięku w powietrzu jest równa 340 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Wykres poniżej otrzymano za pomocą programu Winscope 2.51.



Wykres przedstawia rozkład natężenia dźwięku* składowych harmonicznych dźwięku w zależności od ich częstotliwości (widmo dźwięku).
Na wykresie widoczne są trzy harmoniczne. Pierwsza harmoniczna to ton podstawowy.

Opis wykresu:
– oś pionowa – natężenie dźwięku, jednostki umowne,
– oś pozioma – częstotliwość (od 0 Hz do 4000 Hz).

**natężenie dźwięku – wielkość fizyczna, od której zależy głośność dźwięku.*

Zadanie 126.1.
Odczytaj z wykresu częstotliwość tonu podstawowego i oblicz długość probówki.

Zadanie 126.2.
Wykonaj odpowiednie rysunki fal stojących w probówce i uzasadnij, dlaczego częstotliwość drugiej harmonicznej jest 3 razy większa od częstotliwości tonu podstawowego.

Zadanie 126.3.
W taki sam sposób można badać dźwięki wytwarzane przez drgającą strunę. Pobudzona do drgań jedna ze strun gitary wytwarza dźwięk o częstotliwości podstawowej 800 Hz. Przyjmij, że natężenie dźwięku dla kolejnych harmonicznych jest coraz mniejsze.
Naszkicuj, jak będzie wyglądać widmo dźwięku tej struny gitary, zawierające 3 częstotliwości harmoniczne (pierwszą, drugą i trzecią). Opisz i wyskaluj oś poziomą.

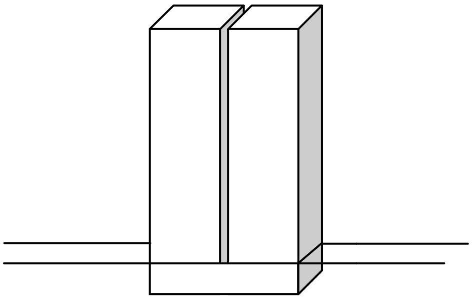
Zadanie 126.4.
Przy pomocy probówki, linijki, komputera z mikrofonem i programem Winscope 2.51. można wyznaczyć prędkość dźwięku w powietrzu.
Zapisz kolejne istotne czynności, jakie należy w tym celu wykonać.

Zadanie 127.
Uczniowie, będąc w Krakowskim Ogrodzie Doświadczeń, badali dźwięki wysyłane przez kamienny kamerton, zwany również idiofonem (patrz rysunek poglądowy oraz zdjęcie). Pocierając go zwilżonymi rękami, wprowadzali w drgania nacięty granitowy słup.

Prędkość rozchodzenia się dźwięku w ciele stałym można wyznaczyć z zależności:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

gdzie E – moduł Younga, ρ – gęstość ciała stałego.



Rysunek poglądowy idiofonu

Źródło: http://www.ogroddoswiadczen.pl/pl.php?s=197 [dostęp: 12.11.2014].

Zadanie 127.1.
Dysponujemy metrem krawieckim, stoperem, termometrem, wagą łazienkową oraz znamy wartość prędkości rozchodzenia się dźwięku w granicie.
Zaproponuj doświadczenie pozwalające wyznaczyć najmniejszą częstotliwość fali dźwiękowej wysyłanej przez idiofon. Podaj odpowiednią zależność fizyczną pozwalającą ją wyznaczyć.

Zadanie 127.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Częstotliwość fal wysyłanych przez idiofon i rozchodzących się w powietrzu w stosunku do częstotliwości drgań idiofonu jest

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	mniejsza,	ponieważ	A	prędkość dźwięku w powietrzu jest mniejsza niż w granicie.
2.	większa,		B	prędkość dźwięku w powietrzu jest większa niż w granicie.
3.	taka sama,		C	fale te są wysyłane przez drgający idiofon.

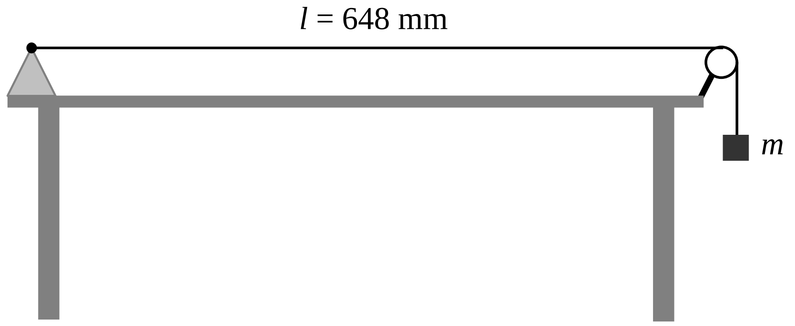
Zadanie 127.3.
Obok tego idiofonu postawiono 3 inne wykonane z tego samego materiału, różniące się tylko wysokością. Załóż, że ich wysokości spełniały warunek $h_1 : h_2 : h_3 : h_4 = 4 : 1 : 2 : 3$.
Sporządź wykres słupkowy przedstawiający zależność długości najdłuższej fali stojącej, powstającej w kolejnych idiofonach, wyrażonej przez wysokość idiofonu h_2, od numeru idiofonu.

Zadanie 127.4.
Dwa identyczne kamienne kamertony ustawiono blisko siebie. Jeden z nich wprowadzono w drgania.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Drugi z idiofonów także zaczął drgać, wydając dźwięk o tej samej częstotliwości.		
2.	Oblepienie jednego z idiofonów betonem nie wpłynie na częstotliwość wydanego przez niego dźwięku.		
3.	W opisanej sytuacji mamy do czynienia ze zjawiskiem rezonansu mechanicznego.		

Zadanie 127.5.
Dysponując danymi: wysokością idiofonu, podstawową częstotliwością generowanego dźwięku, masą oraz modułem Younga dla materiału, z którego wykonano idiofon, wyprowadź wzór pozwalający obliczyć pole podstawy tego kamertonu.

Zadanie 128.
Uczniowie postanowili dokonać pomiaru częstotliwości podstawowej drgań w strunie gitary. Wykorzystali w tym celu stalową strunę o długości 800 mm. Strunę zamocowali tak, jak na rysunku i pobudzali do drgań początkowo tylko lekko naprężoną, obciążoną jednym z kilku jednakowych obciążników o masie *m*. Częstotliwość drgań badali, zbliżając do struny cewkę z namagnesowanym rdzeniem. Zmienne napięcie wytwarzane w cewce przez drgającą strunę analizowali za pomocą elektronicznego częstotliwościomierza. Wyniki pomiarów zapisywali w tabeli.



Zadanie 128.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	W metalach mogą rozchodzić się zarówno drgania podłużne, jak i poprzeczne.		
2.	Długość fali o częstotliwości podstawowej wytworzonej w drgającej strunie jest równa 648 mm.		
3.	Zmienne napięcie wytwarzane w cewce pomiarowej powstaje dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej.		

Zadanie 128.2.
Strunę lekko naprężoną podparto tak, że podzielono ją w stosunku 1:3 i krótszy jej odcinek pobudzono do drgań.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Częstotliwość podstawowa, z jaką drga teraz krótszy odcinek struny w porównaniu z częstotliwością, z jaką początkowo drgała cała struna, jest
A. 3 razy większa.
B. 3 razy mniejsza.
C. 4 razy większa.
D. 4 razy mniejsza.

Zadanie 128.3.
Wartości prędkości dźwięku w różnych materiałach podawane są w sytuacji, gdy materiał nie jest poddany naprężeniom (np. dla stali ta wartość jest równa 5100 m/s). Struny instrumentów muzycznych są jednak podczas strojenia naciągane, co powoduje powstanie naprężeń. W takich warunkach prędkość dźwięku obliczamy, korzystając ze wzoru:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \ (*),$$

gdzie F to wartość siły naprężającej, a μ jest masą odcinka struny o długości 1 m.

A. Zapisz w punktach istotne czynności, jakie musieli wykonać uczniowie w celu sprawdzenia słuszności wzoru (*).
B. Zaproponuj tabelę pomiarową konieczną do przeprowadzenia doświadczenia.

Zadanie 128.4.
Wartości prędkości dźwięku w różnych materiałach podawane są w sytuacji, gdy materiał nie jest poddany naprężeniom (np. dla stali ta wartość jest równa 5100 m/s). Struny instrumentów muzycznych są jednak podczas strojenia naciągane, co powoduje powstanie naprężeń. W takich warunkach prędkość dźwięku obliczamy, korzystając ze wzoru:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \ (*),$$

gdzie F to wartość siły naprężającej, a μ jest masą odcinka struny o długości 1 m.
Wykaż, że wzór (*) można zapisać również w postaci:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}},$$

gdzie ρ to gęstość materiału, z którego wykonano strunę, a S to jej powierzchnia przekroju poprzecznego.

Zadanie 128.5.
Wartości prędkości dźwięku w różnych materiałach podawane są w sytuacji, gdy materiał nie jest poddany naprężeniom (np. dla stali ta wartość jest równa 5100 m/s). Struny instrumentów muzycznych są jednak podczas strojenia naciągane, co powoduje powstanie naprężeń. W takich warunkach prędkość dźwięku obliczamy, korzystając ze wzoru:

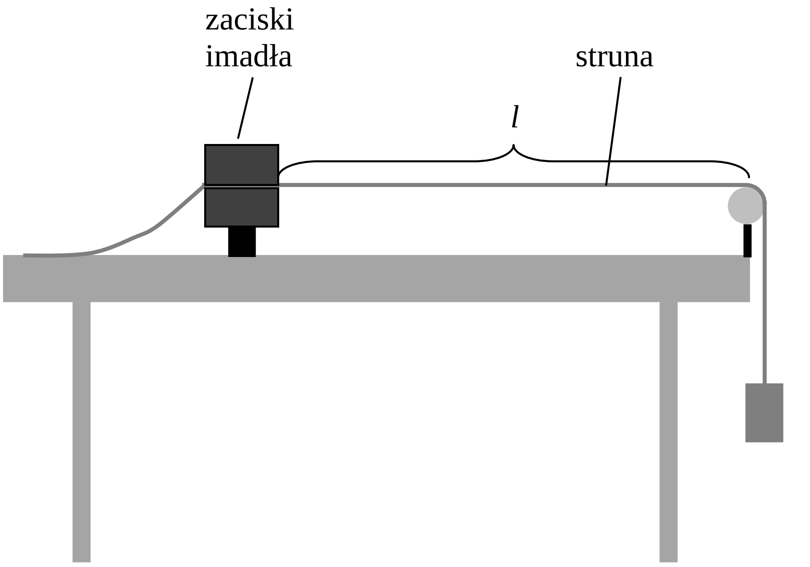
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \ (*),$$

gdzie F to wartość siły naprężającej, a μ jest masą odcinka struny o długości 1 m.
Wykaż, zapisując wzory, że częstotliwości drgań struny można wyrazić wzorem:

$$f_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\mu}},$$

gdzie n = 1, 2, 3 …

Zadanie 129.
Uczniowie mieli za zadanie sprawdzić doświadczalnie zależność częstotliwości podstawowej drgań struny od długości drgającej części struny. Na stole w różnych miejscach umieszczali imadło i przytrzymywali strunę za pomocą jego zacisków. Strunę naprężali w ten sposób, że była ona przewleczona przez krążek przytwierdzony do brzegu stołu, a do końca struny przymocowany został ciężarek, który zwisał na strunie obok stołu (patrz rysunek). Uczniowie pobudzali strunę do drgań. Wydawane przez nią dźwięki rejestrowali za pomocą mikrofonu podłączonego do komputera, a następnie przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego analizowali widmo częstotliwości tych dźwięków. Pomiary wykonali dla kilku różnych długości drgającej części struny, zmieniając położenie imadła przy zachowaniu takiej samej siły naciągu struny. Wartość częstotliwości podstawowej drgań struny dla kilku różnych długości naciągniętej, drgającej części struny zostały zamieszczone w tabeli.



Długość naciągniętej, drgającej części struny *l* (cm)	20	40	60	80
Częstotliwość podstawowa drgań struny *f* (Hz)	890	440	300	220

Zadanie 129.1.
Przedstaw na wykresie zależność częstotliwości podstawowej drgań struny od długości jej drgającej części. Zaznacz niepewności wszystkich punktów pomiarowych i przeprowadź przez nie krzywą. Przyjmij, że niepewności długości drgającej części struny wynosiły 2 cm, a niepewności częstotliwości 20 Hz.

Zadanie 129.2.
Oszacuj, korzystając z danych w tabeli, średnią wartość prędkości rozchodzenia się fali w tej strunie oraz jej niepewność. Za niepewność przyjmij większą z różnic między obliczoną średnią wartością prędkości, a którąś ze skrajnych wartości.

Zadanie 129.3.
Nazwijmy wydawany przez strunę ton podstawowy pierwszą harmoniczną i oznaczmy ją numerem n = 1. Wszystkie kolejne harmoniczne, jakie teoretycznie mogą się pojawić w strunie, oznaczmy kolejnymi numerami, tzn. drugą n = 2, trzecią n = 3 itd.
Wyprowadź wzór wiążący częstotliwość tonu z długością drgającej części struny *l*, prędkością rozchodzenia się fali w strunie v oraz numerem harmonicznej *n*.

Zadanie 129.4.

Wartość prędkości rozchodzenia się fali w strunie o gęstości liniowej $\mu = \frac{m}{l}$ (m – masa struny, l – długość struny) naprężonej siłą o wartości F można obliczyć ze wzoru:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}.$$

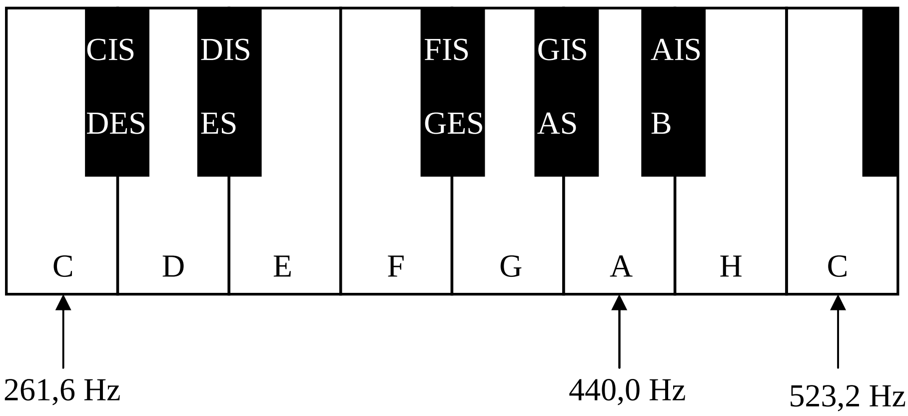
Zaznacz właściwe stwierdzenie i jego poprawne uzasadnienie.

Podczas strojenia instrumentów strunowych (regulacji częstotliwości wytwarzanych przez nie dźwięków) wysokość dźwięku można zwiększyć poprzez

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	zwiększenie	siły naciągu struny, ponieważ dzięki temu wartość prędkości rozchodzenia się fali w strunie	A	zmniejsza się.
2.	zmniejszenie		B	zwiększa się.

Zadanie 129.5.

Na rysunku przedstawiono fragment klawiatury pianina z zapisanymi na klawiszach nazwami wszystkich dźwięków oraz częstotliwościami wybranych dźwięków. Każdy kolejny dźwięk odpowiadający kolejnemu klawiszowi w prawo (nieważne, czy białemu, czy czarnemu) ma częstotliwość $\sqrt[12]{2}$ razy większą od poprzedniego.



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Częstotliwość dźwięku DIS/ES jest równa

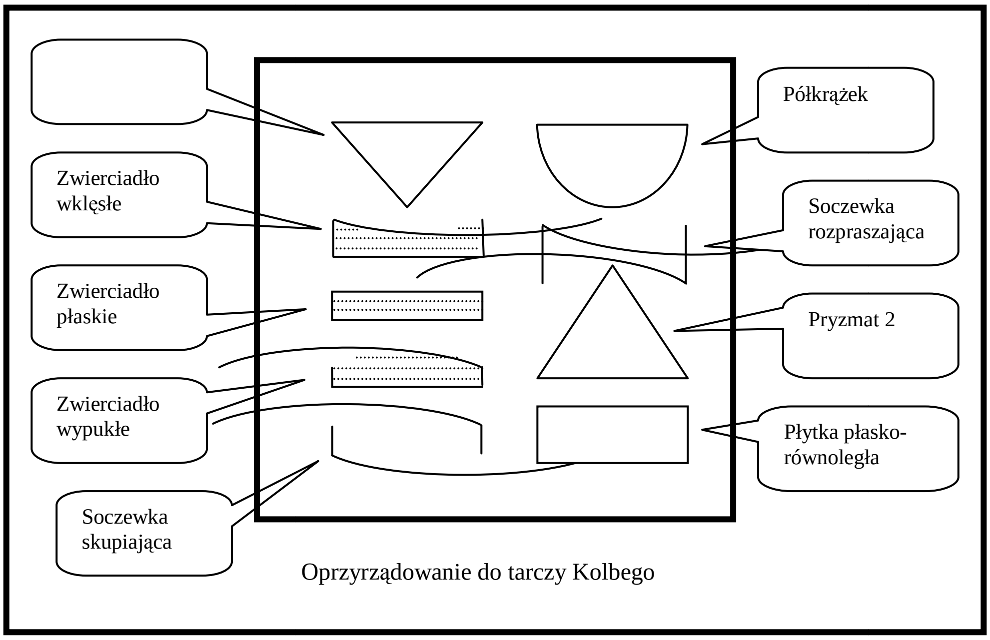
A. 293,7 Hz. B. 311,1 Hz. C. 329,6 Hz. D. 349,2 Hz.

Zadanie 130.

W celu wyznaczenia współczynnika załamania z wykorzystaniem pomiaru kąta granicznego użyto lasera i tarczy Kolbego (patrz rysunek 1) wraz z wyposażeniem (patrz rysunek 2). Elementy zaznaczone na rysunku 2. jako białe, niewypełnione wykonane zostały z przeźroczystego tworzywa sztucznego.

Rysunek 1

Źródło: http://fizyka.net.pl/nauczanie/nauczanie_op.html [dostęp: 10.11.2014].



Rysunek 2

Zadanie 130.1.

Wybierz i zapisz poniżej nazwy tych przyrządów oraz elementów wyposażenia zaprezentowanego zestawu, które muszą być użyte do wyznaczenia współczynnika załamania badanego materiału.

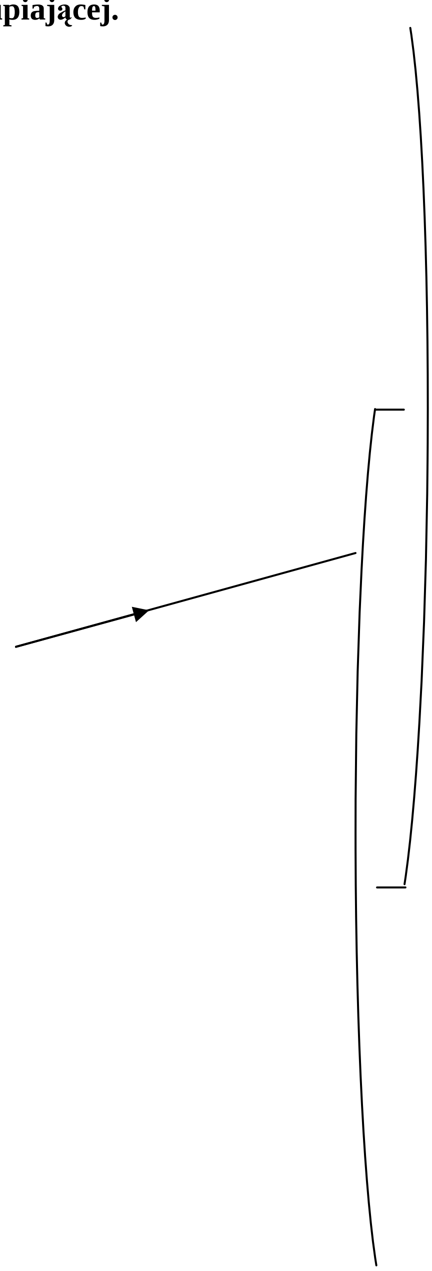
Zadanie 130.2.

Zapisz kolejność wykonywanych czynności w celu wyznaczenia współczynnika załamania.

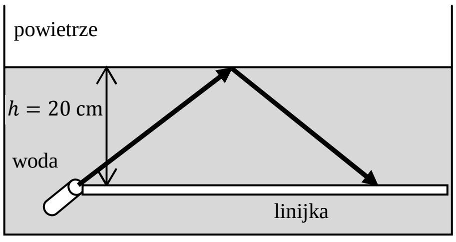
Zadanie 130.3.

Wykaż, wykorzystując prawo załamania, że związek między kątem granicznym a współczynnikiem załamania można zapisać jako $\sin \alpha_{gr} = \frac{1}{n}$.

Zadanie 130.4.
Narysuj dalszy bieg promienia laserowego tak, by znalazł się po przeciwnej stronie soczewki skupiającej.



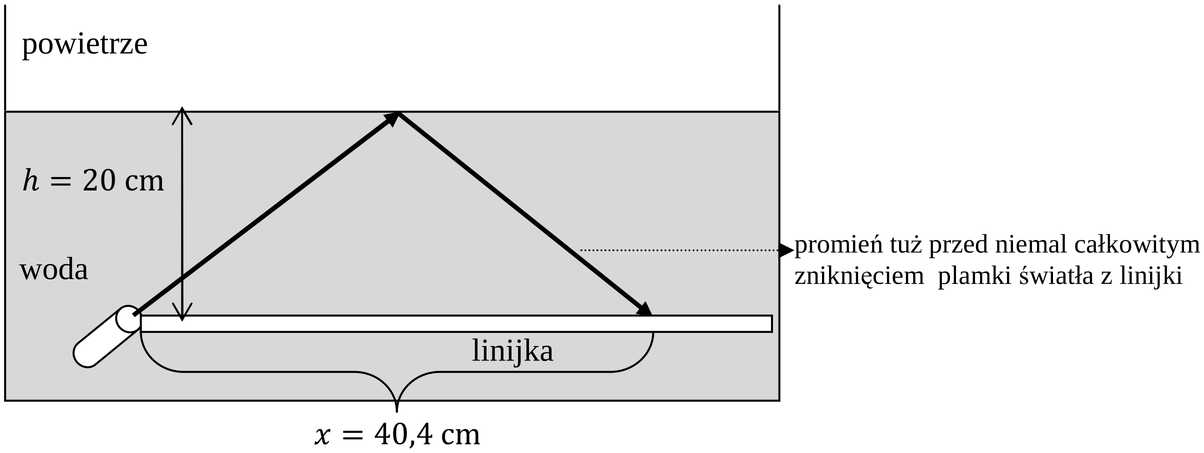
Zadanie 131.
Zjawisko załamania światła można wykorzystać do wyznaczenia wartości bezwzględnego współczynnika załamania danej substancji. Aby tego dokonać, przeprowadzono następujące doświadczenie. Na dnie akwarium wypełnionego wodą umieszczono laser, który oświetlał powierzchnię wody pod kątem, który można zmieniać. Gdy kąt padania światła na lustro wody był duży, na linijce widać było wyraźnie plamkę światła (patrz rysunek).



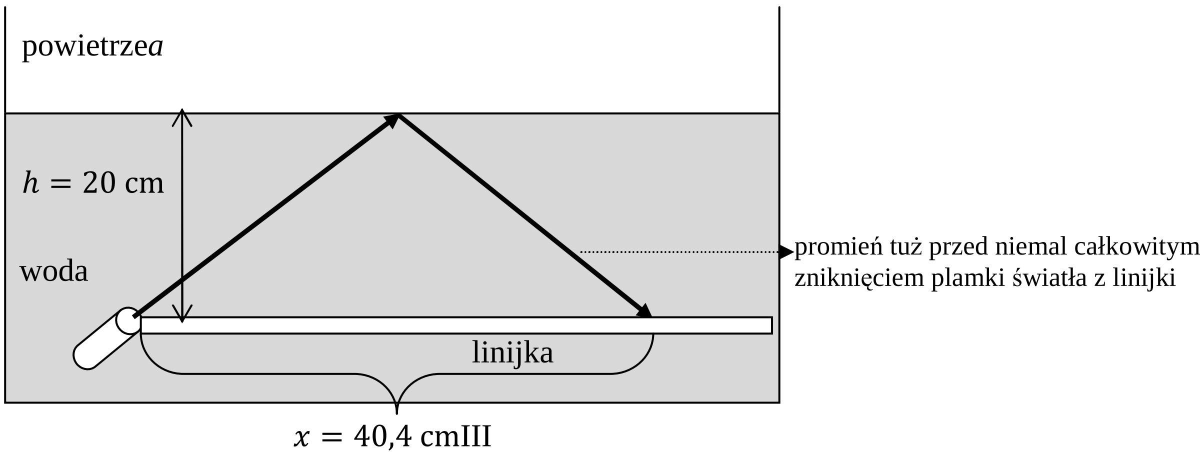
Stopniowo zmniejszano kąt padania światła na powierzchnię wody aż do chwili, gdy plamka światła, dotychczas bardzo wyraźna, niemal zniknęła z linijki.

Zadanie 131.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Na etapie doświadczenia, przedstawionym na rysunku powyżej, obserwowane było zjawisko
A. odbicia światła.
B. polaryzacji światła.
C. załamania światła.
D. całkowitego wewnętrznego odbicia.

Zadanie 131.2.
Narysuj dalszy bieg promienia w chwili, gdy plamka światła na linijce będzie niemal niewidoczna.



Zadanie 131.3.
W trakcie doświadczenia zaobserwowano, że tuż przed niemal całkowitym zniknięciem z linijki, plamka światła znajdowała się w odległości $x = 40{,}4$ cm od lasera.



Oszacuj wartość bezwzględnego współczynnika załamania wody.

Zadanie 131.4.

W kolejnym etapie doświadczenia laser umieszczono nad wodą tak, że światło przechodzi z powietrza do wody. Światło skierowano na lustro wody początkowo pod dużym kątem, który stopniowo zmniejszano.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia w trakcie tego etapu doświadczenia

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><td rowspan="4">ponieważ światło przechodzi z ośrodka optycznie rzadszego</td><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">będzie obserwowane,</td><td>A</td><td>do optycznie gęstszego i relacja kątów padania i granicznego nie jest istotna.</td></tr>
<tr><td>B</td><td>do optycznie gęstszego oraz kąt padania jest mniejszy od kąta granicznego.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>nie będzie obserwowane,</td><td>C</td><td>do optycznie gęstszego oraz kąt padania jest większy od kąta granicznego.</td></tr>
</table>

Zadanie 131.5.

Przyjmij, że współczynnik załamania wody ma wartość $n = 1{,}41$, a niepewność pomiaru tego współczynnika ma wartość $\Delta n = 0{,}01$.

Oblicz niepewność względną wyniku uzyskanego w doświadczeniu. Wynik podaj w procentach z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Zadanie 132.

Na zajęciach uczniowie mieli wyznaczyć ogniskową soczewki skupiającej. W tym celu wykorzystali ławę optyczną, soczewkę, ekran i świecący przedmiot. Po zamocowaniu soczewki na ławie optycznej świecący przedmiot ustawiali w coraz większej odległości od soczewki. Za każdym razem dokonywali pomiaru odległości przedmiotu i ekranu, na którym powstawał ostry i wyraźny obraz od soczewki. Wyniki pomiarów przedstawili w tabeli.

x (cm)	30	40	60	70	80	100
y (cm)	61	40	29	28	27	25

Zadanie 132.1.

Ustal, nie wykonując obliczeń, ile wynosi ogniskowa soczewki. Uzasadnij wybraną metodę.

Zadanie 132.2.

Narysuj wykres zależności odległości obrazu od odległości przedmiotu od soczewki i na podstawie otrzymanego wykresu zapisz przedział odpowiadający obrazom rzeczywistym powiększonym.

Zadanie 132.3.

Zdolność skupiająca soczewki użytej w doświadczeniu wynosiła 5 D.

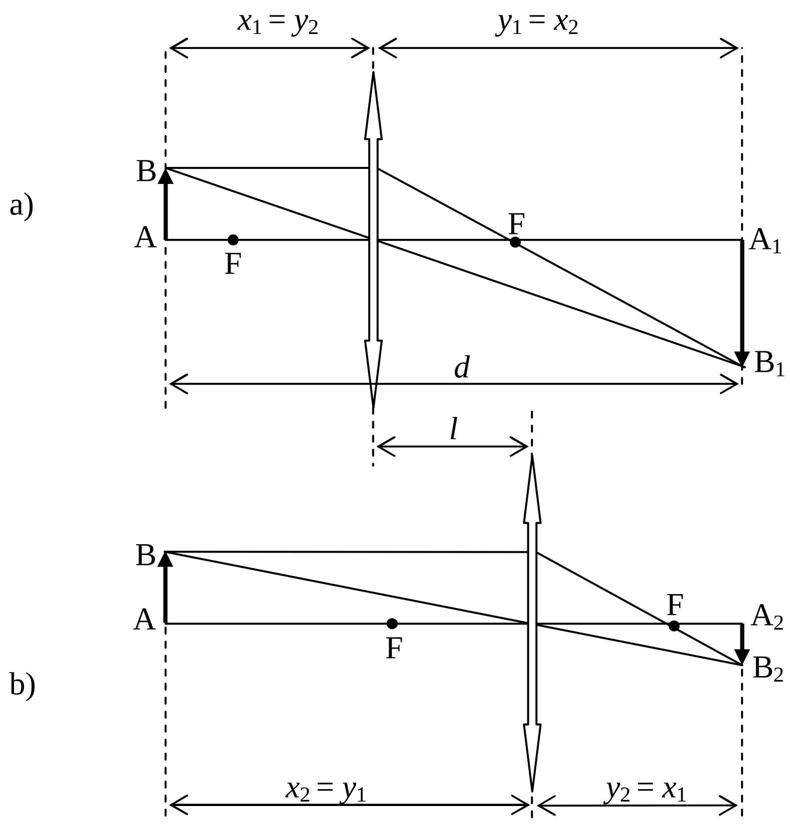
Oblicz, korzystając z danych w tabeli, powiększenie obrazu w sytuacji, gdy świecący przedmiot umieszczono w odległości 60 cm od soczewki. Porównaj wynik z obliczonym teoretycznie, obliczając błąd względny.

Zadanie 132.4.

Uczniowie podczas doświadczenia używali płasko-wypukłej soczewki o promieniu krzywizny 12 cm i ogniskowej 20 cm.

Oblicz współczynnik załamania materiału, z którego wykonana jest soczewka.

Zadanie 133.
Najprostsza metoda wyznaczania ogniskowych soczewek skupiających polega na bezpośrednim pomiarze odległości *x* przedmiotu od soczewki oraz soczewki od ekranu *y* po otrzymaniu na ekranie ostrego obrazu przedmiotu. Podstawiając odczytane wartości pomiarowe do równania soczewki, można obliczyć wartość ogniskowej soczewki. Jest to metoda niedokładna, ponieważ *x* i *y* powinny być mierzone od środka soczewki, a ustalenie tego położenia zwłaszcza dla soczewek o różnych promieniach krzywizn jest obarczone dużym błędem.
W celu dokładniejszego wyznaczania ogniskowych soczewek skupiających stosuje się metodę Bessela. W metodzie tej nie mierzy się odległości przedmiotu i obrazu od środka optycznego soczewki *l*, ale odległości przedmiotu od ekranu *d* oraz odległości pomiędzy dwoma położeniami soczewki, dla których na ekranie otrzymuje się ostre obrazy, powiększony oraz pomniejszony dla tego samego przedmiotu.
Poniższe rysunki przedstawiają powstawanie dwóch obrazów: a) powiększonego i b) pomniejszonego w metodzie Bessela.
Przy stałej odległości *d* między przedmiotem a ekranem istnieją dwa położenia soczewki, dla których na ekranie otrzymujemy wyraźne obrazy przedmiotu AB:
a) powiększonego $A_1 B_1$,
b) pomniejszonego $A_2 B_2$.



Te dwie pozycje ustawienia soczewek różnią się tym, że odległości *x* i *y* zamieniają się miejscami: odległość przedmiotu od soczewki x_1 w jednej pozycji staje się odległością obrazu od soczewki y_2 w drugiej pozycji i odwrotnie.
Z rysunków można określić następujące zależności: $d = x + y$ oraz $l = y - x$

można zatem wykazać, że: $x = \dfrac{d - l}{2}$ oraz $y = \dfrac{d + l}{2}$

Na podstawie: www.fizyka.wip.pcz.pl/docs/labs/optyka/O-3.pdf [dostęp: 11.11.2014].

Zadanie 133.1.
Korzystając z przedstawionych zależności, wykaż, że ogniskową soczewki można opisać równaniem:

$$f = \frac{d^2 - l^2}{4 \cdot d}.$$

Zadanie 133.2.
Jeden z uczniów po analizie równania $f = \frac{d^2 - l^2}{4 \cdot d}$ stwierdził, że możliwe jest wyznaczenie ogniskowej metodą Bessela jedynie wtedy, gdy spełniona jest nierówność $d > 4 \cdot f$.
Wykaż, zapisując odpowiednie zależności, czy uczeń miał rację.

Zadanie 133.3.
Uczniowie skorzystali z ławy optycznej o długości 1 m, na której można było odczytać położenie poszczególnych elementów z dokładnością 0,5 cm. Jako przedmiot wykorzystali włókno małej żarówki świecącej z niepełną jasnością, dające wyraźny obraz na ekranie.
Uczniowie dla tej samej soczewki wykonali 3 pomiary przy różnych odległościach pomiędzy przedmiotem i ekranem. Wyniki pomiarów umieścili w tabeli.

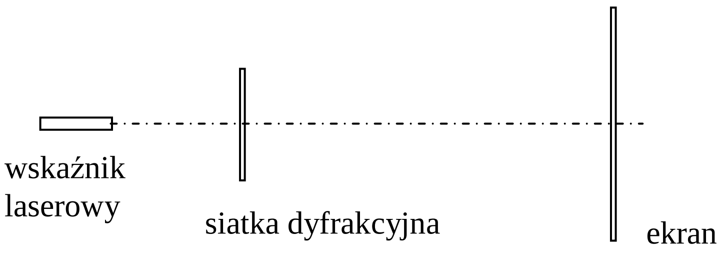
Numer pomiaru	**Odległość ekranu od przedmiotu** d (cm)	**Odległość soczewki od ekranu dla obrazu**		$l = y_1 - y_2$	**Obliczona wartość ogniskowej soczewki** f (cm)	$f_{śr}$ (cm)
		powiększonego y_1 (cm)	pomniejszonego y_2 (cm)			
1.	98,5	70,0	28,0	42,0		
2.	90,0	60,5	30,0	30,5		
3.	83,5	50,0	33,5	16,5		

Uzupełnij brakujące wartości w tabeli oraz oblicz średnią wartość ogniskowej badanej soczewki. Wyniki obliczeń wpisz z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Zadanie 133.4.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Względna niepewność pomiaru odległości soczewki od ekranu (y_2) jest
A. najmniejsza dla pomiaru 1.
B. najmniejsza dla pomiaru 2.
C. najmniejsza dla pomiaru 3.
D. dla wszystkich pomiarów jednakowa.

Zadanie 133.5.
Wyjaśnij, dlaczego opisana metoda nie nadaje się do wyznaczania ogniskowych pojedynczych soczewek rozpraszających.

Zadanie 134.
Na lekcji fizyki uczniowie z obudowy wskaźnika laserowego odczytali informację, że długość fali wysyłanej przez wskaźnik jest równa 730 nm. Postanowili sprawdzić tę informację doświadczalnie za pomocą siatki dyfrakcyjnej. W tym celu wybrali siatkę dyfrakcyjną mającą 100 rys na jednym milimetrze i zbudowali układ przedstawiony na rysunku poniżej.



Ekran o szerokości 130 cm ustawili w odległości 1,5 m od siatki dyfrakcyjnej tak, że jasny prążek zerowego rzędu znajdował się w połowie szerokości ekranu. Odległość jasnego prążka pierwszego rzędu od prążka rzędu zerowego zmierzona na ekranie wynosiła 11 cm.

Zadanie 134.1.
Kąt ugięcia jasnego prążka pierwszego rzędu jest mały i można stosować podczas obliczeń przybliżenie $\sin \alpha \approx \mathrm{tg}\, \alpha$.
Oblicz długość światła wysyłanego przez wskaźnik laserowy, wynik podaj w nanometrach.

Zadanie 134.2.
Oblicz, ile wszystkich jasnych prążków można otrzymać za pomocą wybranej siatki.

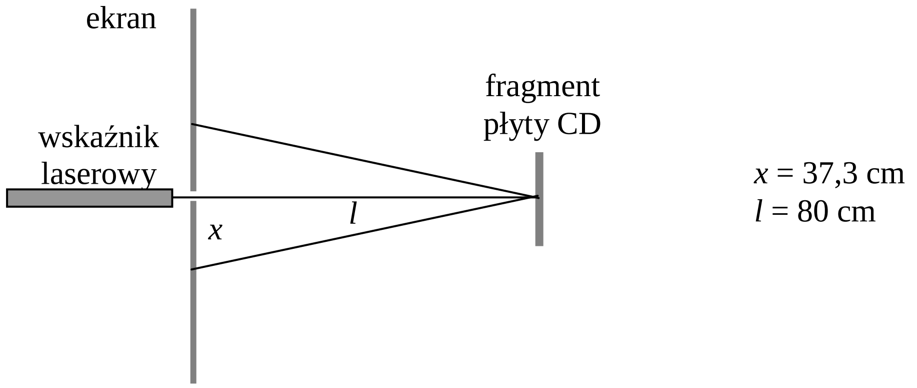
Zadanie 134.3.
Wykaż, że na wybranym ekranie mogą być widoczne maksymalnie prążki 5 rzędu. W obliczeniach skorzystaj z fragmentu tablic funkcji trygonometrycznych.

α°	**sin α**	**tg α**
13,0	0,225	0,231
17,0	0,292	0,306

α°	**sin α**	**tg α**
21,4	0,365	0,392
26,0	0,438	0,488

Zadanie 135.
W pracowni szkolnej uczniowie znaleźli wskaźnik laserowy, który wysyłał wiązkę światła o barwie czerwonej. Brak było jednak dokładnej informacji o długości fali wysyłanej przez laser. Jeden z uczniów zaproponował do wyznaczenia długości fali wysyłanej przez laser wykorzystanie, jako odbiciowej siatki dyfrakcyjnej, fragmentu płyty CD lub DVD, z której usunięto zewnętrzną warstwę lakieru z napisami.
Dane na płycie zapisane są w postaci spiralnej ścieżki biegnącej od środka do brzegu płyty. Na każdej ścieżce znajdują się gęsto umieszczone, wypalone wiązką światła laserowego, odpowiednie sekwencje wgłębień. Układ ścieżek, który na niewielkim obszarze płyty jest prawie równoległy, można potraktować, jako odbiciową siatkę dyfrakcyjną. Odległości między kolejnymi „szczelinami” w płycie CD są równe 1,6 μm, a w płycie DVD 0,74 μm.

Uczniowie, wykorzystując fragment płyty CD, zbudowali układ doświadczalny przedstawiony na rysunku i dokonali pomiarów dla prążka 1 rzędu oraz obliczyli długość fali wysyłanej przez laser korzystając ze wzoru $\lambda = \dfrac{d \cdot x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$ (*).



Zadanie 135.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Prążki interferencyjne uzyskane na ekranie w doświadczeniu dla odbiciowej siatki dyfrakcyjnej są wielobarwne.		
2.	Wyniki doświadczeń podczas odbicia lub przejścia światła lasera przez płytę, wykorzystaną jako siatka dyfrakcyjna, będą takie same.		
3.	Jeżeli światło lasera przechodzi przez płytę, to jej ścieżki są traktowane jak szczeliny w siatce dyfrakcyjnej.		

Zadanie 135.2.
Oszacuj w nanometrach długość światła wysyłanego przez laser, przyjmując, że do doświadczenia użyto jako siatki odbiciowej fragmentu płyty CD.

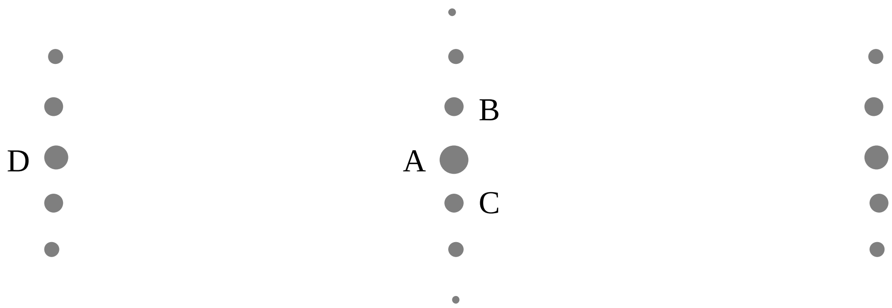
Zadanie 135.3.
Wyprowadź wzór (*) pozwalający obliczyć długość fali światła emitowanego przez laser, korzystając z własności siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 135.4.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Użycie w doświadczeniu płyty DVD zamiast płyty CD, przy takich samych ustawieniach (źródła światła, siatki dyfrakcyjnej i ekranu) spowodowałoby, że odległości x na ekranie, dla tego samego rzędu widma, byłyby

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	większe,	ponieważ	A	dla gęściej rozmieszczonych szczelin w siatce dyfrakcyjnej ugięcie światła będzie mniejsze.
2.	takie same,		B	w obu doświadczeniach zachowano te same ustawienia i użyto jednakowych źródeł światła laserowego.
3.	mniejsze,		C	dla gęściej rozmieszczonych szczelin w siatce dyfrakcyjnej ugięcie światła będzie większe.

Zadanie 135.5.
Podczas korzystania ze wzoru $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ dla siatki dyfrakcyjnej i wykonywania obliczeń często przyjmuje się dla małych kątów przybliżenie $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha$.
Oszacuj błąd względny wyznaczenia długości fali światła wysyłanego przez laser, jaki popełniliby uczniowie, gdyby w opisanej sytuacji przyjęli to przybliżenie do obliczeń.

Zadanie 136.
Uczniowie badali siatkę dyfrakcyjną, która powstała ze sklejonych ze sobą dwóch siatek dyfrakcyjnych. Po zamocowaniu siatki i ekranu skierowali na siatkę czerwone światło o długości fali λ = (640 ± 10) nm emitowane przez wskaźnik laserowy. Na ekranie otrzymali obraz widoczny na rysunku.



Odległości pomiędzy oznaczonymi prążkami były równe $|AD|$ = a = 8,5 cm i $|BC|$ = 1,7 cm. Ekran znajdował się w odległości b = 25 cm od siatki.

Zadanie 136.1.
Wykonaj schematyczny rysunek przedstawiający opisany układ doświadczalny i promienie tworzące na ekranie prążki A i D. Opisz wszystkie elementy tego rysunku. Zaznacz na rysunku odległości *a* i *b*.

Zadanie 136.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Z analizy obrazu prążków, który jest widoczny na ekranie, wynika, że ustawienie szczelin względem siebie oraz stosunek liczby szczelin/mm (rys/mm) dla obu siatek poprawnie zapisano w wierszu tabeli oznaczonym literą

	Ustawienie szczelin względem siebie	**Stosunek liczby rys/mm tych siatek**
A	równoległe	5
B	równoległe	10
C	prostopadłe	5
D	prostopadłe	10

Zadanie 136.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

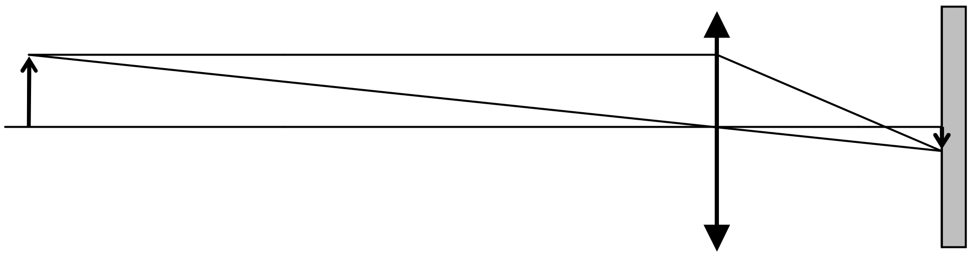
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Większą liczbę rys/mm ma siatka, która wytworzyła prążki B i C.		
2.	Maksymalna liczba prążków powstających na ekranie zależy od liczby rys/mm siatki.		
3.	Można tak ustawić 2 siatki względem siebie, aby wszystkie prążki znajdowały się w 1 linii.		

Zadanie 136.4.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Jeżeli szerokość ekranu jest równa początkowej odległości siatki dyfrakcyjnej od ekranu b, to po odsunięciu ekranu od siatki liczba prążków widocznych na ekranie będzie

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	mniejsza,	ponieważ	A	maksymalny rząd widma nie zmieni się.
2.	taka sama,		B	wzrośnie odległość między prążkami.
3.	większa,		C	kąty ugięcia promieni zmaleją.

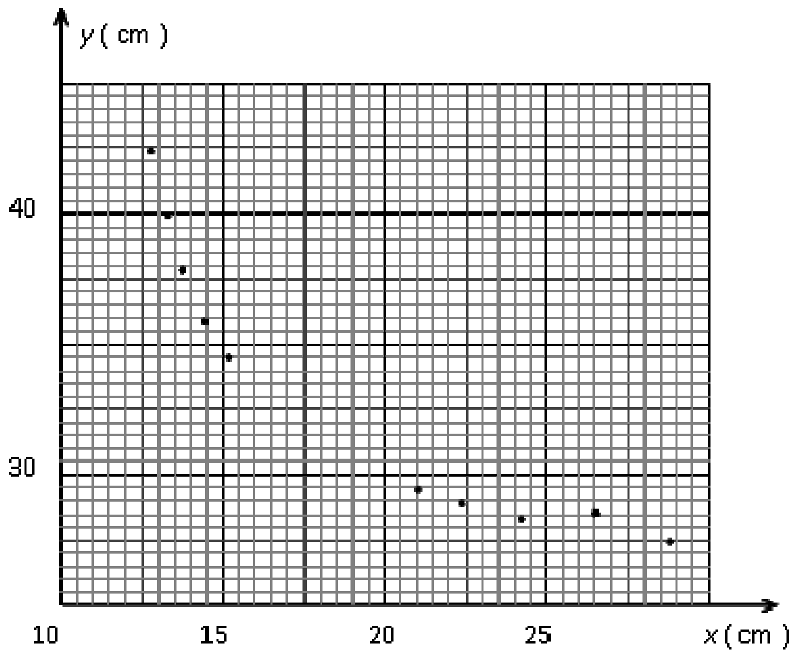
Zadanie 136.5.
Oblicz, ile rys/mm ma siatka, dla której prążek oznaczony literą D jest prążkiem pierwszego rzędu. Oszacuj niepewność otrzymanego wyniku. Przyjmij, że sin α został wyznaczony z dokładnością ± 4%.

Zadanie 137.
Podczas zajęć szkolnych uczniowie dysponowali ławą optyczną, źródłem światła w kształcie strzałki, soczewką skupiającą oraz ekranem. Zmontowali układ doświadczalny, uzyskując ostry obraz świecącej strzałki na ekranie oraz wykonali schematyczny rysunek ilustrujący opisaną sytuację.



Zadanie 137.1.
Uzupełnij zdanie, wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.
Gdy w sytuacji przedstawionej na rysunku przesuniemy soczewkę w stronę ekranu, to obraz będzie ……………………………… (ostry/nieostry) oraz …..………………………………… (większy/mniejszy) w porównaniu z obecnie otrzymanym.

Zadanie 137.2.
Po zmontowaniu układu optycznego uczniowie przystąpili do ustawiania źródła światła oraz soczewki w taki sposób, aby na ekranie powstawały ostre obrazy świecącej strzałki, mierząc równocześnie odległości przedmiotu *x* i obrazu *y* od soczewki. Następnie zmierzone wartości nanieśli na wykres *y*(*x*).



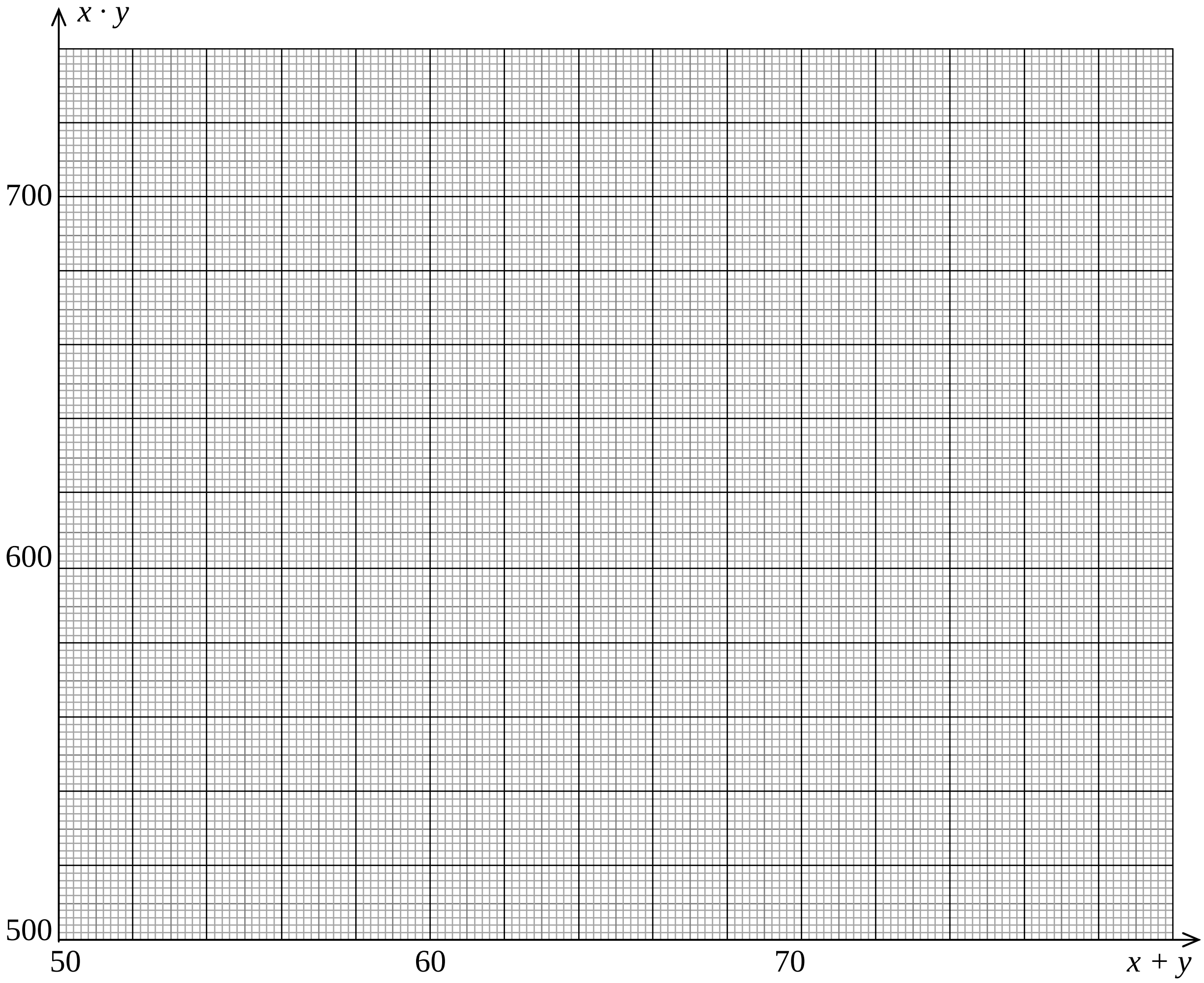
Uzupełnij wykres, prowadząc ciągłą linię. Na podstawie wykresu oszacuj jedną parę wartości odległości *x* oraz *y* dla *x* z przedziału 17–20 cm.

Zadanie 137.3.

Aby wyznaczyć ogniskową innej soczewki, uczniowie postanowili sporządzić wykres, na którym ogniskowa będzie współczynnikiem kierunkowym prostej. W tym celu sporządzili tabelkę z wynikami pomiarów odległości przedmiotu *x* i obrazu *y* od soczewki oraz obliczeniami.

x (cm)	12,0	12,2	12,5	12,8	13,3	13,8
y (cm)	59,4	54,2	49,5	42,6	39,4	36,2
x* + *y (cm)	71,4	66,4	62,0	55,4	52,7	50,0
x* · *y (cm^2)	713	661	619	545	524	500

Na podstawie danych w tabeli sporządź wykres zależności iloczynu *x*·*y* od sumy (*x* + *y*). Na podstawie wykresu oblicz ogniskową soczewki.



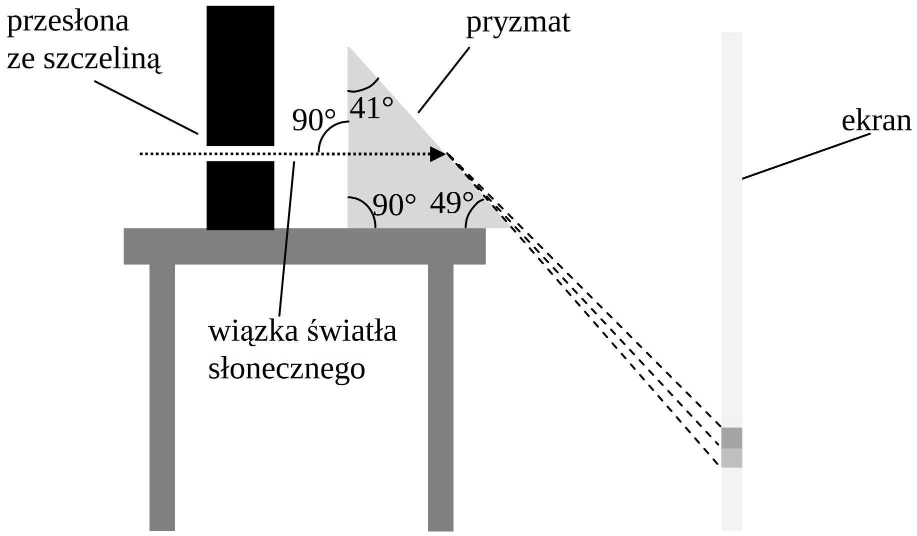
Zadanie 137.4.

Wyznaczając doświadczalnie ogniskową kolejnej soczewki, uczniowie zmierzyli odległości *y* obrazu od soczewki oraz *x* przedmiotu od soczewki. Wielkości te wynosiły odpowiednio $x = 12{,}5$ cm, $y = 49{,}5$ cm. Niepewności pomiarowe obu odległości wynosiły ± 2 mm.

Na podstawie powyższych danych oblicz ogniskową soczewki. Korzystając z metody najmniej korzystnego przypadku, oblicz niepewność bezwzględną oraz względną ogniskowej soczewki. Wyniki obliczeń podaj w jednostkach układu SI z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

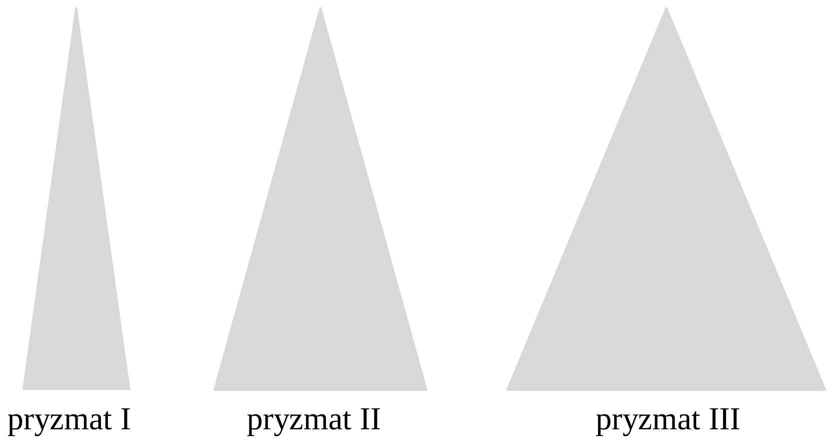
Zadanie 138.

Uczniowie badali zjawisko rozszczepienia światła białego za pomocą szklanego pryzmatu. Na poziomo ustawiony pryzmat skierowali poziomo biegnącą wąską wiązkę białego światła słonecznego po przejściu przez długą i wąską szczelinę. Za pryzmatem umieszczony został ekran, na którym zaobserwowano różne barwy światła. Obserwowany zakres widma kończył się na barwie zielonej. Opisaną sytuację przedstawiono na uproszczonym rysunku bez zachowania proporcji.

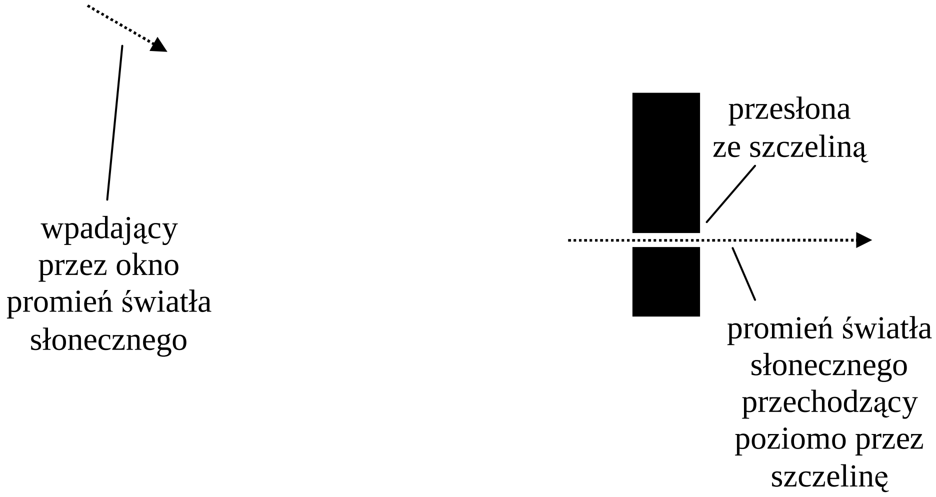


Zadanie 138.1.

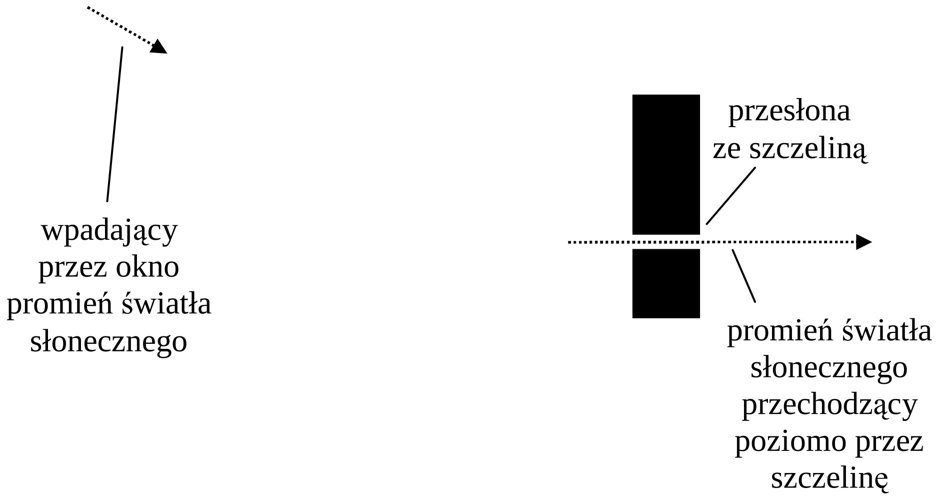
Żeby wiązka białego światła mogła biec poziomo przez szczelinę, należało odpowiednio zmienić kierunek wchodzącej przez okno wiązki światła słonecznego. Do dyspozycji było zwierciadło płaskie oraz trzy różne szklane pryzmaty (I, II i III), które pokazano na rysunku.



A. **Na zamieszczonym poniżej rysunku naszkicuj poprawne ustawienie i umiejscowienie zwierciadła płaskiego oraz dalszy bieg wpadającego przez okno promienia światła tak, aby po odbiciu od zwierciadła poziomo wchodził do szczeliny.**



B. **Na zamieszczonym poniżej rysunku naszkicuj poprawne ustawienie i umiejscowienie jednego spośród trzech pryzmatów (I, II albo III) oraz dalszy bieg wpadającego przez okno promienia światła tak, aby przy przejściu przez wnętrze pryzmatu nie ulegał on rozszczepieniu, a następnie poziomo wchodził do szczeliny.**



Zadanie 138.2.

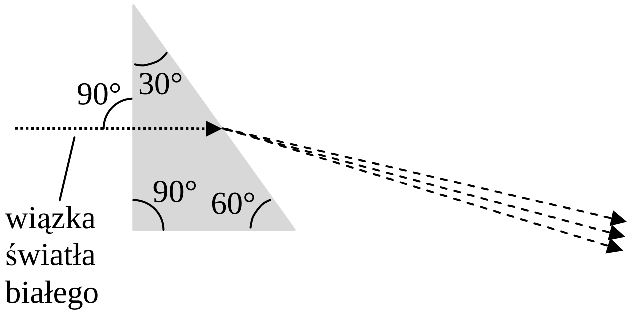
Załóżmy, że współczynnik załamania światła dla powietrza jest równy 1.

Oblicz współczynnik załamania światła dla szkła, z którego wykonano pryzmat dla granicznej długości fali światła zielonego obserwowanego na ekranie. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. W celu oszacowania wartości liczbowej sinusa odpowiedniego kąta dokonaj interpolacji liniowej pomiędzy odpowiednimi wartościami zamieszczonymi w zestawie *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*.

Zadanie 138.3.
Zaznacz właściwe stwierdzenie i jego poprawne uzasadnienie.
Na ekranie oprócz granicznej barwy zielonej widoczne były także barwy

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	fioletowa i niebieska,	ponieważ dla wymienionych barw współczynnik załamania światła jest	A	mniejszy niż dla barwy zielonej.
2.	czerwona, pomarańczowa i żółta,		B	większy niż dla barwy zielonej.

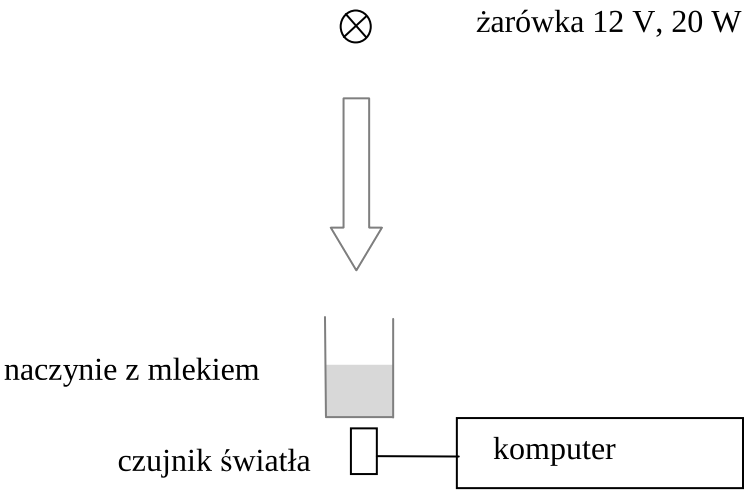
Zadanie 138.4.
Za pomocą innego pryzmatu rozszczepiono wiązkę światła białego, co pokazano na rysunku.



Na powyższym rysunku naszkicuj takie ustawienie drugiego, takiego samego pryzmatu, aby po przejściu przez oba pryzmaty rozszczepione promienie były do siebie równoległe. Narysuj także dalszy bieg wszystkich promieni.

Zadanie 139.
Uczniowie badali w warunkach szkolnych absorpcję (pochłanianie) światła w mleku. Za pomocą czujnika połączonego z komputerem mierzyli natężenie światła* przechodzącego przez warstwę mleka o grubości x w szklanym, przezroczystym naczyniu (patrz schemat).
* *natężenie światła – ilość energii padającej w jednostce czasu prostopadle na jednostkę powierzchni, jednostką natężenia światła jest* $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$.

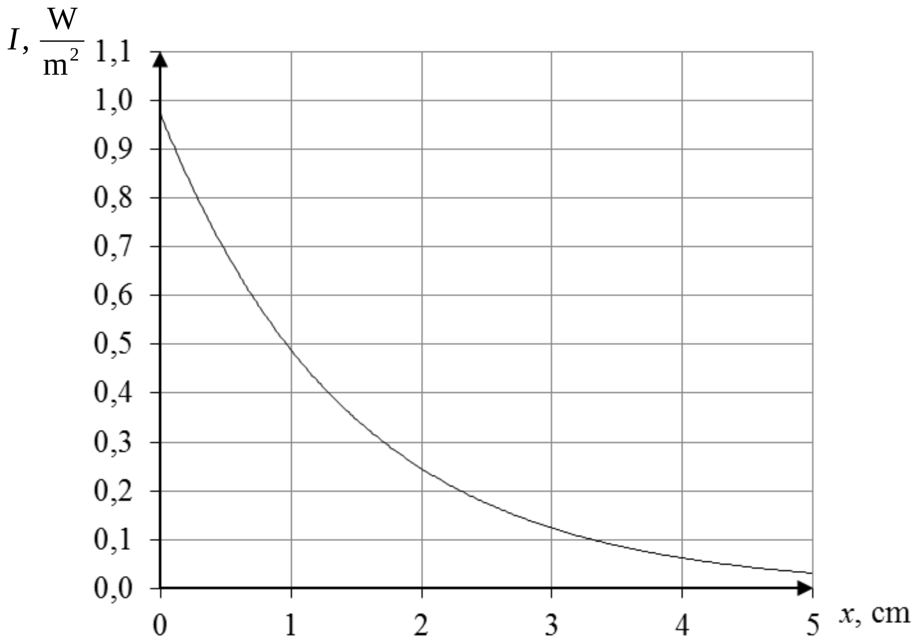
Schemat i tabela z wynikami pomiarów i obliczeń.



x (cm)	***I*** (W/m^2)	**ln** (I_0/I)
0	0,92	0,00
1	0,55	0,51
2	0,24	1,34
3	0,11	2,12
4	0,07	2,58
5	0,03	3,42

I_0 jest natężeniem światła dla warstwy mleka o grubości $x = 0$.

Uczniowie wykonali także wykres zależności $I(x)$ i po naniesieniu punktów dopasowali do wyników pomiaru odpowiednią krzywą (patrz wykres).



Zadanie 139.1.
Jeden z uczniów zauważył, że wykres ten ma podobny przebieg jak wykres ilustrujący znane prawo fizyki jądrowej.
Zapisz nazwę tego prawa.

Zadanie 139.3.
Zależność natężenia światła I przechodzącego przez mleko od grubości warstwy mleka x może być opisana funkcją $I(x) = I_0 \cdot e^{-a \cdot x}$, gdzie a – współczynnik absorpcji światła w mleku.

Jeżeli wzór przekształcimy do postaci $\frac{I_0}{I} = e^{a \cdot x}$ i następnie zlogarytmujemy, to otrzymamy $\ln\frac{I_0}{I} = a \cdot x$. Wprowadzając zmienną $y = \ln\frac{I_0}{I}$, otrzymujemy funkcję $y = a \cdot x$.

Narysuj wykres funkcji *y(x)* i wyznacz współczynnik absorpcji *a*.

Zadanie 140.
Fale ultradźwiękowe mają zastosowanie w diagnostyce medycznej w badaniach ultrasonograficznych (USG). Opór akustyczny jest wielkością fizyczną, która umożliwia opis przechodzenia fal ultradźwiękowych przez różne ośrodki. Wielkość tą definiujemy jako $Z=\rho v$, gdzie ρ oznacza gęstość ośrodka, natomiast v wartość prędkości fali w ośrodku. Dla tkanek miękkich opór akustyczny wynosi ok. $1{,}52 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$, natomiast dla kości jest ok. 3,6 razy większy niż dla tkanek miękkich. W badaniu USG głowica przykładana do skóry pacjenta jest jednocześnie nadajnikiem i odbiornikiem fal. Przed przystąpieniem do badania skórę pokrywa się specjalnym żelem w celu uniknięcia odbicia ultradźwięków przez powietrze znajdujące się pomiędzy głowicą i skórą. Zarejestrowanie przez aparat echa wprowadzonego impulsu daje informacje o granicy tkanek różniących się oporem

akustycznym. Odległość tej granicy od źródła fali obliczamy, mierząc czas od momentu wysłania sygnału z głowicy do chwili jego ponownej rejestracji, stosując wzór na drogę w ruchu jednostajnym. W tabeli przedstawiono prędkość dźwięku w wybranych obszarach ludzkiego organizmu.

Obszar biologiczny	**Prędkość dźwięku** $\left(\frac{\mathrm{m}}{s}\right)$	**Średnia gęstość obszaru biologicznego** $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
wątroba	1550	981
soczewka oka	1620	938
krew	1570	968
tkanka tłuszczowa	1450	1048

Źródło: http://www.przeglad-urologiczny.pl/artykul.php?2665 [dostęp: 10.11.2014].

Zadanie 140.1.
Na podstawie tekstu oblicz opór akustyczny krwi i kości wiedząc, że gęstość krwi wynosi ok. 1,055 $\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{cm^3}}$. Ponadto oblicz, ile razy opór akustyczny krwi jest mniejszy od oporu akustycznego kości.

Zadanie 140.2.
Od chwili wysłania sygnału z głowicy do momentu rejestracji echa minął czas $t = 0{,}5\cdot10^{-4}$ s. Średnia prędkość rozchodzenia się dźwięku w badanym obszarze biologicznym wynosi 1550 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
Oblicz, w jakiej odległości od czoła głowicy znajduje się badany organ.

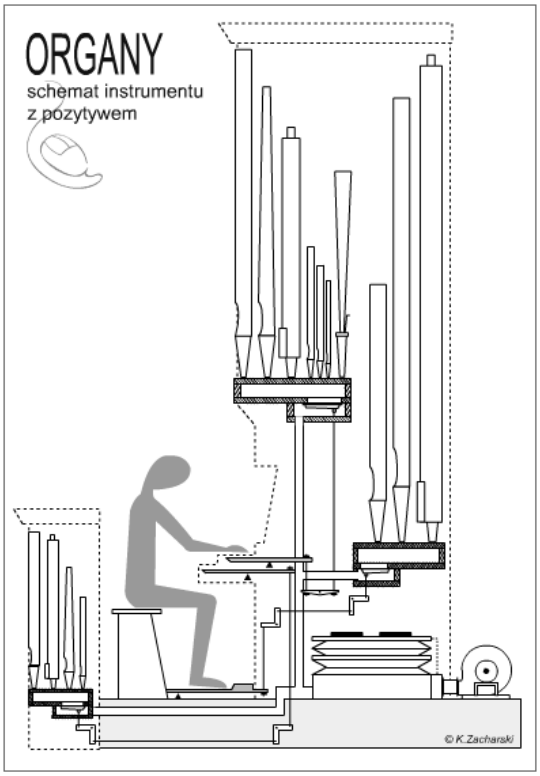
Zadanie 140.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Opór akustyczny kości jest większy niż opór akustyczny obszarów biologicznych wymienionych w tabeli.		
2.	W badaniu USG głowica przykładana do skóry pacjenta jest nadajnikiem fal, natomiast odbiornikiem jest badany narząd (np. wątroba).		
3.	Skórę pacjenta pokrywa się specjalnym żelem w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy głowicą a skórą.		

Zadanie 141.
Organy piszczałkowe są instrumentem o bardzo złożonej budowie. Ogólny schemat przykładowego instrumentu przedstawia rysunek. Najogólniej rzecz biorąc instrument ten składa się z trzech zasadniczych elementów: grupy piszczałek, mechanizmu gry oraz aparatu tłoczącego powietrze. Najbardziej eksponowaną częścią tego instrumentu jesz szafa organowa, stanowiąca obudowę wszystkich elementów i mechanizmów składowych organów. Inną widoczną częścią organów jest stół gry (kontuar) z klawiaturą lub klawiaturami ręcznymi (manuałami), klawiaturą nożną (pedałem). Większa część piszczałek wraz z wszystkimi mechanizmami ukryta jest najczęściej wewnątrz szafy. Piszczałki wargowe i języczkowe są podstawowym źródłem dźwięku w organach. Piszczałki te znacznie różnią się budową oraz mechanizmem powstawania w nich dźwięku. Podstawowa różnica między nimi polega na tym, że w piszczałkach wargowych elementem drgającym (wibratorem) są wiry powietrza, w języczkowych natomiast – metalowy języczek. Słup powietrza wewnątrz piszczałki może drgać w taki sposób, że drgania te schematycznie można opisać przebiegiem sinusoidalnym.

Tylko te dźwięki będą wzmacniane w piszczałce, które tworzą w niej falę stojącą. Fala dźwiękowa o największej długości tworzy **ton podstawowy**. W piszczałce również powstają tony wyższych rzędów. Mamy w takim przypadku do czynienia z tzw. **wielotonem**, czyli dźwiękiem, w którym można wyodrębnić skończoną liczbę składników – **tonów składowych** (o przebiegu czysto sinusoidalnym) o różnych częstotliwościach i amplitudach. Tony składowe decydują o barwie dźwięku danej piszczałki.

Na podstawie: http://arsorgani.republika.pl/index.html [dostęp: 15.11.2014].



Zadanie 141.1.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Im piszczałka jest dłuższa, tym dźwięk emitowany przez nią jest

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><th rowspan="4">ponieważ</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">wyższy,</td><td>A</td><td>w dłuższej piszczałce pomieści się więcej tonów wyższych rzędów.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B</td><td rowspan="2">większa długość fali powstającego tonu oznacza mniejszą częstotliwość dźwięku.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.</td><td rowspan="2">niższy,</td></tr>
<tr><td></td><td>C</td><td>powstają w piszczałce wielotony, które decydują o barwie dźwięku.</td></tr>
</table>

Zadanie 141.2.

Narysuj falę stojącą dla tonu podstawowego oraz tonu następnego rzędu powstających w jednostronnie zamkniętej piszczałce.

ton podstawowy

ton następnego rzędu

Zadanie 141.3.

Na podstawie tekstu opisz, jaki jest mechanizm powstawania dźwięków w piszczałkach wargowych oraz języczkowych.

Zadanie 141.4.

Najdłuższa piszczałka omawianych organów ma długość 4,5 m. Wartość prędkości dźwięku w powietrzu wynosi $340\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Oblicz najniższą częstotliwość dźwięku emitowanego przez tę piszczałkę.

Zadanie 142.

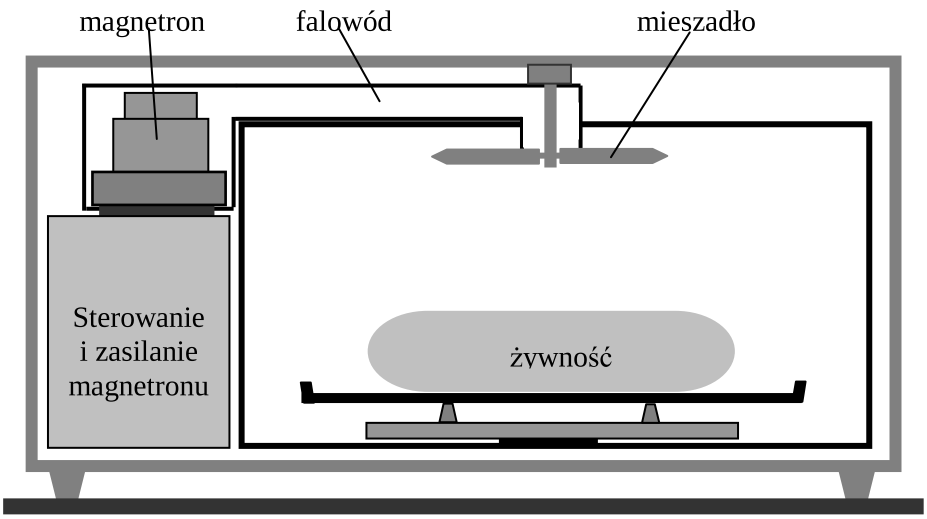
„W 1946 r. amerykański inżynier Percy Spencer podczas eksperymentów z magnetronem* zauważył, że czekoladowy batonik w jego kieszeni roztopił się. Zaintrygowany zaczął eksperymentować z innymi artykułami spożywczymi poddanymi silnemu strumieniowi mikrofal […]. Krótko potem do amerykańskiego urzędu patentowego wpłynął wniosek o opatentowanie urządzenia o nazwie *radarange*, czyli w wolnym tłumaczeniu radarowej kuchenki […]. Pierwsze kuchenki mikrofalowe były bardzo duże, a magnetron chłodzony był bardzo głośną i niewygodną instalacją wodną. Używano ich wyłącznie w restauracjach. Miniaturyzacja i upowszechnienie tego urządzenia w domach to już lata 70., a w Polsce jeszcze później. Dlaczego kuchenka podgrzewa jedzenie?

Fale elektromagnetyczne o częstotliwości 2450 MHz są pochłaniane przez cząsteczki polarne, np. wody, natomiast swobodnie przechodzą przez szkło i materiały ceramiczne. To właśnie głównie woda jest podgrzewana przez mikrofale, powietrze wewnątrz kuchenki ma praktycznie temperaturę otoczenia.

Kuchenka mikrofalowa zamyka fale elektromagnetyczne w metalowej wnęce (klatce Faradaya). Wnęka ma otwory, przez które widzimy jedzenie, ale jeśli są one znacznie mniejsze od długości fali, to ściany wnęki działają, jakby były wykonane z jednolitego przewodnika. Fala we wnęce ma swoje strzałki i węzły, czyli miejsca, gdzie jest bardzo silna, i miejsca, gdzie jest całkowicie wygaszona. Oznacza to, że grzanie nie jest równomierne. Aby uniknąć sytuacji, w której nasza mrożonka lub pizza w niektórych miejscach jest gorąca, a w innych nadal lodowata, podgrzewane dania umieszczane są na obrotowych podstawkach. Prócz tego często wiązkę mikrofal, którą doprowadza się falowodem, odbija obracający się metalowy element (mieszadło), które zmienia układ strzałek i węzłów na tyle szybko, że w efekcie całe danie podgrzewane jest jednorodnie”.

* *magnetron – rodzaj lampy wysyłającej promieniowanie mikrofalowe, w której wykorzystuje się zjawisko rezonansu i część wejściowej energii prądu stałego zamienia się na energię elektryczną wysokiej częstotliwości. Przetwarzanie tej energii odbywa się w specjalnie ukształtowanej komorze anodowej umieszczonej w silnym polu magnetycznym. Elektrony wysyłane przez gorącą katodę przyciągane są przez anodę, a ich tor i prędkość modyfikowane są przez pole magnetyczne i kształt komory anodowej.*

Na podstawie: http://www.mimuw.edu.pl/delta/artykuly/delta0904/kuchenka.pdf [dostęp: 2014.07.25].



Zadanie 142.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Konieczność chłodzenia magnetronu wodą jest związana z
A. małą sprawnością magnetronu wytwarzającego mikrofale.
B. koniecznością obniżenia temperatury gorącej katody magnetronu.
C. koniecznością magazynowania chwilowych nadwyżek wytwarzanego ciepła.
D. ekranowaniem użytkownika przed szkodliwymi promieniowaniem mikrofalowym.

Zadanie 142.2.
Oblicz odległość między sąsiednimi strzałkami mikrofal stosowanych w kuchence mikrofalowej.

Zadanie 142.3.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Długość mikrofal w wodzie w porównaniu z ich długością w powietrzu jest

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><td rowspan="4">ponieważ
podczas przejścia mikrofal
z powietrza do wody ich prędkość</td><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>większa,</td><td>A</td><td>maleje.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>taka sama,</td><td>B</td><td>nie ulega zmianie.</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>mniejsza,</td><td>C</td><td>rośnie.</td></tr>
</table>

Zadanie 142.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Wewnątrz komory kuchenki mikrofalowej powstają stojące fale elektromagnetyczne.		
2.	Głównym zadaniem mieszadła w kuchence mikrofalowej jest wywołanie ruchu powietrza.		
3.	Mikrofale przechodzą przez szkło i materiały ceramiczne, ponieważ te materiały są izolatorami.		

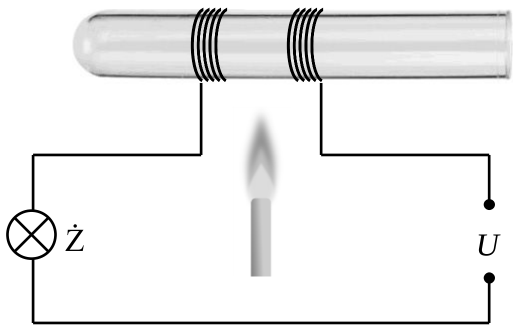
Zadanie 142.5.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Obudowa kuchenki mikrofalowej tworzy tak zwaną *klatkę Faradaya*, która zatrzymuje promieniowanie mikrofalowe dzięki temu, że promieniowanie mikrofalowe przez metalowe ścianki jest

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><td rowspan="5">ponieważ</td><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">odbijane,</td><td>A</td><td>metal skutecznie odprowadza ciepło na zewnątrz obudowy.</td></tr>
<tr><td>B</td><td>metal rozgrzewając się absorbuje i zatrzymuje energię mikrofal.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.</td><td rowspan="2">pochłaniane,</td><td>C</td><td>na metalowych ściankach powstają węzły fal stojących.</td></tr>
<tr><td>D</td><td>na metalowych ściankach powstają strzałki fal stojących.</td></tr>
</table>

1.6. Prąd elektryczny

Zadanie 143.

Podczas wykonywania doświadczeń związanych z przepływem prądu, nauczyciel nawinął na szklanej probówce 2 warstwy nieizolowanego drutu ściśle przylegającego do powierzchni probówki. Obie warstwy drutu były oddzielone od siebie. Zewnętrzne końce obu warstw drutu zostały połączone szeregowo z żarówką i źródłem napięcia. Probówka w obszarze pomiędzy warstwami drutu została nagrzana równomiernie w płomieniu palnika gazowego (patrz rysunek).



Po nagrzaniu szkła probówki w obwodzie zaczął płynąć prąd powodując świecenie żarówki.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

W opisanym doświadczeniu szkło po podgrzaniu wykazało się cechami

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	izolatora,	ponieważ wraz ze wzrostem temperatury opór elektryczny szkła	A	malał.
2.	przewodnika,		B	rósł.
3.	półprzewodnika,		C	nie ulegał zmianie.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

Świecenie żarówki mogło być spowodowane jedynie zmniejszeniem się oporu całkowitego obwodu. Jedynym czynnikiem, który wpłynął na wartość oporu obwodu było nagrzanie szkła probówki. Zatem opór szkła musiał zmaleć przy wzroście jego temperatury. Tą cechą charakteryzują się półprzewodniki.

Poprawna odpowiedź

3. A

Zadanie 144.

W celu uzyskania charakterystyki prądowo-napięciowej $I(U)$ diody półprzewodnikowej uczniowie połączyli szeregowo opornik, diodę i amperomierz. Woltomierz włączyli tak, aby mierzył napięcie na diodzie. Do pomiarów wykorzystali mierniki cyfrowe. Opór woltomierza był bardzo duży, a amperomierz miał mały opór ok. 4 Ω. Całość podłączyli do ogniwa AA o pomijalnie małym oporze wewnętrznym. Następnie dołączali kolejne takie same ogniwa, powodując w ten sposób zmiany napięcia na diodzie. Wyniki pomiarów zapisali w tabeli.

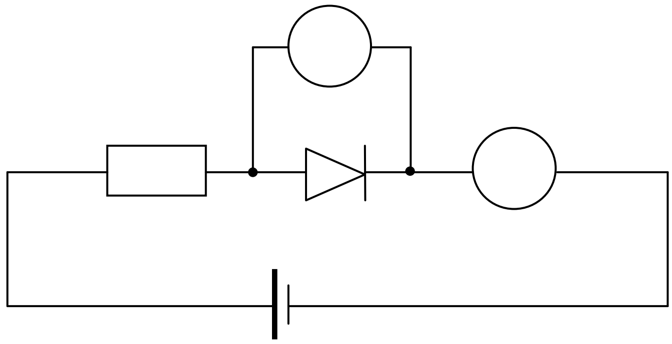
U_o – napięcie na baterii ogniw.
U_d – napięcie zmierzone na diodzie.
I – natężenie prądu płynącego przez diodę.
R – opór opornika włączonego do obwodu szeregowo z diodą.

$\boldsymbol{U_o}$ (V)	$\boldsymbol{U_d}$ (V)	$\boldsymbol{I}$ (mA)	$\boldsymbol{R}$ (Ω)
1,5	0,617	2,2	400
1,5	0,650	4,2	200
3,0	0,700	11,2	200
4,5	0,723	18,6	200
6,0	0,739	25,9	200
7,5	0,751	33,1	200
9,0	0,759	40,5	200
3,0	0,773	65,4	

Zadanie 144.1.
Narysuj schemat opisanego obwodu elektrycznego z 1 ogniwem AA.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Amperomierz należy włączyć szeregowo z diodą, a woltomierz równolegle do diody. Dioda powinna być włączona w kierunku przewodzenia.

Poprawna odpowiedź



Zadanie 144.2.
Oblicz opór elektryczny opornika zastosowanego podczas ostatniego pomiaru.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Suma napięć na diodzie, oporniku i amperomierzu jest równa napięciu źródła.
Należy zastosować do obwodu II prawo Kirchhoffa: $U_\mathrm{d} + U_\mathrm{R} + U_\mathrm{A} = U_0$.
Napięcie na oporniku i amperomierzu można obliczyć z prawa Ohma: $U_\mathrm{R} + U_\mathrm{A} = (R + R_\mathrm{A}) \cdot I$.
Należy przekształcić równanie : $U_\mathrm{d} + (R + R_\mathrm{A}) \cdot I = U_0$.
Wzór końcowy: $R = \dfrac{U_0 - U_\mathrm{d}}{I} - R_\mathrm{A}$ $\left[\dfrac{V}{A} - \Omega = \Omega\right]$

$R = \dfrac{3 - 0{,}773}{0{,}0654} - 4 \approx 30\ \Omega$.

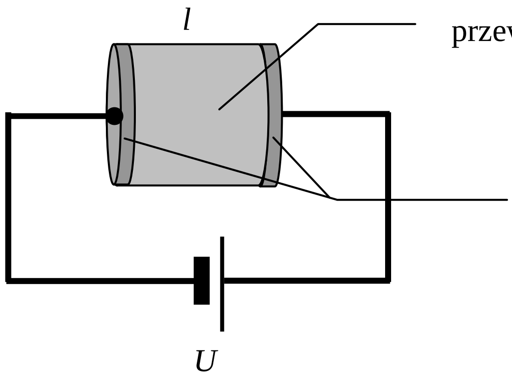
Zadanie 144.3.
Narysuj wykres zależności *I*(*U*) dla diody w zakresie napięć (0,5 V ÷ 0,8 V) i korzystając z wykresu, oblicz opór diody, gdy płynie przez nią prąd o natężeniu 55 mA.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Należy wyskalować osie wykresu odpowiednio do wartości zapisanych w tabeli. Osie należy opisać, podając symbol wielkości fizycznej i jej jednostkę. Po zaznaczeniu punktów pomiarowych należy narysować linię, która przechodzi przez punkty lub jak najbliżej punktów (prosta najlepszego dopasowania). Nie należy rysować linii łamanej złożonej z odcinków.
Po narysowaniu wykresu należy odczytać wartość napięcia, dla którego przez diodę płynie prąd o natężeniu 55 mA.
Następnie należy skorzystać z prawa Ohma i obliczyć opór diody $R = \dfrac{0{,}768\ \mathrm{V}}{0{,}055\ \mathrm{A}} \approx 14\ \Omega$

Zadanie 144.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Dioda zbudowana jest z 3 warstw półprzewodników typu n-p-n.		
2.	Dioda półprzewodnikowa przewodzi prąd tylko w jedną stronę.		
3.	Opór badanej diody jest stały dla napięć większych niż 0,6 V.		

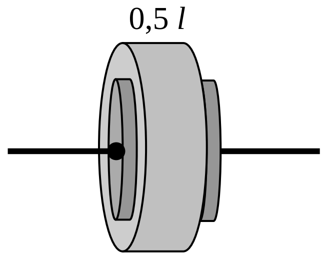
Zadanie 145.
Z kawałka specjalnej plasteliny przewodzącej prąd elektryczny uformowano walec. Do obu jego podstaw przyłożono dwie jednakowe metalowe płytki o średnicy d z przylutowanymi przewodami i podłączono do źródła napięcia U (patrz rysunek). Płytki ściśle przylegały do plasteliny, zapewniając dobry kontakt elektryczny z plasteliną i przepływ prądu elektrycznego o natężeniu I. Opór elektryczny przewodów i płytek można pominąć.



Zadanie 145.1.
Opisany układ wykorzystano do wyznaczenia oporu właściwego plasteliny.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Opór właściwy plasteliny można wyznaczyć w tej sytuacji, korzystając ze wzoru

A. $\rho = \dfrac{\pi \cdot d^2 \cdot U}{I \cdot l}$ B. $\rho = \dfrac{\pi \cdot d^2 \cdot U}{2I \cdot l}$ C. $\rho = \dfrac{\pi \cdot d^2 \cdot U}{4I \cdot l}$ D. $\rho = \dfrac{\pi \cdot d^2 \cdot U}{8I \cdot l}$

Zadanie 145.2.
Walec z plasteliny przeformowano zmieniając jego rozmiary (patrz rysunek) i wyznaczano opór elektryczny poprzednio opisaną metodą, mierząc napięcie i natężenie prądu elektrycznego.

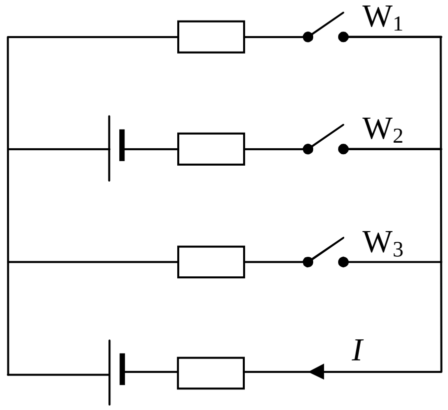


Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Jeżeli przez R_1 oznaczymy opór pierwszego walca z plasteliny, a przez R_2 opór elektryczny nowego walca, to między oporami elektrycznymi tych walców prawdziwy będzie związek
A. $R_1 = R_2$.
B. $R_1 = 2R_2$.
C. $R_1 = 4R_2$.
D. $2R_1 = R_2$.
E. $4R_1 = R_2$.

Zadanie 146.
W obwodzie wszystkie źródła SEM i wszystkie opory (wewnętrzne i zewnętrzne) są jednakowe (patrz schemat).
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Przez ogniwo popłynie prąd o największym natężeniu *I*, jeżeli wyłączniki W_1, W_2, W_3 będą ustawione w pozycjach

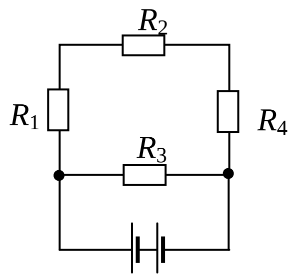
	W_1	W_2	W_3
A	Z	O	O
B	O	Z	O
C	Z	Z	O
D	Z	O	Z

Z – wyłącznik zamknięty,
O – wyłącznik otwarty



Zadanie 147.
Do dyspozycji są oporniki o następujących oporach: $R_1 = 3\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$, $R_3 = 9\ \Omega$, $R_4 = 18\ \Omega$.
Narysuj schemat układu złożonego ze <u>wszystkich</u> czterech wyżej wymienionych oporników, którego opór zastępczy wynosi 8 Ω. Odpowiednim obliczeniem wykaż, że opór zastępczy narysowanego układu jest równy 8 Ω.

Zadanie 148.
Opornik R_1 wykonano z drutu miedzianego o długości 10 m. Opór właściwy miedzi wynosi $1{,}7\cdot10^{-8}\ \Omega\ \text{m}$. Trzy oporniki o oporach $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$ i $R_4 = 3\ \Omega$ połączono z opornikiem R_1 tak, jak na rysunku i układ podłączono do baterii o zaniedbywalnym oporze wewnętrznym.

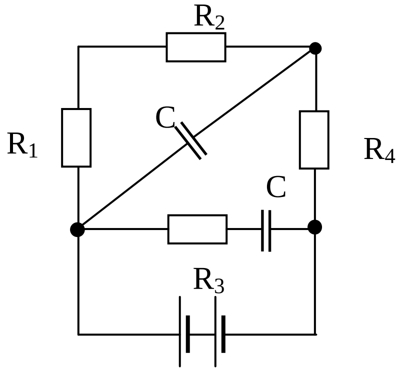


Zadanie 148.1.
Opór zastępczy układu oporników wynosi 2,25 Ω.
Oblicz średnicę drutu miedzianego, z którego wykonano opornik R_1.

Zadanie 148.2.
Wartości oporów użytych do budowy obwodu wynoszą odpowiednio $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$ i $R_4 = 3\ \Omega$.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

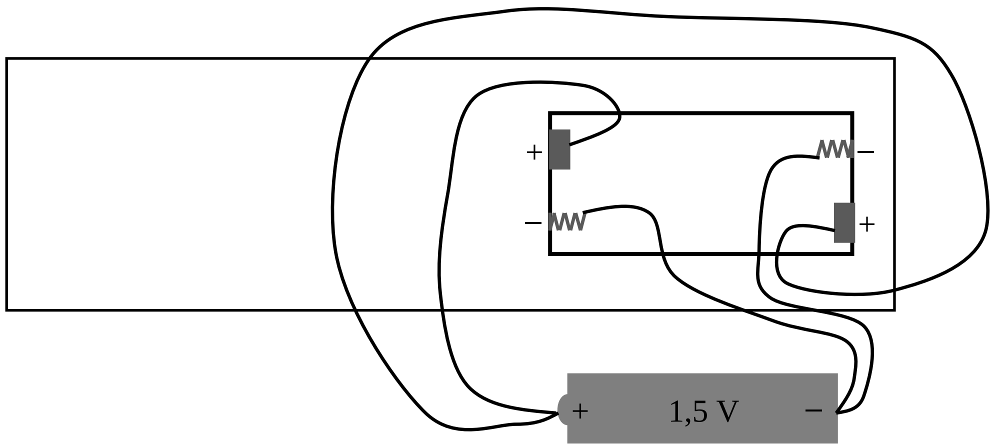
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Na oporniku R_2 wydzieli się taka sama moc, jak na oporniku R_3.		
2.	Przez oporniki R_4 i R_1 płynie prąd o tym samym natężeniu.		
3.	Napięcie na opornikach R_2 i R_3 jest takie samo.		

Zadanie 148.3.
W układ włączono dodatkowo dwa kondensatory o pojemności 2 μF każdy.



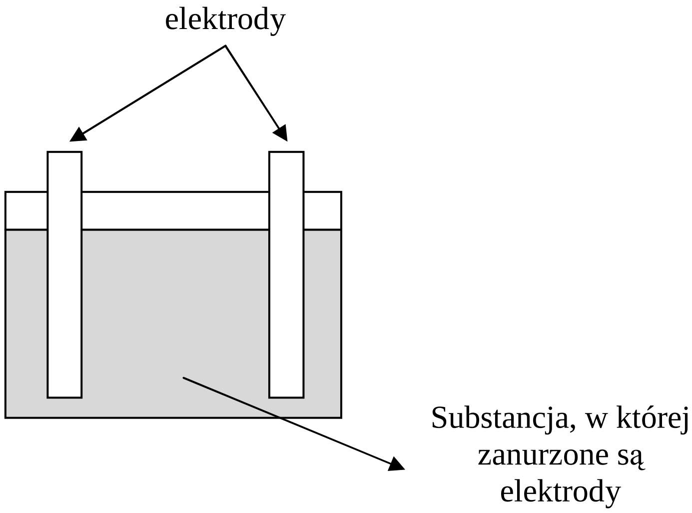
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Po całkowitym naładowaniu kondensatorów prąd elektryczny nie popłynie przez opornik
A. R_1. B. R_2. C. R_3. D. R_4.

Zadanie 149.
Pilot do telewizora (wymagający zasilania napięciem 3 V) wymagał włożenia 2 baterii po 1,5 V każda. Właściciel pilota dysponował tylko jedną baterią 1,5 V. Wpadł na pomysł, żeby do każdego z biegunów baterii przymocować po 2 przewody, a końce obu przewodów przymocować do odpowiednich miejsc w pilocie, z którymi powinny stykać się bieguny baterii (patrz rysunek). Okazało się jednak, że po takim podłączeniu jednej baterii pilot nie działał.



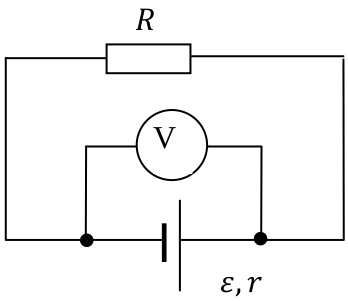
Wyjaśnij, dlaczego przedstawione wyżej podłączenie do pilota jednej baterii nie jest równoważne prawidłowemu podłączeniu dwóch baterii.

Zadanie 150.
Jednym ze źródeł prądu elektrycznego jest ogniwo galwaniczne. Energia elektryczna powstaje w nim kosztem energii chemicznej, uwalnianej w trakcie procesów zachodzących w jego wnętrzu. Na rysunku przedstawiono schematyczny rysunek takiego ogniwa.



Zadanie 150.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Ogniwo galwaniczne może być zbudowane z dwóch elektrod wykonanych z
A. różnych metali zanurzonych w wodzie.
B. różnych metali zanurzonych w elektrolicie.
C. jednakowych metali zanurzonych w wodzie.
D. jednakowych metali zanurzonych w elektrolicie.

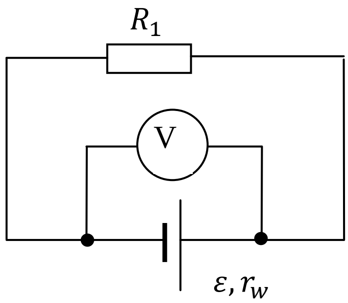
Zadanie 150.2.
Na rysunku poniżej znajduje się obwód zamknięty prądu stałego zasilany z ogniwa o sile elektromotorycznej ε i oporze wewnętrznym r.



Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Każde ogniwo galwaniczne po jego wyczerpaniu można wielokrotnie ładować i ponownie używać.		
2.	Woltomierz dołączony do zacisków ogniwa tak, jak na rysunku wskazuje spadek napięcia na oporze zewnętrznym.		
3.	Umieszczony na ogniwie napis 1200 mAh oznacza zgromadzoną w nim energię.		

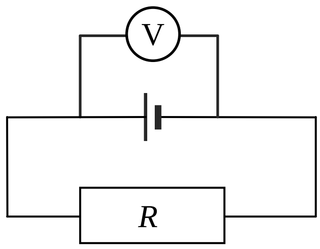
Zadanie 150.3.
W celu wyznaczenia siły elektromotorycznej ε i oporu wewnętrznego r ogniwa zgromadzono następujące przyrządy: ogniwo, przewody połączeniowe, woltomierz, dwa opory R_1 i R_2 o znanych oporach i zestawiono obwód przedstawiony obok. Następnie odczytano wskazania woltomierza przy włączonym do obwodu odbiorniku R_1 i powtórzono odczyt po zastąpieniu odbiornika drugim – R_2.



Uzupełnij zdania, wpisując w wykropkowane miejsca odpowiednie stwierdzenia wybrane spośród wyrażeń w nawiasie.
(potrzebny, niepotrzebny, trzeba zmierzyć, można obliczyć)
Aby wyznaczyć ε i r_w ogniwa w opisanym doświadczeniu .... jest amperomierz, ponieważ natężenie prądu ....

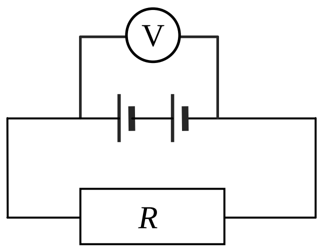
Zadanie 150.4.
Przyjmij, że opór wewnętrzny ogniwa $r_w = 0{,}5\ \Omega$, a zewnętrzny ma wartość $R = 10\ \Omega$.
Oblicz sprawność tak eksploatowanego ogniwa.

Zadanie 151.
Zbudowano pokazany na rysunku obwód, w którym znalazło się ogniwo galwaniczne o sile elektromotorycznej 1,5 V, woltomierz o bardzo dużym oporze wewnętrznym i opornik o nieznanym oporze, ale dużo mniejszym niż opór woltomierza. Woltomierz wskazał napięcie 1,2 V.



Zadanie 151.1.
Oblicz stosunek oporu wewnętrznego ogniwa do oporu opornika.

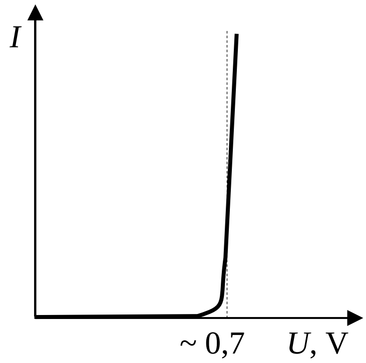
Zadanie 151.2.
Obwód zmodyfikowano w ten sposób, że obok użytego wcześniej ogniwa dołączono szeregowo drugie, identyczne, co pokazano na rysunku.

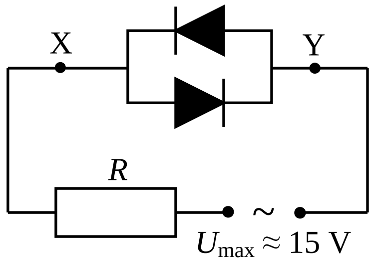


Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

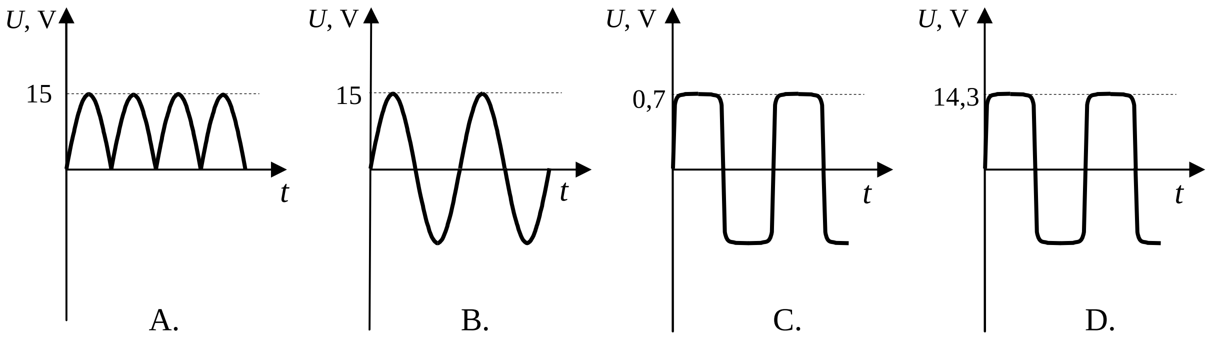
		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Woltomierz wskazał napięcie mniejsze niż 2,4 V.		
2.	Przy dwóch ogniwach przez obwód popłynął prąd o ponad 2 razy większym natężeniu niż przy jednym ogniwie.		
3.	Gdyby do gałęzi, na której znajduje się opornik dołączyć amperomierz, to można by wyznaczyć wartość oporu opornika.		

Zadanie 152.
Wykres przedstawia zależność napięcia pomiędzy katodą i anodą krzemowej diody prostowniczej spolaryzowanej w kierunku przewodzenia. Wynika z niego, że w rzeczywistości dioda zaczyna przewodzić prąd, gdy napięcie miedzy jej anodą i katodą wynosi ok. 0,7 V.
Uczniowie, badając układy prostownicze, w których zastosowano diody półprzewodnikowe, połączyli równolegle 2 jednakowe diody, łącząc katodę jednej z nich z anodą drugiej. Do tak połączonych diod dołączyli szeregowo opór i zbudowany obwód dołączyli do źródła **napięcia przemiennego** o amplitudzie zmian napięcia około 15 V (patrz rysunek).

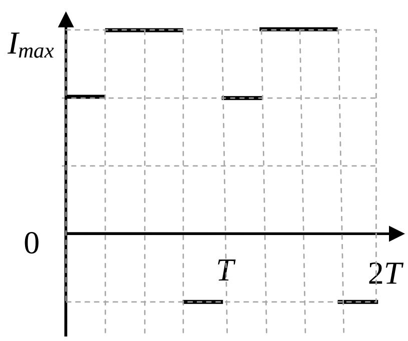




Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Zależność napięcia od czasu pomiędzy punktami X i Y układu (czyli na końcach diod) poprawnie przedstawiono na wykresie oznaczonym literą

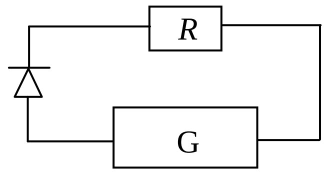


Zadanie 153.
Wykres przedstawia zależność natężenia prądu zmiennego wytwarzanego przez pewien generator od czasu.

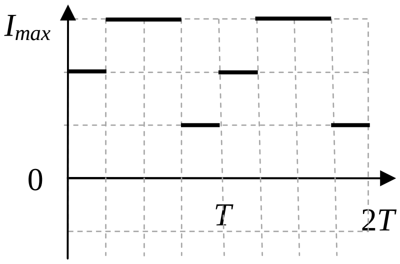


Zadanie 153.1.
Oblicz natężenie skuteczne prądu.

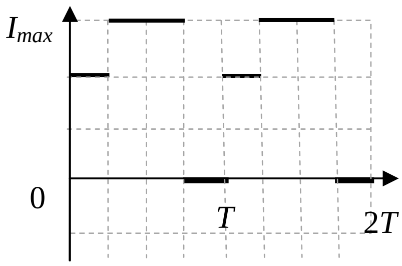
Zadanie 153.2.
Zbudowano układ składający się z opornika (*R*), diody i generatora napięcia zmiennego (G).



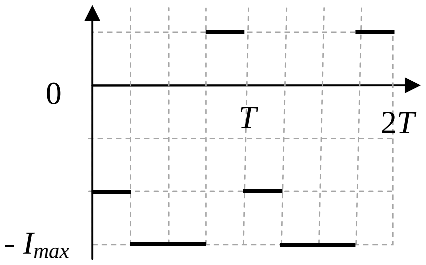
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Zależność natężenia prądu płynącego przez opornik od czasu poprawnie przedstawia wykres



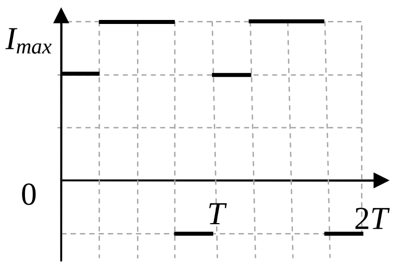
A.



B.

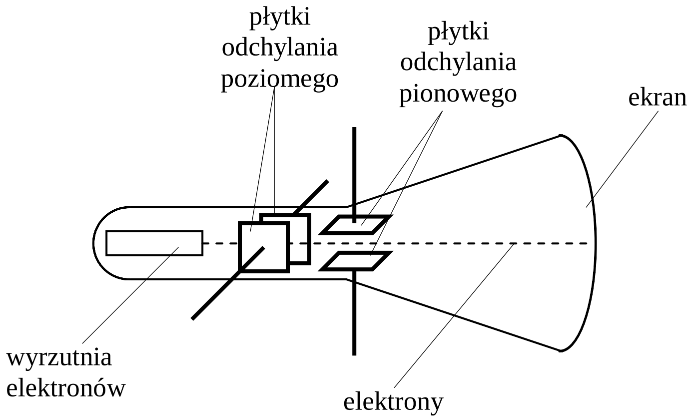


C.

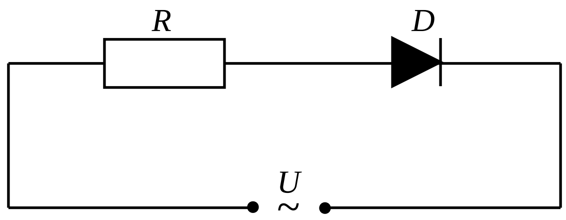


D.

Zadanie 154.
Oscyloskop umożliwia obserwację przebiegów elektrycznych na ekranie lampy oscyloskopowej. Zogniskowany strumień elektronów porusza się z dużą prędkością wzdłuż osi lampy, uderzając w powierzchnię luminoforu, którym pokryta jest wewnętrzna powierzchnia ekranu lampy. Elektrony uderzając w luminofor powodują jego świecenie. Jeśli wiązka nie jest odchylona, trafia w środek ekranu tworząc tam świecący punkt.
W trakcie ruchu elektronów we wnętrzu lampy przechodzą one pomiędzy dwoma parami płytek odchylających.
Przyłożenie napięcia pomiędzy płytkami odchylania poziomego (*x*) powoduje odchylenie kierunku ruchu elektronów i w konsekwencji zmianę położenia plamki na ekranie w kierunku poziomym *x*. Analogicznie przyłożenie napięcia do płytek odchylania pionowego (*y*) powoduje zmianę położenia plamki w kierunku pionowym *y*. Schemat budowy lampy oscyloskopowej przedstawia rysunek.

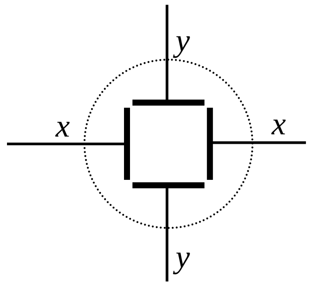


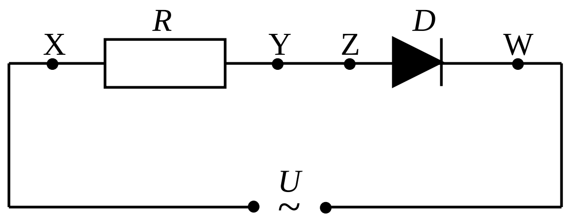
Uczniowie postanowili skorzystać z oscyloskopu w celu obserwacji charakterystyki diody półprzewodnikowej spolaryzowanej w kierunku przewodzenia i zaporowym.
W tym celu zbudowali układ pomiarowy, składający się z badanej diody, opornika i źródła napięcia przemiennego o wartości skutecznej 12 V połączonych jak na rysunku.



Zadanie 154.1.
Z karty informacyjnej odczytali, że dioda może przewodzić prąd o natężeniu skutecznym nie większym niż 1A.
Oszacuj, jaki opór *R* uczniowie powinni dołączyć do diody, aby prąd płynący przez diodę nie przekroczył wartości 1 A. Pomiń opór własny diody.

Zadanie 154.2.
Uczniowie określili w układzie pomiarowym punkty X, Y, Z i W. Punkty te należało dołączyć do wejść oscyloskopu sterujących płytkami odchylającymi strumień elektronów w kierunku pionowym *y* i poziomym *x*.





Połącz na rysunku punkty X, Y, Z oraz W z odpowiednimi parami płytek odchylających (x-x) i (y-y) tak, aby na ekranie oscyloskopu była możliwa obserwacja zależności natężenia prądu płynącego przez diodę od napięcia na jej końcach.

Zadanie 155.

Opór materiałów zmienia się wraz z temperaturą. Dla większości metali i wielu innych materiałów zależność oporu od temperatury jest w przybliżeniu liniowa w szerokim zakresie temperatur. Można ją wtedy opisać za pomocą wzoru:

$$R_T = R_0(1+\alpha\cdot\Delta T),$$

gdzie: R_0 – opór w temperaturze odniesienia T_0, R_T – opór w temperaturze T, α – temperaturowy współczynnik oporu, $\Delta T = T - T_0$ różnica między daną temperaturą T, a temperaturą odniesienia T_0.

Warto zauważyć, że zakładając nawet idealnie liniową zależność oporu od temperatury, wartość temperaturowego współczynnika oporu zależy od tego, jaką temperaturę przyjmie się za temperaturę odniesienia. Można to zobaczyć na przykładzie. Załóżmy, że pewien opornik niklowy w temperaturze 0°C ma opór 20 Ω, w temperaturze 20°C ma opór 22,6 Ω, natomiast w temperaturze 40°C jego opór wynosi 25,2 Ω. Jak widać, takim samym przyrostom temperatury odpowiadają takie same przyrosty oporu. Obliczmy teraz temperaturowy współczynnik oporu, przyjmując za temperaturę odniesienia $T_{0A} = 0°C$ (wówczas opór w temperaturze odniesienia wynosi $R_{0A} = 20\,\Omega$)

$$\alpha_A = \frac{R_T - R_{0A}}{R_{0A}\cdot\Delta T} = \frac{R_T - R_{0A}}{R_{0A}\cdot(T-T_{0A})} = \frac{25{,}2-20}{20\cdot(40-0)}\,\frac{1}{°C} = 6{,}50\cdot10^{-3}\,\frac{1}{°C}.$$

Obliczmy następnie tę wielkość, przyjmując za temperaturę odniesienia $T_{0B} = 20°C$ (w tym przypadku opór w temperaturze odniesienia jest równy $R_{0B} = 22{,}6\,\Omega$)

$$\alpha_B = \frac{R_T - R_{0B}}{R_{0B}\cdot\Delta T} = \frac{R_T - R_{0B}}{R_{0B}\cdot(T-T_{0B})} = \frac{25{,}2-22{,}6}{22{,}6\cdot(40-20)}\,\frac{1}{°C} = 5{,}75\cdot10^{-3}\,\frac{1}{°C}.$$

Na powyższym przykładzie widać, że wartość liczbowa temperaturowego współczynnika oporu dla danego materiału zależy od przyjętej temperatury odniesienia.

Zadanie 155.1.

Uzupełnij zdania, **wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdania prawdziwe.**

1. Temperaturowy współczynnik oporu ………………………….. (metali/półprzewodników) jest ………………………… (ujemny/dodatni), ponieważ wraz ze wzrostem temperatury rośnie liczba nośników prądu elektrycznego w paśmie przewodnictwa.
2. Temperaturowy współczynnik oporu …………………………. (metali/półprzewodników) jest ………………………… (ujemny/dodatni), ponieważ wzrost temperatury powoduje wzrost amplitudy drgań sieci krystalicznej, które przeszkadzają w swobodnym przemieszczaniu się elektronów.

Zadanie 155.2.

Nie tylko opór, ale i inne właściwości, jak np. wymiary liniowe czy objętość różnych materiałów, zmieniają się wraz ze zmianami temperatury. Przykładowo zależność długości metalowego pręta od temperatury można opisać analogicznym wzorem jak w przypadku oporu:

$$l_{\mathrm{T}} = l_0(1+\lambda \cdot \Delta T),$$

gdzie: l_0 – długość w temperaturze T_0, l_{T} – długość w temperaturze *T*, λ – współczynnik rozszerzalności liniowej, $\Delta T = T - T_0$ różnica między temperaturą *T* a temperaturą T_0.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Współczynnik rozszerzalności liniowej może być wyrażany w takich samych jednostkach jak temperaturowy współczynnik oporu.		
2.	Ogrzewanie metalu powoduje wzrost średnich odległości między jego jonami w sieci krystalicznej oraz zwiększenie jego wymiarów makroskopowych.		
3.	Ogrzewanie metalu powoduje wzrost średniej energii kinetycznej drgających jonów w sieci krystalicznej.		

Zadanie 155.3.

Oznaczmy przez α_0 temperaturowy współczynnik oporu pewnego materiału dla temperatury odniesienia T_0. Zakładamy, że zależność oporu od temperatury dla tego materiału jest idealnie liniowa.

Wyprowadź wzór na temperaturowy współczynnik oporu α_1 tego samego materiału dla innej temperatury odniesienia $T_1 \neq T_0$. Wyraź go przez α_0, T_0 oraz T_1.

Zadanie 156.

Miedziany opornik został włączony do obwodu zasilanego ze źródła stałego napięcia 10 V. Podczas przepływu prądu opornik rozgrzewał się stopniowo. Mierzono natężenia prądu dla różnych temperatur opornika i wyniki przedstawiono w postaci tabeli.

T (K)	***U*** (V)	***I*** (A)
278	10	0,415
288	10	0,400
298	10	0,390
313	10	0,372
323	10	0,360
343	10	0,340

Zadanie 156.1.

A. Na podstawie danych zawartych w tabeli narysuj wykres zależności oporu miedzianego opornika od temperatury.

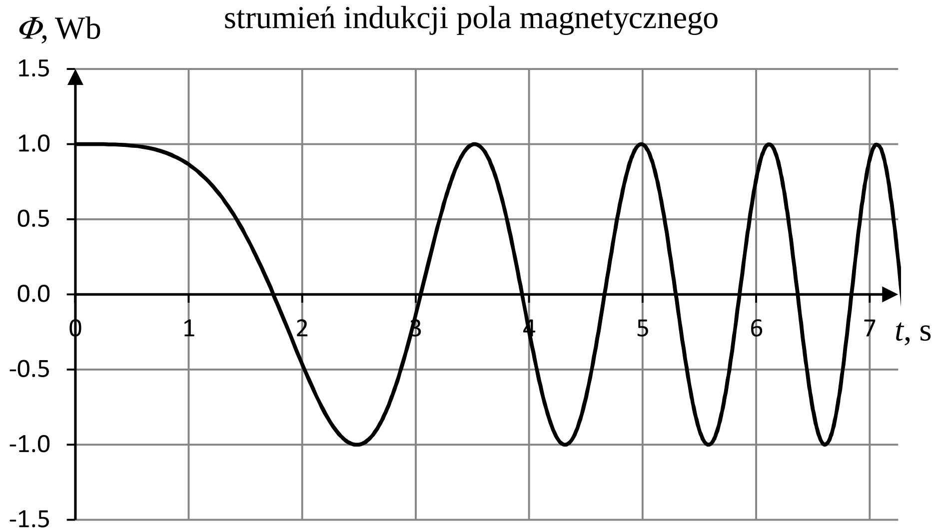
B. Oblicz, korzystając z wykresu, współczynnik temperaturowy oporu dla miedzi.

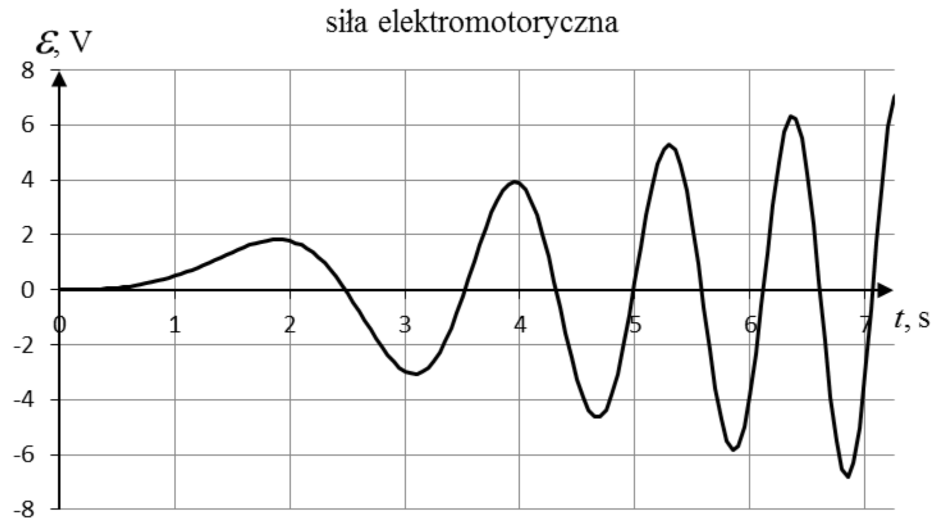
Zadanie 157.

Prądnica posiada wirnik składający się z pewnej liczby zwojów, który obraca się w polu magnetycznym o stałej wartości indukcji.

Na wykresach przedstawiono zależność od czasu dla:

- całkowitego strumienia indukcji pola magnetycznego (Φ) przechodzącego przez uzwojenie,
- indukowanej w uzwojeniu siły elektromotorycznej ($\mathcal{E}$) w sytuacji, gdy wirnik zaczyna się obracać ze stałym przyspieszeniem kątowym.





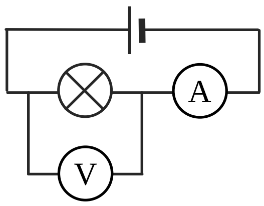
Zadanie 157.1.
Oblicz przyspieszenie kątowe wirnika prądnicy.

Zadanie 157.2.
Wirnik zwiększa częstotliwość obrotów do 5 Hz i dalej obraca się już ze stałą częstotliwością.
Oszacuj maksymalną SEM, którą wytwarza ta prądnica.

Zadanie 157.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Napięcie skuteczne prądu indukowanego podczas rozruchu prądnicy (w pierwszych kilku sekundach) można obliczyć ze wzoru $U_{sk} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$.		
2.	Wartość SEM indukowana w prądnicy, której wirnik obraca się jednostajnie, zależy od częstotliwości obrotów wirnika.		
3.	Maksymalne napięcie wytwarzane przez prądnicę nie zależy od liczby zwojów wirnika.		

Zadanie 158.
Uczniowie mieli do dyspozycji 3 różne żarówki i 1 baterię będącą źródłem napięcia stałego. Dysponowali także 2 identycznymi woltomierzami oraz 2 identycznymi amperomierzami. Zakładamy, że opór wewnętrzny woltomierzy był bardzo duży, a opór amperomierzy i przewodów można pominąć. W celu wyznaczenia mocy każdej z żarówek zbudowali układ pokazany na rysunku. Umieszczali w nim po kolei każdą z żarówek i dokonywali pomiarów napięcia na żarówce oraz natężenia prądu przez nią płynącego. Niepewność wskazań woltomierza wynosiła 0,5 V, natomiast niepewność wskazań amperomierza 0,02 A. Wyniki pomiarów zapisali w tabeli.

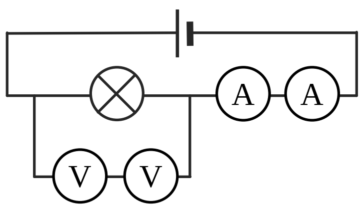


Nr żarówki	***U*** (V)	***I*** (A)
1.	9,0	0,15
2.	9,0	0,70
3.	9,0	0,20

Zadanie 158.1.
Oblicz moc żarówki nr 2 oraz oszacuj niepewność wyniku. W celu oszacowania niepewności oblicz najmniejszą i największą możliwą wartość mocy w granicach niepewności napięcia i natężenia prądu (metoda najmniej korzystnego przypadku). Za niepewność oszacowania mocy przyjmij większą z różnic między obliczoną wartością mocy, a którąś ze skrajnych wartości.

Zadanie 158.2.
Na podstawie uzyskanych wyników uczniowie obliczyli opory wszystkich 3 użytych żarówek i wydzielane na nich moce. Oszacowali również niepewności wyznaczenia poszczególnych oporów oraz poszczególnych mocy.
Napisz, **dla której żarówki niepewność względna oporu i mocy była najmniejsza, a dla której największa. Odpowiedź uzasadnij bez obliczania wartości liczbowych niepewności względnych dla poszczególnych żarówek.**

Zadanie 158.3.
Eksperymentując, uczniowie zbudowali pokazany na rysunku układ, w którym zamiast pojedynczych mierników znalazły się układy dwóch takich samych mierników (o wszystkich parametrach takich samych) połączonych szeregowo.



Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Każdy z woltomierzy wskazał 2 razy mniejszą wartość napięcia w porównaniu ze wskazaniem jednego woltomierza w pierwszym pomiarze przy tej samej żarówce.		
2.	Każdy z amperomierzy wskazał 2 razy mniejszą wartość natężenia prądu w porównaniu ze wskazaniem jednego amperomierza w pierwszym pomiarze przy tej samej żarówce.		
3.	Uwzględniając skończony opór woltomierzy, opór całkowity układu był nieco większy niż opór całkowity układu zastosowanego w pierwszym pomiarze przy tej samej żarówce.		

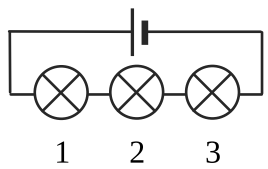
Zadanie 158.4.

Jeden z uczniów zauważył, że podłączając do baterii odpowiedni układ złożony z 3 badanych żarówek, 2 amperomierzy i 2 woltomierzy, można za jednym razem wyznaczyć moc wydzielaną na każdej z żarówek, zamiast tak, jak poprzednio wykonywać dla każdej z żarówek osobny pomiar. Po przeprowadzeniu takiego pomiaru okazało się jednak, że nie dla wszystkich żarówek wyznaczona moc była taka sama, jak w pomiarze, w którym mierzono napięcie i natężenie prądu osobno dla każdej żarówki.

Narysuj schemat podłączonego do baterii układu pozwalającego za pomocą 2 amperomierzy i 2 woltomierzy wyznaczyć moc wydzielaną na każdej z 3 żarówek. Zakładamy, że nie jest znana wartość napięcia, którego źródłem jest bateria. Uzasadnij, dlaczego wyznaczona w tym pomiarze moc wydzielana na poszczególnych żarówkach może różnić się od mocy wyznaczonej przy pomiarach napięcia i natężenia prądu osobno dla każdej żarówki.

Zadanie 158.5.

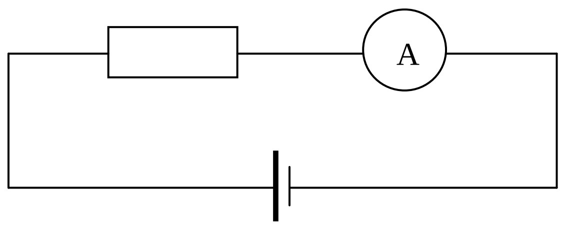
Uczniowie połączyli szeregowo wszystkie 3 żarówki i podłączyli do baterii, co pokazano na rysunku.



Wskaż, która z żarówek świeciła najsłabiej. Odpowiedź uzasadnij.

Zadanie 159.

Uczniowie gimnazjum wykonywali proste doświadczenie mające na celu dokładne wyznaczenie oporu opornika, którego opór był rzędu kilku kΩ. Do pomiarów wykorzystali mierniki cyfrowe. Zbudowali obwód według schematu narysowanego poniżej.



Uczniowie zmierzyli napięcie na każdym elemencie wchodzącym w skład obwodu. Wyniki zapisali w tabeli. Zapomnieli jednak zapisać, na jakim elemencie mierzyli napięcie.

U (V)	***I*** (mA)	**Nazwa elementu, na którym mierzono napięcie**
1,53	7,5	
1,50	7,5	
0,03	7,5	

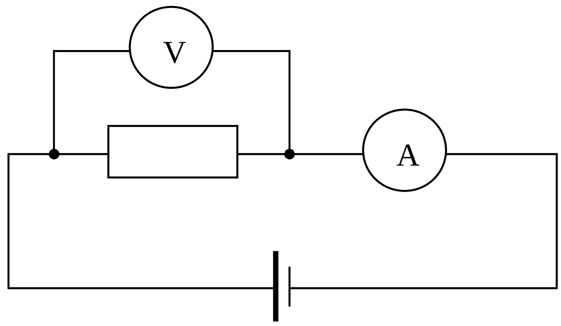
Zadanie 159.1.

Uzupełnij brakujące zapisy w tabeli, uzasadnij jeden z wpisów oraz oblicz opór badanego opornika.

Zadanie 159.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Idealny amperomierz powinien mieć opór elektryczny równy zeru.		
2.	Idealny woltomierz powinien mieć opór elektryczny równy zeru.		
3.	Wykonując pomiar, woltomierz włączamy do obwodu równolegle, a amperomierz szeregowo.		

Zadanie 159.3.
Uczniowie zmienili opornik i zmierzyli napięcie i natężenie prądu w obwodzie zbudowanym według schematu poniżej. Zanotowali wskazania mierników: 1,23 V oraz 41 mA.

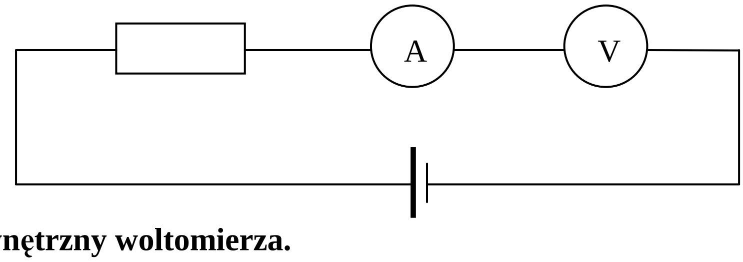


W instrukcji obsługi mierników przeczytali, że niepewność pomiaru należy obliczyć w następujący sposób:

$$\Delta U = \frac{0{,}5 \cdot wskazanie}{100} + 0{,}02 \quad \text{oraz} \quad \Delta I = \frac{1 \cdot wskazanie}{100} + 0{,}02$$

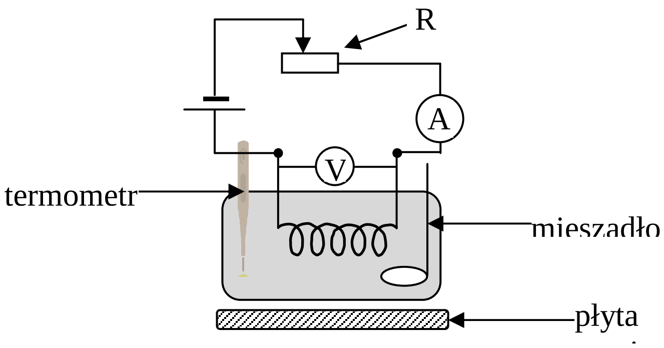
Oblicz wartość oporu opornika włączonego do obwodu. Oszacuj niepewność pomiaru.

Zadanie 159.4.
Po włączeniu do obwodu obu mierników szeregowo, amperomierz wskazał 1 μA, a woltomierz 1,53 V.



Oszacuj opór wewnętrzny woltomierza.

Zadanie 160.
Uczniowie postanowili zbadać zależność oporu elektrycznego wolframu od temperatury. W tym celu zbudowali obwód pomiarowy przedstawiony na rysunku.
W naczyniu z wodą ustawionym na płycie grzejnej umieścili spiralę z drutu wolframowego. Przy pomocy płyty grzejnej ogrzewali stopniowo wodę w naczyniu, mierząc równocześnie jej temperaturę (a więc także temperaturę znajdującej się w niej spirali). W zamkniętym obwodzie elektrycznym tak dobierali opór elektryczny regulowanego opornika R, by w obwodzie przez cały czas trwania doświadczenia płynął niewielki prąd o jednakowym natężeniu 0,01 A.



Wyniki pomiarów napięcia i temperatury wody zamieścili w tabeli. Podczas pomiaru w temperaturze 50°C uczniowie zapomnieli zapisać zmierzoną wartość napięcia.

U (mV)	27	29	30		32,7	34,5
t (°C)	20	30	40	50	60	70
R (Ω)						

Zadanie 160.1.
Wyjaśnij, dlaczego do poprawnego przeprowadzenia doświadczenia konieczne jest, aby przez spiralę przepływał prąd o niewielkim natężeniu.

Zadanie 160.2.
Uzupełnij ostatni wiersz tabeli, obliczając opory elektryczne spirali i sporządź wykres zależności oporu spirali od temperatury *R*(*t*).

Zadanie 160.3.
Zapisz, jak, korzystając jedynie z wykresu, bez wykonywania obliczeń, można wyznaczyć opór elektryczny spirali w temperaturze 0°C. Ustal tę wartość oporu.

Zadanie 160.4.
Oblicz, wykorzystując interpolację, brakującą wartość oporu w tabeli dla temperatury 50°C i na tej podstawie oblicz brakującą wartość napięcia.

Zadanie 160.5.
Zależność oporu elektrycznego od temperatury ma postać $R(t) = R_0\,(1 + \alpha\Delta t)$, gdzie: $R(t)$ – opór w danej temperaturze, R_0 – opór w temperaturze 0°C, α – temperaturowy współczynnik oporu, Δt – przyrost temperatury.
Oblicz, na postawie danych w tabeli lub wykresu temperaturowy współczynnik oporu dla wolframu.

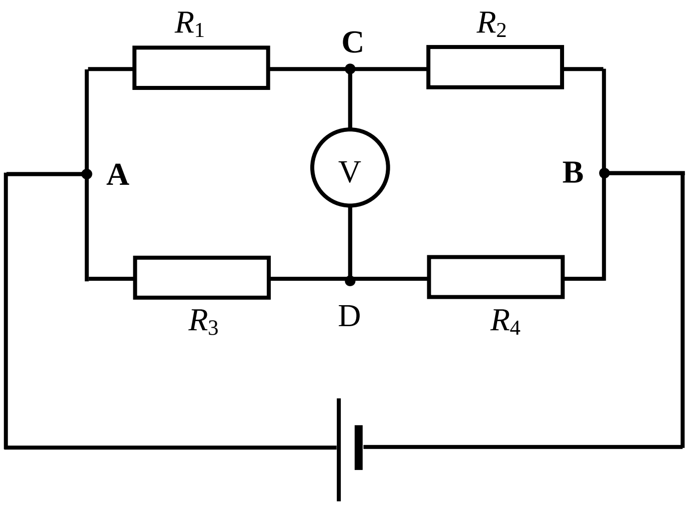
Zadanie 160.6.
Termistor to opornik, którego opór silnie zmienia się z jego temperaturą. Wyróżniamy 2 zasadnicze rodzaje termistorów:
– NTC – (*negative temperature coefficient*) – czyli termistor o ujemnym temperaturowym współczynniku oporu elektrycznego,
– PTC – (*positive temperature coefficient*) – czyli termistor o dodatnim temperaturowym współczynniku oporu elektrycznego.
W tabeli przedstawiono wyniki pomiaru oporu termistora w różnych temperaturach.

t (°C)	80	70	60	50	40	30	20
R (kΩ)	2,1	2,6	3,7	5,9	8,2	10,5	13,2

Przeanalizuj tabelę i zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
W tabeli przedstawiono dane dla termistora

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	NTC,	ponieważ wraz ze wzrostem temperatury	A	jego opór maleje.
2.	PTC,		B	jego opór rośnie.

Zadanie 161.
Wyznaczanie oporu elektrycznego można przeprowadzać różnymi metodami. Jedną z powszechnie stosowanych jest pomiar oporu z wykorzystaniem urządzenia zwanego *mostkiem Wheatstone'a*. Oporniki R_1, R_2, R_3 i R_4 połączone są tak, jak na rysunku poniżej. Do punktów **A** i **B** dołącza się źródło napięcia, a do punktów **C** i **D** czuły woltomierz. Taki mostek jest w równowadze, gdy napięcie między punktami **C** i **D** jest równe zeru. Jeżeli znamy wartości oporów oporników R_2, R_3 oraz R_4, to możemy wyznaczyć opór R_1. Istnieją 2 sposoby przeprowadzania pomiaru. W pierwszym przy ustalonych wartościach R_3 i R_4 zmienia się wartość oporu R_2, doprowadzając mostek do stanu równowagi i w ten sposób wyznacza opór R_1. W drugim stosowanym podczas mniej dokładnych pomiarów, opór R_2 jest stały i stanowi wzorzec, dobiera się natomiast odpowiedni stosunek oporów R_3 i R_4. W praktyce wykorzystuje się drut oporowy, który dotyka się suwakiem w punkcie **D**. Różne położenia suwaka na drucie oporowym pozwalają dobrać taki stosunek R_3 i R_4, przy którym osiągamy równowagę mostka. Opór nieznanego opornika R_1 wyznaczamy ze wzoru: $R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4}$ (*).



Zadanie 161.1.
Wyprowadź wzór (*).

Zadanie 161.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Natężenia prądu w obu gałęziach mostka (ACB i ADB) są zawsze takie same.		
2.	Zamiast woltomierza między punkty C i D można włączyć mikroamperomierz.		
3.	Opór wewnętrzny źródła napięcia ma wpływ na dokładność wyznaczenia oporu R_1.		
4.	Podczas wyznaczania oporu mostek Wheatstone'a może być zasilany wyłącznie ze źródła napięcia stałego.		

Zadanie 161.3.
Wyznaczanie oporu można przeprowadzać przy małych i większych natężeniach prądu płynącego w gałęziach mostka Wheatstone’a.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Dla dokładności wyznaczenia oporu przepływ prądu o większym natężeniu (przy użyciu źródła napięcia dającego większą wartość napięcia), w porównaniu z mniejszymi prądami jest

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	bardziej korzystny,	ponieważ	A	zwiększa się czułość mostka.
			B	zmniejsza się czułość mostka.
2.	mniej korzystny,		C	czułość mostka nie ulega zmianie.
			D	natężenia prądów płynące w obu gałęziach obwodu wzrastają proporcjonalnie.
3.	nieistotny,		E	następują różne zmiany oporu związane ze wzrostem temperatury oporników.
			F	zmiana oporu związana ze wzrostem temperatury jest dla wszystkich oporników jednakowa.

Zadanie 161.4.
Wykorzystanie zamiast oporników R_3 i R_4 dwóch odcinków drutu oporowego o całkowitej długości l, pozwala zastąpić wzór $R_1 = R_2 \dfrac{R_3}{R_4}$ prostszą postacią $R_1 = R_2 \dfrac{l_3}{l_4}$, gdzie przez l_3 i l_4 oznaczono odpowiednio długości drutu oporowego odpowiadające oporom R_3 i R_4.

Wykaż, że wzory $R_1 = R_2 \dfrac{R_3}{R_4}$ oraz $R_1 = R_2 \dfrac{l_3}{l_4}$ są równoważne.

Zadanie 161.5.
Wykorzystanie zamiast oporników R_3 i R_4 dwóch odcinków drutu oporowego o całkowitej długości l, pozwala zastąpić wzór $R_1 = R_2 \dfrac{R_3}{R_4}$ prostszą postacią $R_1 = R_2 \dfrac{l_3}{l_4}$, gdzie przez l_3 i l_4 oznaczono odpowiednio długości drutu oporowego odpowiadające oporom R_3 i R_4.

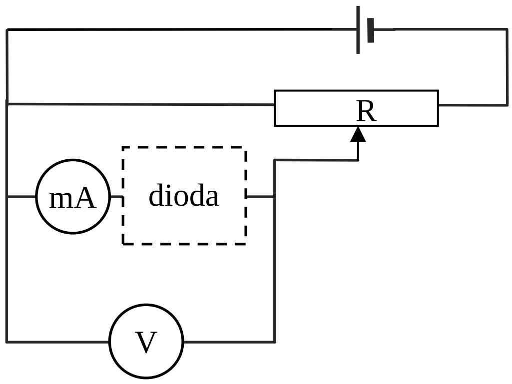
Względną niepewność pomiarową oporu R_1 możemy wyznaczyć ze wzoru $\dfrac{\Delta R_1}{R_1} = \dfrac{\Delta R_2}{R_2} + \dfrac{\Delta R_3}{R_3} + \dfrac{\Delta R_4}{R_4}$, gdzie ΔR oznaczono niepewności bezwzględne oporów.
Ponieważ w praktyce opornik odniesienia R_2 jest bardzo dokładny, w obliczeniach często zakłada się, że ΔR_2 jest równe zeru.
Wykaż, wykonując obliczenia, że największą dokładność wyznaczenia oporu R_1 można osiągnąć, gdy $l_3 = l_4$.

Zadanie 161.6.
Zmodyfikowany układ mostka Wheatstone’a może być wykorzystany również do pomiaru pojemności kondensatorów. Wtedy zamiast oporników R_1 i R_2 w obwodzie występują kondensatory C_1 oraz C_2.
Uzupełnij zdanie, wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.

Podczas pomiaru pojemności w gałęzi obwodu ADB oporniki R_3 i R_4 …………………. (muszą / nie muszą) zostać wymienione na kondensatory C_3 i C_4.

Zadanie 162.

W celu wyznaczenia charakterystyki prądowo-napięciowej krzemowej diody półprzewodnikowej zbudowano układ złożony z badanej diody, baterii będącej źródłem napięcia stałego 1,5 V, opornika regulowanego, miliamperomierza i woltomierza. Opór woltomierza był bardzo duży, a opór amperomierza bardzo mały. Za pomocą opornika regulowanego zmieniano wartości napięcia na diodzie. Dla kilku wybranych wartości napięcia zmierzono i zanotowano wartości natężenia prądu płynącego przez diodę. Niepewność pomiarów napięcia wynosiła 10 mV, a niepewność pomiarów natężenia prądu 1 mA. Schemat wykorzystanego układu przedstawiono na rysunku, a uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli.



U (mV)	0	200	400	450	500	550	600	650	700
I (mA)	0	0	0	0	1	3	8	26	82

Zadanie 162.1.

Wykonaj wykres zależności *I*(*U*) dla badanej diody. Opisz i wyskaluj osie, nanieś wszystkie punkty doświadczalne wraz z ich niepewnościami pomiarowymi i przeprowadź przez nie krzywą.

Zadanie 162.2.

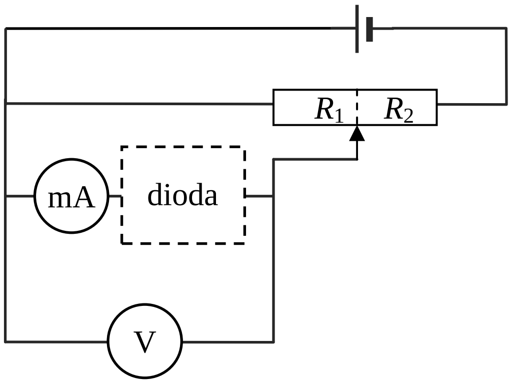
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Biegunowość diody użytej w opisanym doświadczeniu, która powinna być narysowana na schemacie oraz kolejność warstw półprzewodnika typu n i p, z których była wykonana, poprawnie przedstawiono na rysunku.

A. B. C. D.

Zadanie 162.3.

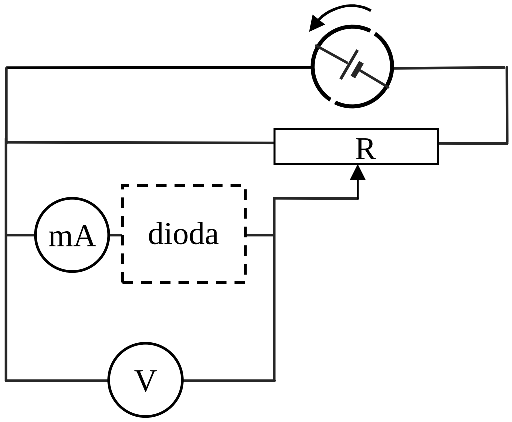
Oznaczmy przez R_1 wartość oporu części opornika regulowanego, do której równolegle podłączono diodę z miernikami, a przez R_2 opór pozostałej części (patrz rysunek).

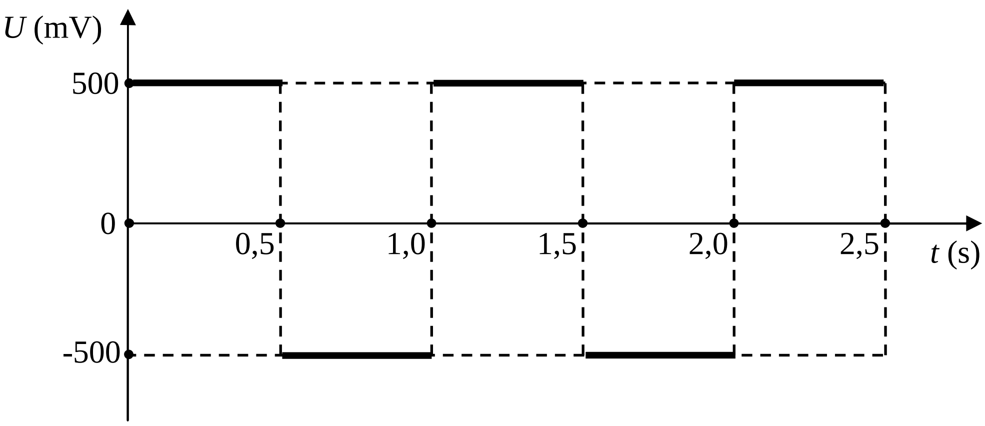


Oblicz, w jakim zakresie zmieniała się wartość ilorazu $\frac{R_1}{R_2}$ w czasie doświadczenia. Pomiń prąd płynący przez diodę, zakładając, że podczas całego doświadczenia był dużo mniejszy niż prąd płynący przez opornik regulowany.

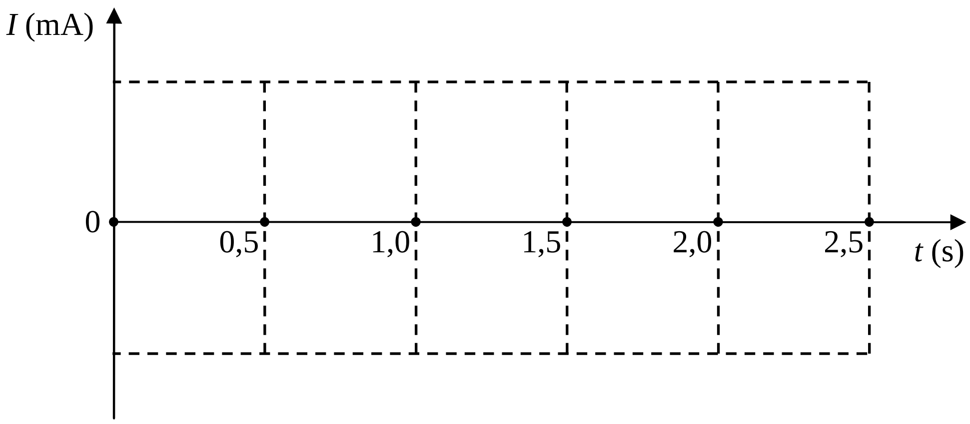
Zadanie 162.4.

Bieguny baterii będącej źródłem napięcia stałego podłączono do odizolowanych od siebie przewodzących półokręgów, które obracane ze stałą prędkością kątową za pomocą silnika na przemian stykały się z końcami obwodu. Opisaną sytuację pokazano na rysunku. Dzięki temu uzyskano przedstawioną na wykresie zależność napięcia na diodzie od czasu.

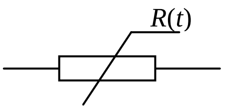




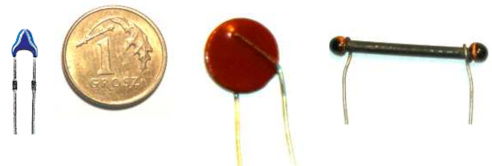
Narysuj wykres przedstawiający zależność natężenia prądu płynącego przez diodę od czasu. Przyjmij konwencję, że napięcie oraz natężenie prądu są dodatnie, gdy prąd płynie przez obwód w tę samą stronę, co w pierwszej części doświadczenia. Na osi pionowej zaznacz odpowiednią wartość liczbową natężenia prądu.



Zadanie 163.
Termistory są opornikami półprzewodnikowymi, charakteryzującymi się dużymi zmianami oporu w zależności od zmian temperatury. Wykonuje się je z tlenków: manganu, niklu, kobaltu, miedzi, aluminium, wanadu i litu. Od rodzaju i proporcji użytych tlenków zależą właściwości termistora. W trakcie produkcji tlenki te są zmieszane, a następnie sprasowane ze sobą oraz środkiem wiążącym. Termistory mogą mieć różne kształty, przy czym najczęściej występują w kształcie walca, pastylki lub kropli (patrz fotografia). Początek produkcji termistorów przypada na okres II wojny światowej, a gwałtowny wzrost ich zastosowań rozpoczął się w latach 60. XX w.

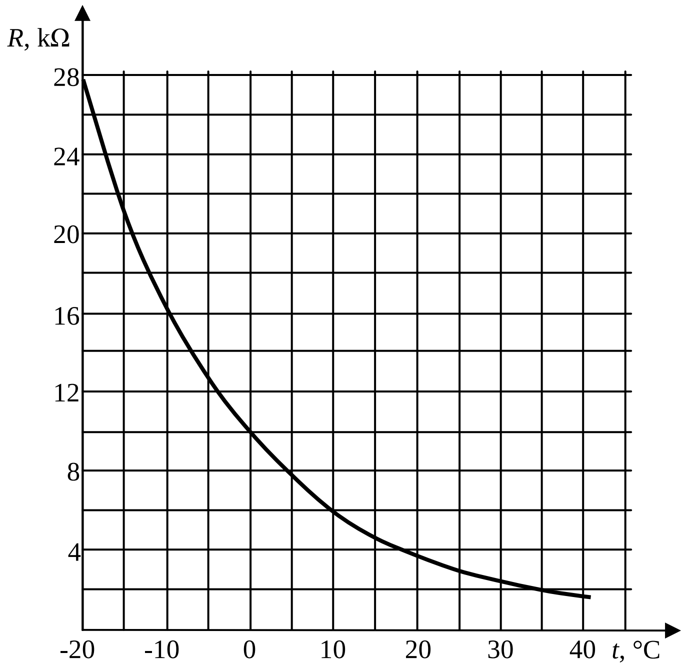


symbol termistora



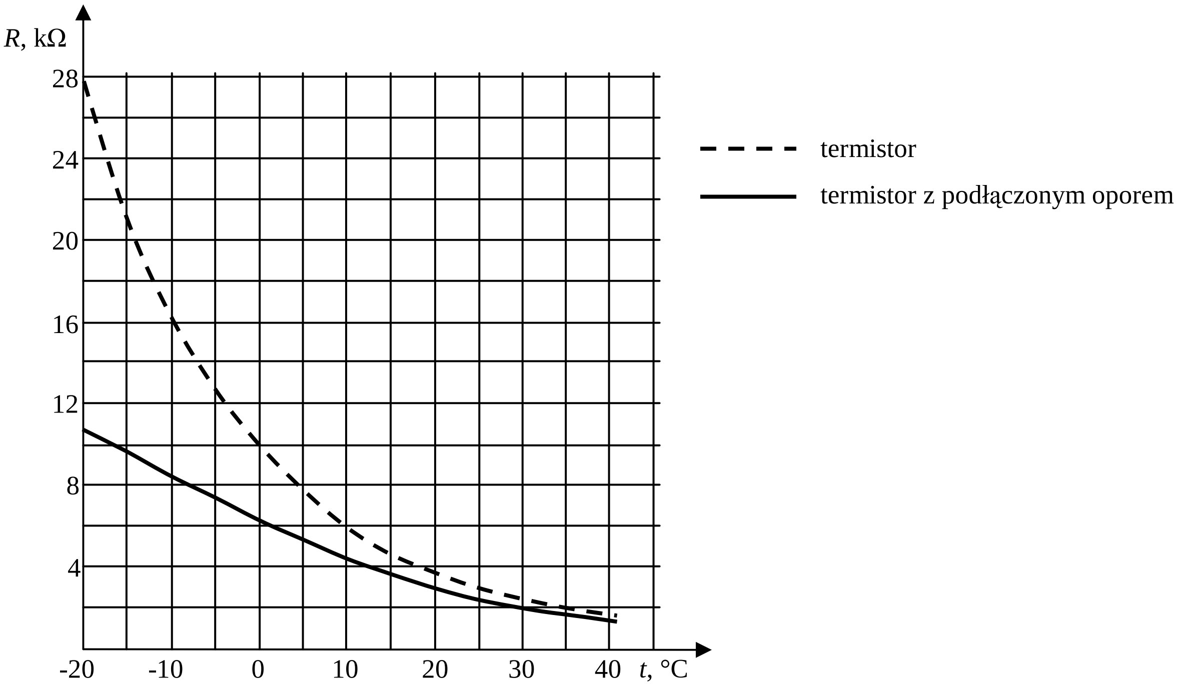
Wygląd przykładowych termistorów w porównaniu z monetą jednogroszową.

W uproszczeniu działanie termistora, jako elementu półprzewodnikowego polega na tym, że przy wzroście temperatury rośnie w nim w nim liczba elektronów swobodnych umożliwiających przepływ prądu. Można tu dodać, że współczynnik temperaturowy zmian oporu elektrycznego dla metali jest dodatni, tzn. ich opór rośnie wraz ze wzrostem temperatury, natomiast dla półprzewodników jest ujemny. Wartość bezwzględna tego współczynnika dla metali jest znacznie mniejsza niż dla termistorów. Przykładowo 2-krotna zmiana oporu platyny wymaga zmiany temperatury o 300°C, natomiast 2-krotna zmiana oporu typowego termistora zmiany tylko o 20°C.



Termistory znalazły zastosowanie w różnego rodzaju układach pomiaru temperatury i jej sterowaniu, np.: termometrach, układach ogrzewania i klimatyzacji, sterowaniu silnikami spalinowymi, układach zabezpieczających przed nadmiernym wzrostem temperatury (np. w komputerach), czujnikach poziomu cieczy i wielu innych. W danych katalogowych opór termistora podaje się dla temperatury 25 °C.

Przedstawiono wykres zależności oporu od temperatury dla termistora zastosowanego w pewnym układzie pomiaru temperatury. Wynika z niego, że charakterystyka termistora jest silnie nieliniowa w odróżnieniu od metali, dla których jest ona liniowa w dużym zakresie temperatur. W celu częściowej eliminacji nieliniowości w układzie pomiaru temperatury równolegle do termistora dołącza się opornik o stałej wartości oporu niezależnej od temperatury. Charakterystykę samego termistora i kompletnego czujnika temperatury z dołączonym oporem przedstawia wykres poniżej.



Zadanie 163.1.
Zapisz, w jakim zakresie temperatur charakterystyka termistora z podłączonym oporem jest liniowa.

Zadanie 163.2.
Podczas dokonywania pomiaru temperatury z użyciem termistora natężenie prądu płynącego przez termistor powinno być

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	duże,	ponieważ	A	zwiększy to dokładność pomiaru oporu termistora.
			B	przepływ prądu spowoduje nagrzewanie termistora.
2.	małe,		C	zwiększy zakres liniowej charakterystyki układu termistora z oporem.

Zadanie 163.3.
Na podstawie wykresów oszacuj wartość oporu dołączonego do termistora.

Zadanie 163.4.
Termistor o kształcie pastylki ma postać walca o średnicy ok. 8 mm i wysokości 1,5 mm. Podstawy tego walca w trakcie produkcji termistora są metalizowane i do ich powierzchni zostają przylutowane przewody doprowadzające (fotografia 1). W trakcie przepływu prądu przez termistor prąd elektryczny płynie w całej objętości materiału półprzewodnikowego, pomiędzy metalizowanymi podstawami walca.

W wyniku nieostrożnego obchodzenia się z termistorem jego fragment uległ ukruszeniu (fotografia 2).

Fotografia 1

Fotografia 2

Wyjaśnij, dlaczego i w jaki sposób takie uszkodzenie wpłynie na opór termistora w porównaniu z nieuszkodzonym termistorem dla tych samych temperatur.

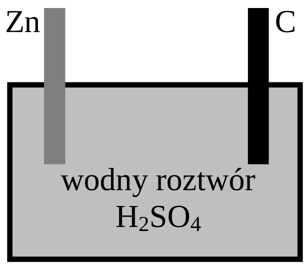
Zadanie 164.

Do zasilania różnych urządzeń energią elektryczną powszechnie stosuje się baterie. Ogólną zasadę działania baterii można zrozumieć na przykładzie jednej z najprostszych, jaką jest bateria cynkowo-węglowa. Załóżmy, że do zbiornika z wodnym roztworem kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) wkładamy pręt cynkowy. Cząsteczki kwasu siarkowego rozpadają się na 2 jony H^+ oraz 1 jon SO_4^{2-}. Atomy cynku na powierzchni pręta tracą 2 elektrony, stając się jonami Zn^{2+}, które następnie łączą się z jonami SO_4^{2-}, tworząc rozpuszczający się siarczan(VI) cynku $ZnSO_4$. Elektrony z atomów cynku łączą się natomiast z jonami H^+, tworząc cząsteczki gazowego wodoru H_2. Gdy do kwasu zostanie także włożony pręt węglowy, nie wchodzi on w żadne reakcje chemiczne. Po połączeniu przewodem obu prętów, elektrony zaczynają się przemieszczać wzdłuż przewodu do pręta węglowego i tam łączyć się z wodorem. Na tej samej zasadzie działają baterie, jakie stosujemy do codziennego użytku, różnią się zaś typami użytych metali i elektrolitów. Ściśle rzecz ujmując, opisane wyżej pojedyncze źródło zasilania nazywamy ogniwem, natomiast zestaw 2 lub więcej pojedynczych ogniw baterią, jednakże potocznie określenie *bateria* jest także stosowane w odniesieniu do pojedynczych ogniw.

Na podstawie: http://baltrade.pl/bn/?p=bw_bat_howwrk [dostęp: 13.11.2014].

Zadanie 164.1.

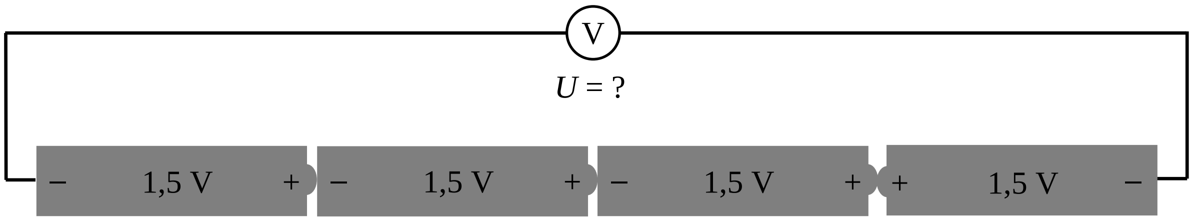
Na uproszczonym rysunku pokazano zbiornik z wodnym roztworem kwasu siarkowego(VI) i częściowo zanurzone w nim 2 pręty: cynkowy i węglowy.



Wskaż, który z prętów stanowi biegun dodatni, a który biegun ujemny ogniwa, zapisując obok każdego z nich odpowiedni symbol (+ albo –).

Zadanie 164.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
W opisanym ogniwie
A. rozpuszczać się będą oba pręty.
B. nie będzie się rozpuszczał żaden z prętów.
C. rozpuszczać się będzie tylko pręt węglowy.
D. rozpuszczać się będzie tylko pręt cynkowy.

Zadanie 164.3.
Do dyspozycji były 4 baterie. Przy pomocy woltomierza mierzono napięcia między biegunami każdej z nich za każdym razem otrzymując wynik 1,5 V. Następnie baterie te połączono ze sobą szeregowo, przy czym biegunowość czwartej baterii była przeciwna do pozostałych (patrz rysunek).



Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Woltomierz podłączony do skrajnych biegunów połączonych szeregowo w opisany sposób baterii powinien wskazać napięcie o wartości

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	0 V,	ponieważ	A	bateria podłączona przeciwnie do pozostałych całkowicie blokuje możliwość płynięcia prądu przez układ.
2.	1,5 V,		B	napięcia na bateriach nie dodają się, a napięcie między końcami układu jest takie samo jak między biegunami pojedynczej baterii.
3.	3 V,		C	napięcia na bateriach dodają się z uwzględnieniem różnych znaków dla różnych biegunowości.
4.	6 V,		D	napięcia na bateriach zawsze się dodają niezależnie od biegunowości.

Zadanie 164.4.
Na kupionej baterii można zazwyczaj przeczytać, jaka jest jej siła elektromotoryczna oraz pojemność. Przykładowo pojemność 2000 mAh (miliamperogodzin) oznacza, że teoretycznie prąd o natężeniu 2000 mA mógłby być dostarczany przez 1 godzinę, a np. prąd o natężeniu 1000 mA przez 2 godziny. W praktyce wiele różnych czynników powoduje, że podawana pojemność jest tylko przybliżeniem dającym pojęcie, jak długo bateria powinna działać w typowych warunkach eksploatacyjnych przy danym poborze prądu.

Na podstawie: http://baltrade.pl/bn/?p=bw_bat_howwrk [dostęp: 13.11.2014].

Do ściennego zegara kwarcowego włożono nową baterię alkaliczną o sile elektromotorycznej 1,5 V i pojemności 2600 mAh. Zegar chodził przez 2 lata zanim bateria wyczerpała się.
Na podstawie powyższych danych oszacuj średnią moc zużywaną przez ten zegar. Pomiń opór wewnętrzny baterii i związane z nim rozpraszanie energii.

Zadanie 165.

„[…] Białe diody LED znajdują szerokie zastosowania, poczynając od świateł pozycyjnych, drogowych i jazdy dziennej w samochodach, dużych wyświetlaczach typu *backlight*, a kończąc na oświetleniu roboczym i dekoracyjnym. Zastosowania te stawiają duże wymagania, co do stałości natężenia oświetlenia, jego widma i bezawaryjności pracy. Wszystkie te parametry zależą od temperatury struktury półprzewodnikowej […].

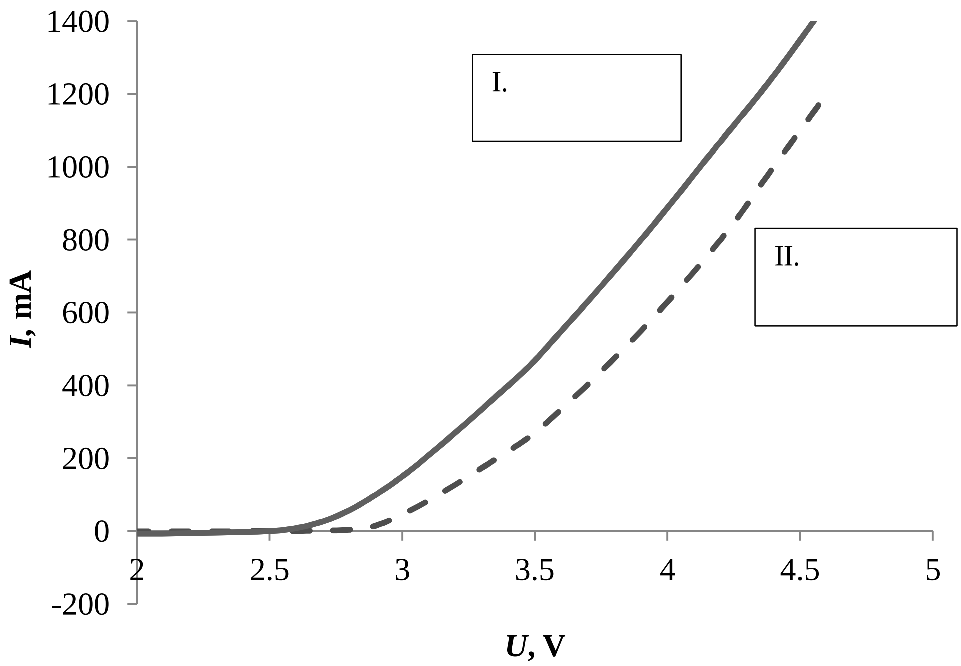
Jak wiadomo, spadek napięcia w idealnym złączu p-n maleje, […] wraz ze wzrostem temperatury. Wyniki […] pokazują, że przy wzroście temperatury następuje zmniejszanie strumienia emitowanego światła oraz przesunięcie charakterystyki widmowej w stronę większych długości fali. Przesunięcie charakterystyki widmowej wynika z zależności szerokości przerwy energetycznej półprzewodnika od temperatury. […] Zależność temperatury barwowej światła oraz skuteczności świetlnej od temperatury otoczenia (a w szczególności jej nieliniowy charakter) powoduje, że zmiany tych parametrów muszą być brane pod uwagę na etapie projektowania systemów oświetleniowych. Zmiany w widmie mogą powodować zafałszowanie kolorów obiektów obserwowanych pod oświetleniem białych diod LED, zaś zmiany skuteczności świetlnej mogą wpływać negatywnie na bezpieczeństwo, np. w zastosowaniach komunikacyjnych”.

Źródło: http://pe.org.pl/articles/2014/9/23.pdf [dostęp: 10.11.2014].

Zadanie 165.1.

Wykres przedstawia charakterystykę prądowo-napięciową w kierunku przewodzenia pewnej diody w temperaturach –15°C i 50°C.

Wpisz w odpowiednie prostokąty na wykresie wartości temperatur, którym odpowiadają przedstawione krzywe, korzystając z informacji w tekście.



Zadanie 165.2.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz poprawne dokończenie zdania.

Przy wzroście temperatury otoczenia obserwowano przesunięcie charakterystyk widmowych światła emitowanego przez diodę LED

Stwierdzenie			Dokończenie	
1.	„ku czerwieni”,	to znaczy w kierunku	A	większych częstotliwości.
2.	„ku fioletowi”,		B	mniejszych częstotliwości.

Zadanie 165.3.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Ze wzrostem temperatury zwiększa się łączna liczba elektronów swobodnych i maleje opór elektryczny półprzewodnika.		
2.	Wzrost temperatury powoduje zwiększenie strumienia emitowanego światła przez białe diody LED.		
3.	W półprzewodnikach domieszkowych rośnie liczba elektronów i maleje liczba dziur wraz ze wzrostem temperatury.		

Zadanie 165.4.

Uzupełnij zdanie, wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.

Zmiany w stałości …………………………………… (natężenia oświetlenia / widma światła) emitowanego przez białe diody LED ………………………….. (mogą / nie mogą) wpływać na odbieranie kolorów obiektów obserwowanych pod oświetleniem białych diod LED.

Zadanie 166.

Poniżej przedstawiono fragment instrukcji zawierający dane techniczne zmywarki oraz wygląd urządzenia.

1. Górny kosz na naczynia z półką.
2. Szyna prowadnicy górnego kosza.
3. Pojemnik na sól.
4. Kosz na sztućce.
5. Dozownik detergentu.
6. Drzwiczki.
7. Panel sterowania.
8. Filtry.
9. Dolne ramię rozpylacza.
10. Dolny kosz.
11. Górne ramię rozpylacza.
12. Blat (w zależności od modelu).

Dane techniczne.
Dopuszczalne ciśnienie wody: 0,3–10 bar (3–100 N/cm² = 0,01–1,0 Mpa).
Przyłącze elektryczne: 220–240 V, 10A.
Moc maksymalna: 1900–2200 W.
Moc grzałki: 1800 W.

Źródło: http://www.beko.com.pl/pobierz/DFS_2530?kategoria=instrukcja [dostęp: 01.12.2014].

Zadanie 166.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Przy włączonej grzałce w czasie działania zmywarki silnik zasilający rozpylacze pobiera moc maksymalną 1800 W.		
2.	W czasie pracy zmywarki natężenie prądu czerpanego z sieci ma stałą wartość.		
3.	Maksymalna wartość napięcia zasilającego zmywarkę będzie wynosić ok. 339 V.		

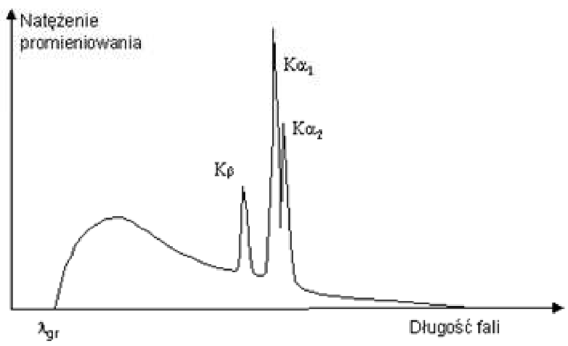
Zadanie 166.2.
Oblicz maksymalne zużycie energii w czasie 10 min pracy tej zmywarki. Wynik podaj w kWh.

Zadanie 166.3.
W przedstawionej instrukcji znajdują się błędy.
Znajdź jeden z nich oraz podaj poprawne brzmienie zapisu.

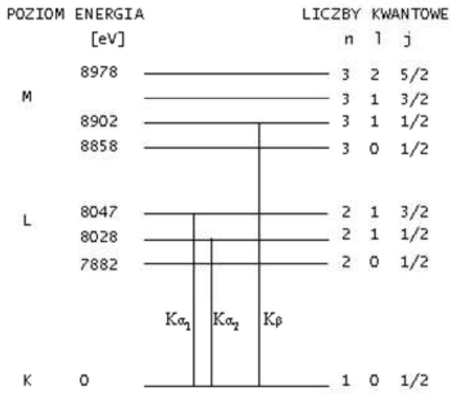
1.7. Fizyka atomowa, jądrowa i kwantowa

Zadanie 167.

Wykres przedstawia widmo promieniowania rentgenowskiego uzyskane z lampy rentgenowskiej. Pikom na wykresie odpowiadają przejścia elektronów pomiędzy poszczególnymi poziomami energetycznymi, co zaznaczono również na widmie liniowym atomu poniżej.



widmo promieniowania rentgenowskiego



widmo liniowe

Źródło: http://ilf.if.pw.edu.pl/experiment/rentgen/page/2 [dostęp: 03.12.2014].

Zadanie 167.1.

Zaznacz na osi OX wykresu *widmo promieniowania rentgenowskiego* ten fragment widma, który powstaje <u>wyłącznie</u> w wyniku hamowania elektronów w obszarze pola elektrycznego.

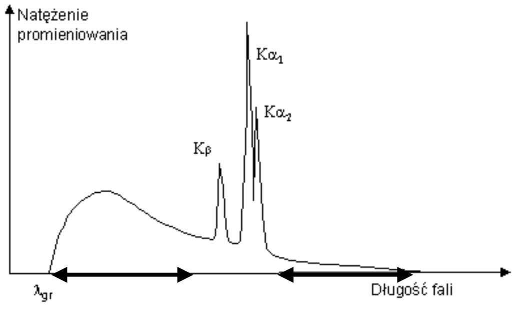
Wskazówki i rozwiązanie zadania

W tekście wprowadzającym pojawia się stwierdzenie: *pikom na wykresie odpowiadają przejścia elektronów pomiędzy poszczególnymi poziomami energetycznymi*, które wskazuje, że ten fragment nie dotyczy promieniowania hamowania.

Poprawna odpowiedź

Zaznaczenie fragmentu „bez pików”.

Strzałkami oznaczono zakres odpowiadający promieniowaniu hamowania.



Zadanie 167.2.
Oblicz długość fali emitowanej przez atom w czasie przejścia $K_{\alpha 1}$.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Odczytujemy wartości energii dla przejścia $K_{\alpha 1}$: E = 8047 eV i przeliczamy energię na dżule z proporcji prostej, stosując przelicznik: 1eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.
$E = 12875{,}2 \cdot 10^{-19}$ J
Ponadto stosujemy wzór na energię kwantu promieniowania**:** $E = \frac{hc}{\lambda}$
i obliczamy długość fali: $\lambda = \frac{hc}{E} = 1{,}545 \cdot 10^{-10}$ m $\left[\frac{\mathrm{J \cdot s \cdot \frac{m}{s}}}{\mathrm{J}} = \mathrm{m}\right]$.

Poprawna odpowiedź
$\lambda = 1{,}545 \cdot 10^{-10}$ m.

Zadanie 167.3.
Uzupełnij zdanie, **wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.**
Promieniowanie charakterystyczne wykorzystuje się do badania składu pierwiastkowego badanego materiału w czasie analizy……………………………………………………………
(widm atomowych / wyników z detektorów promieniowania / wyników ze spektrometru masowego / wyników z selektora prędkości).

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Widma atomowe zgodnie z wykresem załączonym do tekstu zadania, zawierają informację o jednej z wielkości, np. energii lub długości fali. Dla każdego pierwiastka wartości te różnią się (wynika to z budowy atomu – układu elektronów na powłokach i podpowłokach elektronowych), zatem analiza widm atomowych pozwala na identyfikowanie składu pierwiastkowego badanego materiału.

Zadanie 168.
W fotokomórce katodę wykonano z lantanu, dla którego praca wyjścia jest równa 3,5 eV. Na powierzchnię katody w próżni padają kwanty promieniowania elektromagnetycznego o energii 10 eV każdy. Załóżmy, że na powierzchnię metalu pada n fotonów.

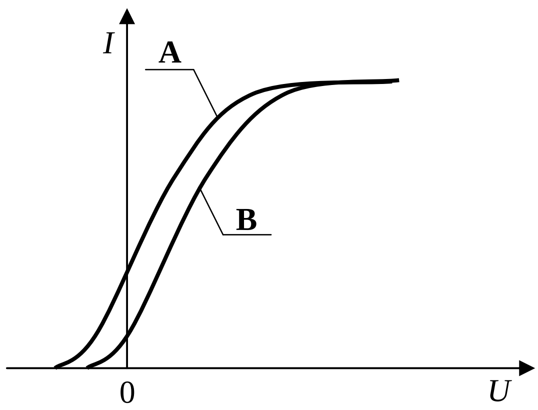
Zadanie 168.1.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Z powierzchni lantanu zostanie wybitych maksymalnie

Stwierdzenie			**Uzasadnienie**	
1.	*n* elektronów,	ponieważ	A	w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym jeden foton wybija tylko 1 elektron.
2.	2*n* elektronów,		B	energia padającego fotonu jest ponad 2 razy większa od pracy wyjścia.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
W zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym 1 foton może oddziaływać tylko z 1 elektronem. Dlatego jeśli foton unosi energię większą lub równą pracy wyjścia, może wybić tylko 1 elektron.

Zadanie 168.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Jeżeli na katodę wykonaną z lantanu będziemy kierować światło o krótszych niż poprzednio długościach fal, to maksymalna prędkość wybitych elektronów
A. będzie zawsze większa.
B. będzie zawsze mniejsza.
C. zmaleje lub nie ulegnie zmianie.
D. wzrośnie lub nie ulegnie zmianie.

Zadanie 169.
Poniższe wykresy przedstawiają zależność natężenia prądu od napięcia przyłożonego pomiędzy anodą i katodą, dwóch różnych fotokomórek próżniowych. Każdą z fotokomórek oświetlano światłem emitowanym przez inny laser, przy czym oba lasery emitowały światło o takiej samej długości.



Zadanie 169.1.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Metal, z którego wykonano fotokomórkę A, w porównaniu z metalem katody fotokomórki B, charakteryzuje się

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejszą pracą wyjścia,	ponieważ	A	maksymalne natężenie prądu jest dla obu fotokomórek takie samo.
2.	większą pracą wyjścia,		B	w „środkowej części” oba wykresy są do siebie równoległe.
3.	taką samą pracą wyjścia,		C	napięcie hamujące dla metalu A jest większe niż dla metalu B.

Zadanie 169.2.
Uzasadnij prawdziwość poniższego stwierdzenia.
Oba lasery emitują światło o takiej samej mocy.

Zadanie 170.
Model atomu wodoru wg Bohra zakłada, że promień pierwszej orbity elektronu wynosi $0{,}53 \cdot 10^{-10}$ m, zaś energia elektronu w atomie wodoru w tym stanie wynosi –13,6 eV.

Zadanie 170.1.
Oblicz długość fali de Broglie’a odpowiadającej elektronowi znajdującemu się na pierwszym wzbudzonym poziomie energetycznym w atomie wodoru.

Zadanie 170.2.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Atom wodoru, w którym elektron znajduje się na pierwszej orbicie

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	może wypromieniować foton o energii 13,6 eV,	ponieważ	A	energia atomu zamieniona zostaje na energię fotonu.
2.	nie może wypromieniować fotonu,		B	część energii atomu zostaje pochłonięta przez jądro w czasie przejścia elektronu.
3.	może wypromieniować foton o energii mniejszej niż 13,6 eV,		C	atom znajduje się w stanie podstawowym.

Zadanie 171.
Model atomu wodoru Bohra był pierwszym, który wprowadził stany stacjonarne. Według modelu, elektron może znajdować się w atomie wodoru jedynie na orbitach dozwolonych, wówczas nie promieniuje energii. Energia atomu wodoru w przypadku, gdy elektron znajduje się na pierwszej orbicie dozwolonej, wynosi $E_1 = -13{,}6$ eV, natomiast energię, wyrażoną w elektronowoltach (eV), na dowolnej (n) orbicie można wyliczyć z zależności: $E_n = -\frac{13{,}6\ \text{eV}}{n^2}$. Podczas przeskoku elektronu z orbity początkowej o energii E_p na orbitę docelową o energii E_k ($E_p > E_k$) zostaje wyemitowany foton o energii: $E_p - E_k = h \cdot f$.
Wartość prędkości liniowej, z jaką porusza się elektron na orbicie stacjonarnej, zależy od promienia tej orbity. Przyjmując, że v_1 to wartość prędkości na orbicie pierwszej, wartość prędkości na dowolnej orbicie n można wyrazić jako $v_n = \frac{v_1}{n}$.

Zadanie 171.1.
Promień pierwszej orbity dozwolonej w atomie wodoru wynosi $R = 5{,}3 \cdot 10^{-11}$ m.
Oblicz częstotliwość ruchu elektronu wokół jądra w sytuacji, gdy znajduje się on na pierwszej orbicie.

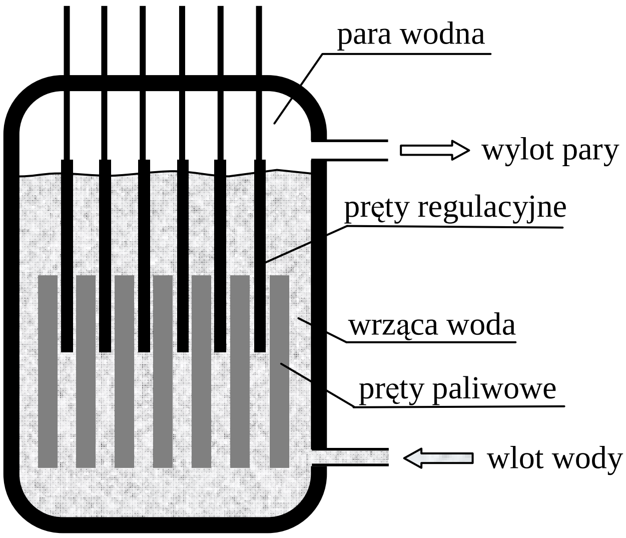
Zadanie 171.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Przy przejściu elektronu z poziomu n = 2 na poziom n = 5 mamy do czynienia z emisją fotonu.		
2.	Wartość prędkości elektronu w atomie wodoru na poziomie n = 1 jest mniejsza niż wartość prędkości elektronu na poziomie n = 3.		
3.	Przy przejściu elektronu w atomie wodoru z orbity drugiej na trzecią energia kinetyczna elektronu wzrasta 4-krotnie.		

Zadanie 171.3.
Długość fali wybranej linii serii Balmera możemy obliczyć ze wzoru: $\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$,
gdzie n oznacza numer orbity, na której początkowo znajdował się elektron ($n > 2$), a przez R oznaczono stałą Rydberga.
Oblicz wartość stałej Rydberga, jeżeli wiadomo, że długość krótkofalowej granicy serii Balmera wynosi ok. 365 nm.

Zadanie 172.

W elektrowni jądrowej dochodzi do rozszczepienia jąder ciężkich pierwiastków, w wyniku czego wydzielana jest energia. Energia ta w typowych reaktorach powoduje wrzenie wody i wytworzenie pary wodnej pod wysokim ciśnieniem. Para napędza turbiny, a te z kolei generatory prądu dostarczające energię elektryczną. Woda w reaktorze pełni również rolę moderatora. W celu kontroli liczby reakcji rozszczepienia jąder do wnętrza reaktora wprowadza się pręty regulacyjne, których zadaniem jest regulowanie mocy reaktora. Dokonuje się tego poprzez wsuwanie lub wysuwanie prętów regulacyjnych z wnętrza reaktora.



Uproszczoną budowę reaktora przedstawia rysunek.

Zadanie 172.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Cząstką powodującą rozszczepienie jąder atomowych w prętach paliwowych jest
A. proton.
B. elektron.
C. neutron.
D. cząstka α.

Zadanie 172.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Zadaniem prętów regulacyjnych w reaktorze atomowym jest
A. wytworzenie neutronów.
B. pochłonięcie neutronów.
C. spowolnienie neutronów.
D. przyspieszenie neutronów.

Zadanie 173.
W reakcji rozszczepienia jednego jądra uranu wydziela się ok. 200 MeV energii, a podczas syntezy jednego jądra helu około 27 MeV.
Zapisz, która reakcja, rozszczepienia czy syntezy, jest wydajniejszym źródłem energii, jeżeli porównamy energie wydzielone z jednostkowych mas dla obu tych paliw.

Zadanie 174.
Terapia hadronowa jest rodzajem radioterapii wykorzystującej do naświetlania komórek nowotworowych strumień rozpędzonych cząstek. Obecnie w procesie leczenia stosuje się głównie protony. Strumień wysokoenergetycznych protonów otrzymuje się w cyklotronach. Od energii protonów zależy głębokość penetracji w głąb ciała pacjenta. Na przykład energia wiązki równa 60 MeV odpowiada głębokości penetracji tkanki ok. 30 mm, czyli porównywalnej ze średnicą oka. Do celów medycznych przeznaczono zbudowany w 1992 r. w IFJ PAN w Krakowie cyklotron AIC-144 o przedstawionych parametrach.

Średnica: 144 cm.
Prąd wiązki: 80 nA.
Pole magnetyczne: 0,85 T ÷ 1,8 T.
Maksymalne napięcie przyspieszające: 65 kV.
Moc generatora: 120 kW.
Maksymalna energia protonów: 60 MeV.

W lutym 2011 r. w IFJ PAN w Krakowie zakończyła się u dwojga pacjentów ostatnia sesja napromieniania złośliwego nowotworu, zlokalizowanego wewnątrz gałki ocznej. Podczas sesji protony niszczą DNA wszystkich komórek guza. Przeprowadzona sesja napromieniania czerniaka oka (zwanego melanomą) jest pierwszym tego typu zabiegiem nie tylko w Polsce, ale i w Europie Środkowej.

Na podstawie: M. Nowina-Konopka, *Terapia hadronowa w Krakowie*, „Foton”, 2013 nr 123; http://www.ifj.edu.pl/str/dc/cyklotron.html [dostęp: 23.01.2015].

Zadanie 174.1.
Dlaczego cyklotronu AIC-144 nie wykorzystuje się do leczenia nowotworów innych narządów niż oko?

Zadanie 174.2.
Jakie parametry konstrukcyjne cyklotronu należałoby koniecznie zmienić, aby uzyskać protony o większej energii?
Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli oraz zapisz uzasadnienie, **powołując się na odpowiedni wzór.**

Parametry konstrukcyjne	
średnica duantów	
natężenie prądu w wiązce	
indukcja pola magnetycznego	
napięcie przyspieszające	
moc generatora	

Zadanie 175.
Energię uwalnianą w trakcie rozszczepienia jądra atomowego możemy wykorzystać m.in. w elektrowni jądrowej lub w celach militarnych – podczas wybuchu bomby jądrowej. W pierwszym przypadku kontrolujemy przebieg reakcji rozszczepienia, możemy zmieniać moc, z jaką pracuje reaktor. W drugim reakcja odbywa się bez jakiejkolwiek kontroli.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Reakcja łańcuchowa zachodzi tylko podczas wybuchu bomby jądrowej.		
2.	Moderator to substancja, która ma na celu spowalnianie neutronów w reaktorze.		
3.	Wielkość masy krytycznej nie zależy od użytego materiału rozszczepialnego.		
4.	Decydujący wpływ na wielkość masy, przy której zachodzi reakcja łańcuchowa, ma kształt bryły materiału rozszczepialnego.		

Zadanie 176.
Do badania ogólnej ilości wody w organizmie i jej rozmieszczenia stosuje się najcięższy izotop wodoru (tryt ^{3}T). Jest to izotop beta minus promieniotwórczy, dla którego okres połowicznego zaniku wynosi 12,33 lat. Otrzymuje się go w reaktorach jądrowych lub cyklotronach. W związkach, w których występuje wodór (np. w wodzie), można zamienić izotop wodoru ^{1}H, na np. ^{3}T.

Zadanie 176.1.
Zapisz schemat rozpadu promieniotwórczego izotopu trytu. Uwzględnij liczby masowe i atomowe.

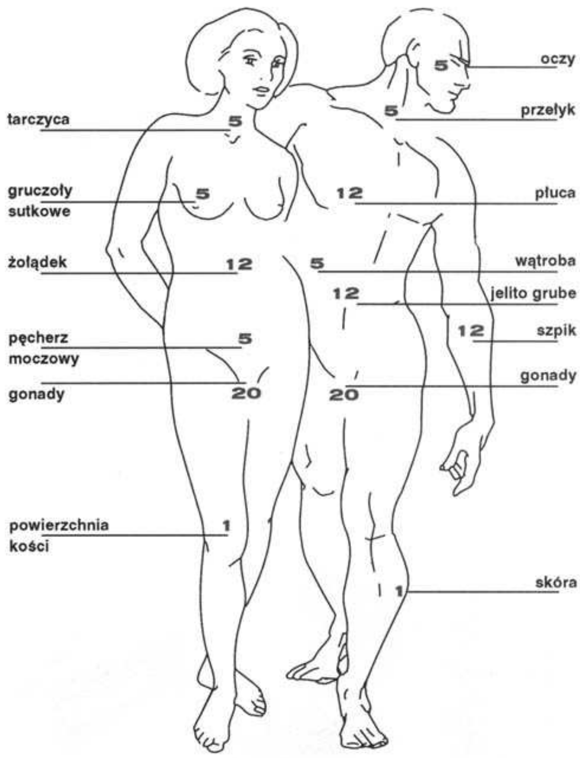
Zadanie 176.2.
Badano człowieka o masie 60 kg. Średnia ilość wody w organizmie stanowi 65 % jego masy. 1‰ to znakowane izotopem trytu cząsteczki wody.
Oszacuj liczbę znakowanych cząsteczek wody w organizmie tego człowieka.

Zadanie 176.3.
W zamkniętej szczelnie fiolce znajduje się 1 ml wody znakowanej izotopem trytu. Początkowa ilość rozpadów trytu w ciągu sekundy wynosiła 10^9 Bq.
Sporządź wykres przedstawiający zależność aktywności w funkcji czasu dla pięciu czasów połowicznego zaniku.

Zadanie 176.4.
Produkcja trytu odbywa się między innymi przez zderzenia jąder izotopu litu ^{6}Li z neutronami, w wyniku której powstaje między innymi tryt.
Zapisz równanie reakcji otrzymywania trytu.

Zadanie 177.
Dawka pochłonięta (*D*) jest miarą energii przekazanej przez promieniowanie jednostce masy. Jednostką dawki pochłoniętej jest Gy (grej). Miarę działania promieniowania na organizmy żywe wyznacza wartość dawki równoważnej, mierzonej w siwertach (Sv), zdefiniowanej jako $H = D \cdot w_R$, gdzie w_R oznacza wagowy współczynnik promieniowania. W poniższej tabeli przedstawiono wartości w_R dla różnego rodzaju promieniowania i różnego zakresu energetycznego tego promieniowania.

Rodzaj i zakres energii promieniowania	w_R
fotony, elektrony i miony wszystkich energii	1
neutrony <10 keV lub >20 MeV; protony >2 MeV	5
neutrony 10–100 keV lub >2–20 MeV	10
neutrony 100 keV–2 MeV, cząstki alfa, ciężkie jony, fragmenty rozszczepienia dla wszystkich energii	20



Aby uwzględnić różnice w reakcji tkanek na promieniowanie i ich odmienność w pochłanianiu różnych rodzajów promieniowania, wprowadzono czynniki wagowe w_T i pojęcie dawki efektywnej, która ponadto musi uwzględniać dawkę równoważną. Jeśli całe ciało zostaje napromieniowane dawką jednostkową, czynniki w_T mówią, jaki ułamek całości dawki stał się udziałem poszczególnej tkanki. Na rysunku pokazano wartości współczynników w_T (mnożonych przez 100) dla poszczególnych organów ciała ludzkiego. W obliczaniu dawki efektywnej (mierzonej w siwertach (Sv)) dla jednego narządu i jednego rodzaju promieniowania posługujemy się wzorem $E = D \cdot w_R \cdot w_T$.

Źródło: http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/PDF/MSC/Materialy/Liceum-IV/czlowiek/dawki [dostęp: 03.12.2014].

Zadanie 177.1.
Oblicz wartość dawki równoważnej (równoważnika dawki) pochłoniętej przez pacjenta, w czasie prześwietlenia promieniami rentgena kości ręki. Wartość dawki pochłoniętej przez organizm w czasie prześwietlenia wynosiła 10^{-3} mGy.

Zadanie 177.2.
Oblicz wartość dawki efektywnej w przypadku zastosowania promieniowania gamma w czasie badania płuc pacjenta. Wartość dawki pochłoniętej wynosiła 2,5 mGy.

Zadanie 177.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Najmniej wrażliwa na promieniowanie jest skóra człowieka.		
2.	Zmiana promieniowania alfa na beta minus o tej samej energii, dla tego samego organu spowoduje 20-krotny wzrost dawki pochłoniętej przez ten organ.		

Zadanie 178.
Zgodnie z hipotezą de Broglie'a każda poruszająca się cząstka materialna reprezentowana jest przez falę o długości $\lambda = \frac{h}{p}$, gdzie h – stała Plancka, a p to pęd cząstki. Hipotezę tę potwierdzili Germer i Davisson w doświadczeniu, w którym obserwowali dyfrakcję elektronów na kryształach niklu. W efekcie uzyskali typowy obraz towarzyszący dyfrakcji i będącej jej skutkiem interferencji elektronów, znany już wcześniej z obserwacji fal elektromagnetycznych.
Do chwili obecnej zaobserwowano dyfrakcję tylko dla obiektów mikroskopowych. Dla ciał o dużych rozmiarach nie udało się jej zaobserwować.

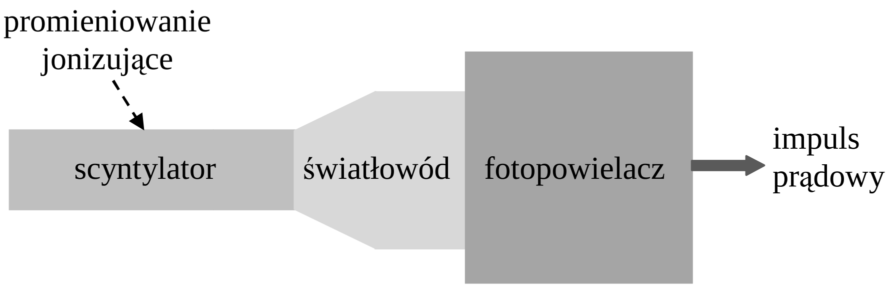
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Rolę siatki dyfrakcyjnej w tym doświadczeniu pełniły monokryształy niklu.		
2.	Dla ciał o dużych rozmiarach nie udało się zaobserwować dyfrakcji, ponieważ nie mają one właściwości falowych.		
3.	Nie istnieje żaden użyteczny sposób wykorzystania falowych właściwości cząstek.		

Zadanie 179.
Uzupełnij zdania, które opisują jedną z metod obrazowania w medycynie.
Pierwszą zastosowaną w medycynie metodą diagnostyki obrazowej są prześwietlenia. W tym celu stosuje się promieniowanie ……………….…………… . Jego źródłem jest …………………………… . Promieniowania tego można użyć do obrazowania wnętrza ludzkiego ciała, gdyż jest ono w różny sposób pochłaniane przez różne substancje. Im większa jest liczba …….…................... pierwiastka, w tym większym stopniu jest ono pochłaniane. Dlatego dobrze widać na zdjęciu kości i metalowe implanty.

Zadanie 180.
Jednym ze sposobów wykrywania promieniowania jonizującego jest użycie do tego celu scyntylatora (substancji, która emituje światło pod wpływem promieniowania jonizującego). Gdy cząstka promieniowania jonizującego wpada do scyntylatora, to może spowodować jonizację lub wzbudzenie jego atomów lub cząsteczek, które powracając do stanu

podstawowego, mogą emitować światło. Błyski światła rejestrowane są najczęściej przy pomocy fotopowielaczy, w których fotony powodują wybicie elektronów z fotokatody. Te z kolei są powielane, dając na wyjściu impuls prądowy. Impuls ten może być rejestrowany i interpretowany za pomocą odpowiedniego układu elektronicznego. Poniżej pokazano to na uproszczonym schemacie.



Detektory scyntylacyjne mogą zarówno rejestrować cząstki, jak i mierzyć ich energie (wielkość impulsu świetlnego powinna być proporcjonalna do energii straconej w scyntylatorze przez cząstkę). Istnieje bardzo dużo substancji będących scyntylatorami. Mogą one występować w różnych stanach skupienia i mogą być zarówno organiczne, jak i nieorganiczne. Przykładami scyntylatorów są siarczek cynku, jodek sodu, antracen.

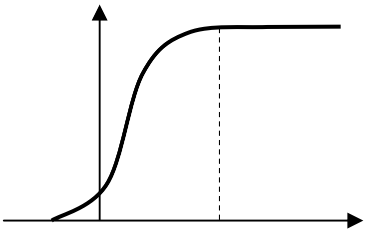
Zadanie 180.1.
Wyjaśnij, dlaczego scyntylator i dalsza część układu powinny być osłaniane przed światłem z zewnątrz.

Zadanie 180.2.
Zaznacz <u>błędne</u> dokończenie zdania.
Do detekcji promieniowania najlepiej nadaje się scyntylator,
A. w którym cząstki promieniowania jonizującego tracą jak najmniej energii.
B. który jest możliwie najbardziej przezroczysty dla wytwarzanego w nim światła.
C. w którym cząstki promieniowania jonizującego wytwarzają jak najwięcej światła.
D. w którym błyski świetlne powstałe w wyniku przejścia cząstki promieniowania jonizującego zanikają jak najszybciej.

Zadanie 181.

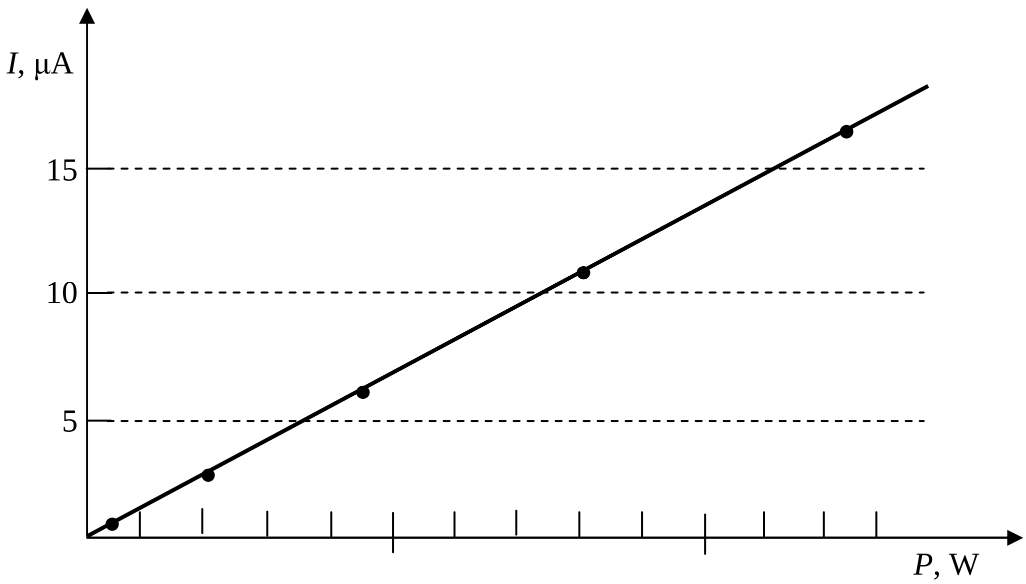
Zjawiska, w których kosztem energii światła zachodzą zmiany natężenia prądu w obwodzie elektrycznym, nazywamy **zjawiskami fotoelektrycznymi**. Spośród nich najwcześniej odkrytym jest zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne zachodzące na powierzchni metali.
Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne wykorzystane zostało w konstrukcji fotokomórek próżniowych. Fotokomórka taka zbudowana jest z bańki szklanej, z której odpompowano powietrze. Wewnątrz bańki znajdują się 2 elektrody metalowe, światłoczuła katoda oraz anoda. Katoda ma dużą powierzchnię, natomiast anoda może mieć postać cienkiego pręcika lub pętli z drutu, przy czym powinna być jak najmniejsza, aby nie zasłaniała fotokatody (fotografia). Natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę po dołączeniu do źródła napięcia oraz jej oświetleniu jest rzędu mikroamperów. Jedną z charakterystycznych wielkości dla metalu katody jest tzw. *czułość kwantowa*. Określa ona, jaki procent kwantów promieniowania padających na powierzchnię ciała wywołuje zjawisko fotoelektryczne. Metale mają czułość kwantową rzędu 0,5‰. Pozostała część energii padającego światła zostaje zaabsorbowana przez katodę, nie powodując zajścia

zjawiska fotoelektrycznego. Napięcie pomiędzy anodą i katodą fotokomórki zawiera się w granicach 70 V do 250 V. Charakterystykę prądowo-napięciową fotokomórki przedstawia poniższy wykres, gdzie $U_{nas.}$ jest tak zwanym napięciem nasycenia.



Zmiana mocy promieniowania świetlnego padającego na powierzchnię katody powoduje zmianę natężenia prądu płynącego przez fotokomórkę. Poniższy wykres przedstawia tę zależność dla fotokomórki oświetlanej światłem zielonym, emitowanym przez laser półprzewodnikowy, dla napięcia pomiędzy anodą i katodą równego napięciu nasycenia. Zmiana mocy promieniowania emitowanego przez laser, wynikała ze zmiany natężenia prądu płynącego przez laser. Laser emitował falę o długości 532 nm.

Na podstawie http://www.if.pwr.wroc.pl/lpf/opisy/cw091.pdf [dostęp: 28.10.2014].



Zadanie 181.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Kąt nachylenia prostej na wykresie ulegnie zmianie, gdy zmieni się

A. napięcie pomiędzy anodą i katodą i zwiększymy je powyżej napięcia nasycenia.
B. moc promieniowania świetlnego padającego na katodę.
C. długość fali promieniowania świetlnego.
D. czas oświetlania katody fotokomórki.

Zadanie 181.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę nie zależy od odległości lasera od fotokomórki.		
2.	Prędkość fotonu nie zmienia się podczas przejścia z powietrza do wnętrza fotokomórki.		
3.	Wszystkie fotony padające na katodę fotokomórki powodują wybicie elektronów.		

Zadanie 181.3.
Wyjaśnij, dlaczego natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę jest wprost proporcjonalne do mocy promieniowania światła padającego na powierzchnię fotokatody.

Zadanie 181.4.
Oszacuj moc promieniowania świetlnego padającego na powierzchnię fotokatody, które emituje laser, gdy przez fotokomórkę płynie prąd o natężeniu 15 μA.

Zadanie 182.
Wszystko zaczęło się od odkrycia W.K. Roentgena z 1895 r. Wtedy świat dowiedział się o promieniach „X”, a kilka miesięcy później A.H. Becquerel doniósł o bardzo przenikliwych „promieniach radowych”. Opinia o zjawisku promieniowania jonizującego zmieniała się gwałtownie od zachwytu nad jego możliwościami, do panicznego strachu przed wywoływanymi przez nie skutkami.
Na samym początku badacze zachwycili się zdjęciem dłoni pani Roentgen, na którym po raz pierwszy zobaczyli strukturę kości, ale już po pół roku w prasie lekarskiej ukazała się publikacja o uszkodzeniach popromiennych u ludzi. W 1898 r. G.F. Atkinson zauważył pozytywny wpływ małych dawek promieniowania na rośliny, ale w 1901 r. Becquerel odkrył u siebie oparzenia spowodowane radem z fiolki, którą nosił przez kilka dni w kieszeni. I znów rok następny przynosi odkrycie – promieniowanie emitowane przez rad leczy nowotwory.
Jakie są więc skutki pochłanianego przez organizmy żywe promieniowania?
1. Hipoteza liniowa zakłada, że te same skutki, np. nowotwory, po wielkich dawkach promieniowania występują również po dawkach małych, a tylko częstość ich występowania jest mniejsza. W hipotezie liniowej dokonuje się ekstrapolacji z rejonu wielkich dawek – skąd mamy godne zaufania dane do nieznanego obszaru małych dawek. Zgodnie z hipotezą liniową zależność między skutkiem a dawką ma postać linii prostej i nawet najmniejsza dawka zawsze przynosi szkodę. Hipoteza ta zakłada, że nie istnieje żaden próg, poniżej którego przestają występować skutki obserwowane po wielkich dawkach promieniowania. Uważa się przy tym, że skutki popromienne są wyłącznie szkodliwe.
Według tej hipotezy dawka 350 mSv, odpowiada wzrostowi zgonów nowotworowych o 1,75%. Nikt jednak nigdy nie zaobserwował wzrostu liczby nowotworów po takich dawkach, otrzymanych w ciągu 70 lat życia. Ani w Norwegii, gdzie średnia naturalna dawka życiowa wynosi 365 mSv, ani w Finlandii, gdzie dawka ta sięga 525 mSv, czy w stanie Kerala w Indiach, gdzie wynosi 2000 mSv. Mieszkańcy tych rejonów świata nie wykazują zwiększonej zachorowalności na nowotwory i inne dolegliwości.
2. Hipoteza progowa – to zmodyfikowana hipoteza liniowa. Zakłada, że negatywne skutki występują zawsze, ale tylko powyżej pewnego poziomu dawki promieniowania. Powyżej progu wzrost skutków negatywnych jest liniowy.
3. Hipoteza hormezy radiacyjnej – zakłada, że występują skutki pożyteczne dla organizmu po małych dawkach czynnika, który jednocześnie jest szkodliwy w dużych dawkach. Zjawisko to jest od dawna znane w farmakologii i nikogo nie dziwi, że na przykład witaminy, nieodzowne do życia w małych dawkach, są truciznami w dużych dawkach. Nie znamy jeszcze mechanizmów działania hormezy radiacyjnej, ale wielu badaczy skłania się do przypuszczenia, że głównym jej mechanizmem jest stymulacja małymi dawkami procesów naprawy DNA w komórkach, co w efekcie zmniejsza szansę powstania nowotworów oraz stymulacja układu odpornościowego. Należało tego oczekiwać, gdyż organizmy żywe rozwinęły się w warunkach stałej ekspozycji na promieniowanie jonizujące, które we wczesnych okresach geologicznych było wyższe niż obecnie. Ciekawy efekt zaobserwowano po przebadaniu ok. 700 tys. pracowników stoczni amerykańskich. 108 tys.

z nich, zatrudnionych było w stoczniach budujących jednostki o napędzie nuklearnym. Ci ostatni otrzymali dawki ok. 5 mSv. Śmiertelność z powodu wszystkich przyczyn była wśród robotników narażonych na promieniowanie ok. 24% mniejsza niż u stoczniowców nienapromienionych zawodowo, natomiast śmiertelność z powodu białaczek była w grupie silniej napromienionych o 58% niższa.

Na podstawie: Z. Jaworowski, *Dobroczynne promieniowanie*, „Wiedza i życie", 1997 nr 3, s. 20–29.

Zadanie 182.1.

Autor artykułu wyraźnie opowiada się za hipotezą hormezy radiacyjnej.

Zapisz przykład przytoczony w tekście potwierdzający tę hipotezę oraz przykład podważający hipotezę liniową.

Zadanie 182.2.

W tabeli przedstawiono liczbę zgonów na raka piersi wśród 31710 kanadyjskich kobiet chorych na gruźlicę i napromienionych w czasie prześwietleń rentgenowskich.

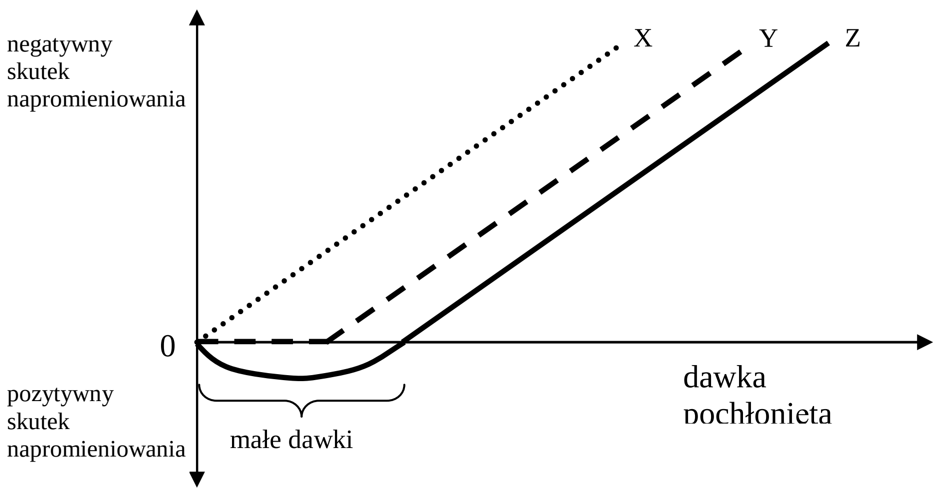
Lp.	**Dawka** (mGy)	**Zgony na 10^3 osobolat**
1.	0–90	578,6
2.	100–190	421,8
3.	200–290	560,7
4.	300–390	650,7
5.	400–490	610,0
6.	700–790	1362
7.	1000–2900	1382
8.	3000–5900	2334
9.	6000–10 000	8000
10.	> 10 000	20620

Na podstawie: Z. Jaworowski, *Dobroczynne promieniowanie*, „Wiedza i życie", 1997 nr 3, s. 20–29.

Zapisz, w którym wierszu tabeli widać efekt hormezy. Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 182.3.

Na wykresie poniżej przedstawiono zależność skutku wywołanego pochłoniętym promieniowaniem od dawki dla omawianych w artykule hipotez.



Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Zjawisko hormezy radiacyjnej ilustruje

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><td rowspan="4">ponieważ w obszarze ilustrującym wpływ małych dawek</td><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>linia X,</td><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">nie ma skutków pozytywnych.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>linia Y,</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>linia Z,</td><td>B</td><td>występują skutki pozytywne.</td></tr>
</table>

Zadanie 183.

Fuzja jądrowa jest źródłem energii Słońca i innych gwiazd. Jądra lekkich atomów łączą się ze sobą i w efekcie uwalniają energię. Olbrzymie ciśnienie grawitacyjne w jądrze Słońca umożliwia występowanie tego zjawiska w temperaturze rzędu 10 mln stopni Celsjusza. Gaz podgrzany do takiej temperatury staje się plazmą, w której elektrony są całkowicie oddzielone od jądra atomowego (jonu). Plazma jest czwartym stanem skupienia materii, wykazującym szczególne własności fizyczne. Badania w dziedzinie fizyki plazmy skupiają się na poznaniu tych szczególnych właściwości. Chociaż na Ziemi materia występuje wyjątkowo rzadko w stanie plazmy, to jednak ponad 99% Wszechświata jest właśnie w tym stanie.
Ponieważ na Ziemi jesteśmy w stanie wytworzyć jedynie znacznie niższe ciśnienia (ok. 100 mld razy mniejsze niż te, które występują we wnętrzu Słońca), więc temperatura potrzebna do tego, aby zachodziła fuzja lekkich jąder, przekracza 100 mln stopni Celsjusza. Do osiągnięcia tak wielkiej temperatury konieczne jest zminimalizowanie strat energii poprzez utrzymywanie gorącej plazmy z dala od ścian komory reaktora. Można to osiągnąć poprzez umieszczenie plazmy w toroidalnej „pułapce” utworzonej z silnego pola magnetycznego, które zapobiega ucieczce elektrycznie naładowanych cząstek plazmy.
W reaktorach fuzji jądrowej pierwszej generacji łączyć się będą ze sobą 2 izotopy wodoru: deuter (D) i tryt (T). Fuzja jąder innych pierwiastków wymaga jeszcze wyższych temperatur. Deuter jest nieradioaktywnym izotopem występującym w wodzie morskiej (średnio 35 g deuteru w każdym metrze sześciennym wody). Tryt nie występuje w sposób naturalny na Ziemi, ale może być produkowany z litu (lekkiego, łatwo dostępnego metalu), wewnątrz reaktora fuzji jądrowej. W wyniku reakcji łączenia jąder deuteru z jądrami trytu powstają cząstki alfa (czyli zjonizowany hel) i neutrony o dużej energii.
Ocenia się, że roczne potrzeby milionowego miasta będzie w stanie zaspokoić elektrownia syntezy jądrowej, do której raz na rok przyjedzie mała furgonetka z zapasem paliwa.
Reaktor fuzji działa podobnie jak palnik gazowy – paliwo dostarczane do reaktora jest w nim spalane. W komorze, w której zachodzi spalanie, jest w danej chwili niewielka ilość paliwa ok. 1 g w objętości tysiąca metrów sześciennych. Jeśli zasilanie komory paliwem zostanie wstrzymane, to reakcja trwa jeszcze tylko kilka sekund. Awaria któregokolwiek z urządzeń reaktora powoduje schłodzenie plazmy i niemal natychmiastowe zatrzymanie reakcji.
Surowce pierwotne potrzebne do fuzji, czyli deuter i lit (a także hel produkowany w wyniku reakcji) nie są substancjami radioaktywnymi. Radioaktywny tryt, występujący tu jako paliwo pośrednie, rozpada się stosunkowo bardzo szybko […].

Na podstawie: http://www.efda.org/wpcms/wp-content/uploads/2011/11/fusion_research_polish.pdf [dostęp: 17.06.2015].

Zadanie 183.1.

Narysuj, jak w polu magnetycznym będzie poruszać się jądro trytu, którego wektor prędkości tworzy kąt ostry z linią pola magnetycznego.

Zadanie 183.2.
Zapisz dwa różne argumenty przemawiające na korzyść wykorzystania reakcji fuzji do produkcji energii.

Zadanie 183.3.
Zapisz reakcję syntezy (fuzji) jąder deuteru i trytu, uwzględniając liczby atomowe i masowe wszystkich jąder i cząstek biorących udział w tej reakcji.

Zadanie 183.4.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Do utrzymania plazmy w reaktorze wykorzystuje się pole magnetyczne.		
2.	Fuzja może zachodzić tylko wtedy, gdy temperatura plazmy jest wysoka.		
3.	Cała energia wytwarzana na skutek fuzji może być zamieniona na użyteczną energię elektryczną.		

Zadanie 183.5.
Zaznacz właściwą odpowiedź oraz jej poprawne uzasadnienie.
Fuzja jąder cięższych niż jądra izotopów wodoru musi zachodzić w temperaturze

<table>
<tr><th colspan="2">Odpowiedź</th><th rowspan="4">ponieważ mają one</th><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">wyższej niż dla izotopów wodoru,</td><td>A</td><td>większą masę i energię kinetyczną.</td></tr>
<tr><td>B</td><td>większy ładunek elektryczny.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>niższej niż dla izotopów wodoru,</td><td>C</td><td>mniejszą energię wiązania jednego nukleonu.</td></tr>
</table>

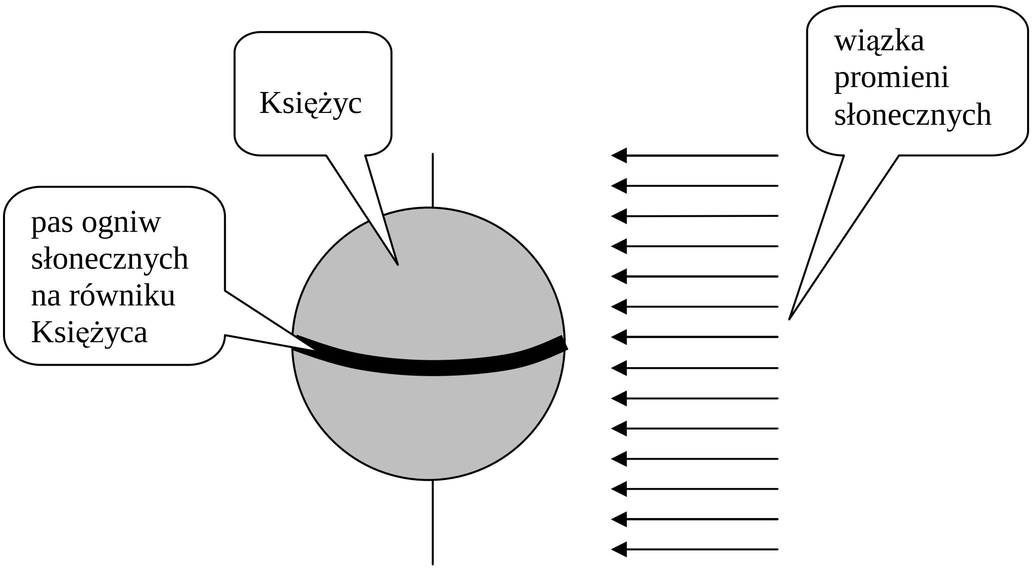
Zadanie 184.
Istnieją dwie koncepcje wykorzystania Księżyca w energetyce. Jedna zakłada pozyskiwanie helu-3 $\left({}^{3}_{2}\mathrm{He}\right)$, którego na naszym naturalnym satelicie jest pod dostatkiem, i który w reakcji z deuterem wyzwala bardzo dużo energii, a druga dotyczy zamontowania na Księżycu ogniw słonecznych. Japońska firma Shimizu Corporation zaproponowała plany budowy pasa ogniw słonecznych rozciągającego się na długości prawie 11 tys. km wzdłuż równika Srebrnego Globu. Zakładana szerokość pierścienia to od 40 do 400 km. Zdaniem ekspertów z Shimizu Corporation taka elektrownia pozwoliłaby wygenerować aż 13 tys. terawatów* energii – dla porównania reaktor jądrowy w Suffolk (Wielka Brytania) wytwarza nieco ponad 1 tys. megawatów energii. Japończycy opracowali też system przesyłu energii z Księżyca na Ziemię za pomocą lasera lub mikrofal. Wielu naukowców uważa, że plan Japończyków jest skazany na porażkę ze względu na gigantyczne koszty całej inwestycji oraz fakt, że ogniwa słoneczne bardzo szybko zostałyby zniszczone przez uderzające w Księżyc asteroidy. Japończycy nie zrażają się tym jednak i początek budowy elektrowni słonecznej na Księżycu zapowiedzieli na 2035 r. Natomiast Rosjanie i Chińczycy, którzy myślą o wykorzystaniu naszego naturalnego satelity jako źródła wspomnianego wcześniej helu-3, chcą rozpocząć swoje misje księżycowe już w 2018 r.

** tera – przedrostek o symbolu T oznaczający mnożnik 10^{12}.*

Na podstawie: http://odkrywcy.pl/kat,1038065,title,Elektrownia-sloneczna-na Ksiezycu,wid,16242318,wiadomosc.html [dostęp: 15.10.2014].

Zadanie 184.1.
Zapisz poniżej ten fragment tekstu, w którym nazwa wielkości fizycznej nie jest zgodna z jednostką, w której ją podano.

Zadanie 184.2.
Moc promieniowania Słońca wynosi około $4 \cdot 10^{26}$ W. Przyjmijmy, że odległość Księżyca od Słońca wynosi 150 000 000 km, a długość równika Księżyca jest równa ok. 11 000 km. Załóżmy, że szerokość pierścienia pokrytego ogniwami słonecznymi wynosiłaby 400 km. Najwięcej energii można by uzyskać, gdyby promienie słoneczne padały równolegle do płaszczyzny równika pokrytego ogniwami słonecznymi, a płaszczyzna wszystkich ogniw byłaby prostopadła do płaszczyzny równika. Opisaną sytuację przedstawiono na rysunku perspektywicznym.



A. **Wykaż, że przy podanych wyżej uproszczonych i najbardziej korzystnych ze względu na ilość uzyskiwanej energii założeniach, moc promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne wynosiłaby ok. $2 \cdot 10^{15}$ W.**

B. **Biorąc pod uwagę, że przy podanych założeniach, moc promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne wynosiłaby ok. $2 \cdot 10^{15}$ W, zweryfikuj realność podanych w tekście 13 tys. terawatów uzyskiwanych za pomocą ogniw słonecznych na Księżycu.**

Zadanie 184.3.
Zapisz równanie reakcji jąder ${}^{3}_{2}\mathrm{He}$ z jądrami deuteru ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ (uwzględniając liczby atomowe oraz masowe), w wyniku której powstają dwa trwałe produkty i różne od izotopów przed reakcją. W reakcji tej jest zachowana całkowita liczba protonów i całkowita liczba neutronów, a w skład każdego z produktów wchodzi, co najmniej jeden nukleon.

Zadanie 184.4.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Łączna masa spoczynkowa jądra ${}_{2}^{3}He$ i jądra deuteru ${}_{1}^{2}H$ jest

<table>
<tr><th colspan="2">Stwierdzenie</th><td rowspan="4">łączna
masa spoczynkowa
produktów ich reakcji,
o czym świadczy fakt, że</td><th colspan="2">Uzasadnienie</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>mniejsza niż</td><td>A</td><td>do zainicjowania tej reakcji potrzebna jest dodatkowa energia.</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>taka sama jak</td><td>B</td><td>liczba nukleonów i całkowity ładunek muszą być zachowane.</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>większa niż</td><td>C</td><td>w wyniku tej reakcji wyzwalana jest duża ilość energii.</td></tr>
</table>

Zadanie 185.

IceCube odnalazł pierwsze neutrina z dalekiego kosmosu.

Przenikają nas i Ziemię jak duchy i niełatwo je pochwycić. Jednak gdy je złapiemy, dostarczą nam informacji o obiektach dalekiego kosmosu. Do niedawna kosmiczne neutrina udało się zarejestrować tylko raz – po wybuchu supernowej 1987A. I choć w detektorach odnaleziono zaledwie 24 takie cząstki, pozagalaktyczna astronomia neutronowa opierała się wyłącznie na ich pomiarach. Zmieniło się to dzięki działającemu od niedawna antarktycznemu detektorowi IceCube. Spośród zarejestrowanych przezeń niezwykle energetycznych neutrin, pochodzenia 28 nie da się wytłumaczyć procesami zachodzącymi w bezpośrednim otoczeniu Ziemi. Wśród nich były też Bern i Ernie – 2 neutrina, których energia przekraczała 1 PeV, a więc była porównywalna z energią piłeczki pingpongowej poruszającej się w tempie kilkudziesięciu centymetrów na sekundę. Badacze nie wiedzą, skąd dokładnie przybyły te wysokoenergetyczne cząstki, podejrzewają jednak, że powstały w procesach zachodzących w pobliżu supermasywnych czarnych dziur.

Źródło: *Tajemniczy posłańcy*, „Wiedza i życie”, 2014 nr 1, s. 14.

Tabela przedrostków fizycznych:

Przedrostek	tera	peta	exa	zetta
Skrót	T	P	E	Z
Mnożnik	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}

Na podstawie: http://www.fizykon.org/jednostki/jednostki przedrostki.htm [dostęp: 05.10.2014].

Zadanie 185.1.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Odkryte przez naukowców neutrina Bern i Ernie mogły pochodzić ze Słońca.		
2.	Energia kinetyczna wspomnianej w tekście piłeczki pingpongowej wynosi ok. $1{,}6\cdot10^{-4}$ J.		
3.	Zakładając, że masa spoczynkowa neutrin jest bliska zeru, można wywnioskować, że neutrina poruszały się z prędkością bliską prędkości światła.		

Zadanie 185.2.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Długość fali de Broglie’a skojarzonej z poruszającą się piłeczką pingpongową o masie m i energii kinetycznej E można obliczyć z zależności

A. $\frac{h}{\sqrt{2\cdot m\cdot E}}$ B. $\sqrt{2\cdot m\cdot E\cdot h}$ C. $\sqrt{\frac{2\cdot E\cdot m}{h}}$ D. $\sqrt{\frac{1}{2\cdot E\cdot m\cdot h}}$

Zadanie 185.3.
Znajdź w przedstawionym tekście błąd i zapisz poniżej poprawne zdanie.

Zadanie 185.4.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Zdecydowana większość neutrin z materią

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	nie oddziałuje wcale,	ponieważ	A	są pochłaniane w górnych warstwach atmosfery.
2.	oddziałuje słabo,		B	docierają do powierzchni Ziemi i pochłaniane są przez litosferę.
3.	oddziałuje silnie,		C	przenikają bez przeszkód atmosferę i litosferę.

1.8. Elementy astronomii

Zadanie 186.
Aby wyznaczyć odległość do ciała niebieskiego, możemy posłużyć się metodą paralaksy. Odległość ta wyznaczona jest tym dokładniej, im dokładniej zmierzony zostanie kąt paralaksy. Jego miara zależy m.in. od bazy obserwacji – jest to odległość między punktami z których prowadzimy obserwacje.
Uzupełnij zdania.
Do wyznaczania odległości bliskich ciał niebieskich, np. planet Układu Słonecznego, stosujemy metodę paralaksy ....
Aby wyznaczyć odległość do bliskich gwiazd naszej galaktyki, stosujemy metodę paralaksy ...., w której maksymalną bazą obserwacji jest .... Ziemi.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
Ponieważ odległości do ciał niebieskich Układu Słonecznego są stosunkowe małe do wyznaczenia kąta paralaksy wystarczy mniejsza baza obserwacji, a więc możemy dokonać pomiaru z 2 punktów Ziemi – czyli posłużyć się metodą paralaksy geocentrycznej.
Nawet bliskie gwiazdy znajdują się bardzo daleko od Ziemi, dlatego należy posłużyć się metodą paralaksy heliocentrycznej, w której bazą obserwacji jest średnica orbity Ziemi.

Poprawna odpowiedź
geocentrycznej, heliocentrycznej, średnica orbity

Zadanie 187.
Fobos, większy z dwóch księżyców Marsa, od dawna przyciąga uwagę naukowców. Jego pochodzenie do dziś pozostaje jednak zagadką. Od powierzchni Czerwonej Planety dzieli Fobosa zaledwie 6000 km. Odległość ta jest ponad 60 razy mniejsza od dystansu między Księżycem a Ziemią. Widok z powierzchni Fobosa musi być szczególnie spektakularny: tarcza Marsa zajmuje aż jedną czwartą nieboskłonu. Księżyc porusza się tak szybko, że obserwator na Marsie widziałby jego wschód po zachodniej stronie horyzontu, a już po 4 godzinach mógłby podziwiać zachód po stronie wschodniej. Fobos jest nieregularną bryłą o rozmiarach 27 × 22 × 18 km i małej gęstości (1,9 $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$). Mała masa powoduje, że grawitacja na powierzchni jest kilka tysięcy razy słabsza niż na Ziemi. W rezultacie prędkość ucieczki z Fobosa wynosi ok. 11 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Manewry lądowania i startu z powierzchni tego księżyca są więc stosunkowo łatwe do przeprowadzenia. Niska grawitacja satelity i bliskość Marsa powodują, że Fobos jest niezwykle atrakcyjnym celem dla zautomatyzowanych misji kosmicznych. Powierzchnia Fobosa należy do najciemniejszych w Układzie Słonecznym, co jest spowodowane obecnością m.in. chondrytów węglistych. Pobranie próbki gruntu będzie wtedy możliwe za pomocą instrumentu CHOMIK zbudowanego w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Pod względem składu chemicznego Fobos przypomina słabo poznane obiekty z obrzeży Układu Słonecznego, tworzące za orbitą Neptuna pas Kuipera. Fobos może więc być pierwotnym obiektem przechwyconym przez Marsa. Kształt orbity księżyca i symulacje komputerowe wskazują jednak, że wychwyt i ukołowienie orbity wymagałyby udziału trzeciego ciała niebieskiego. Warunek ten czyni hipotezę o przechwyceniu znacznie mniej prawdopodobną. Według konkurencyjnej hipotezy Fobos uformował się w pobliżu Marsa z materii kosmicznej. Innym źródłem tej materii mógł być sam Mars, a dokładniej odłamki wyrzucone z Czerwonej Planety podczas zderzenia z jakimś dużym obiektem. W obu przypadkach Fobos należałby do drugiej generacji ciał Układu Słonecznego. Pomiary przeprowadzone przez instrument

CHOMIK oraz analiza pobranej za jego pomocą próbki pozwolą ustalić, jakiego typu związki zachodzą między Fobosem a Marsem, pomogą także rozwikłać zagadkę pochodzenia księżyca.

Na podstawie http://press.cbk.waw.pl/11/CBK111109/CBK111109d%20-%20CHOMIK%20-%20Fobos%20-%20zagadkowy%20ksi%C4%99%C5%BCyc%20Marsa.pdf; http://press.cbk.waw.pl/11/CBK111109/CBK111109e%20-%20CHOMIK%20-%20Przebieg%20misji%20Fobos-Grunt.pdf [dostęp: 03.10.2014].

Zadanie 187.1.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Z powierzchni Fobosa można obserwować całkowite zaćmienie Słońca przez Marsa.		
2.	Zbyt duża siła nacisku podczas pobierania próbek gruntu z powierzchni Fobosa mogłaby spowodować oderwanie się sondy od tego księżyca.		
3.	Obserwowany z powierzchni Ziemi Fobos jest dobrze widoczny dlatego, że bardzo silnie odbija promieniowanie słoneczne.		

Wskazówki i rozwiązanie zadania
1. Z tekstu wynika, że Fobos krąży na tyle blisko Marsa, że jest on w stanie zasłonić tarczę Słońca.
2. Z tekstu można odczytać, że siła grawitacji na powierzchni Fobosa jest kilka tysięcy razy słabsza niż na Ziemi.
3. W tekście zawarta jest informacja, że powierzchnia Fobosa należy do najciemniejszych w Układzie Słonecznym, a poza tym jest to mały obiekt znajdujący się daleko od Ziemi.

Poprawna odpowiedź
1. P
2. P
3. F

Zadanie 187.2.
Okres obrotu Marsa wokół własnej osi wynosi ok. 24 godzin 37 minut.
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.
Fobos krąży wokół Marsa w kierunku

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	zgodnym z kierunkiem obrotu Marsa,	ponieważ	A	wschodzi na zachodzie, a zachodzi na wschodzie.
			B	czas między wschodem a zachodem wynosi ok. 4 godziny.
2.	przeciwnym do kierunku obrotu Marsa,		C	wschodzi na wschodzie, a zachodzi na zachodzie.

Wskazówki i rozwiązanie zadania
W tekście można znaleźć informację, że obserwator na Marsie widziałby jego wschód po zachodniej stronie horyzontu, a już po 4 godzinach mógłby podziwiać zachód po stronie wschodniej. Oznacza to, że Fobos krąży wokół Marsa w kierunku zgodnym z kierunkiem obrotu Marsa.

Zadanie 187.3.
W tabeli zestawiono promienie orbit oraz czasu obiegu księżyców Fobos i Deimos wokół Marsa.

Księżyc	**Promień orbity**	**Czas obiegu**
Fobos	9400 km	7 h 39 min
Deimos	23500 km	30 h 17 min

Źródło: *Tablice matematyczne, fizyczne, chemiczne, astronomiczne*, Bielsko-Biała 2001, s. 392.

Ustal i uzasadnij, który z tych księżyców porusza się z większą prędkością liniową wokół Marsa.

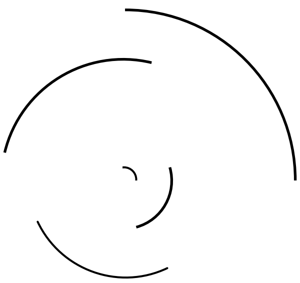
Wskazówki i rozwiązanie zadania
Wartość prędkości liniowej księżyców można obliczyć ze wzoru na prędkość satelity na orbicie kołowej:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \, .$$

Ze wzoru tego wynika, że im większy jest promień orbity, tym mniejsza jest wartość prędkości satelity.
Zatem prędkość liniowa Deimosa ma mniejszą wartość niż prędkość liniowa Fobosa.

Zadanie 187.4.
Fobos okrąża Marsa w czasie 7 godz. 39 min. Promień Marsa wynosi 3400 km.
Na podstawie powyższych oraz zawartych w tekście informacji oblicz masę Marsa.

Zadanie 188.
Monika ustawiła aparat fotograficzny w taki sposób, żeby w jego obiektywie znalazły się okolice Gwiazdy Polarnej. Po otwarciu migawki aparat pozostawał przez pewien czas nieruchomo. Na rysunku przedstawiono ślady, który pozostawiły niektóre gwiazdy na kliszy fotograficznej.



A. Wyjaśnij, dlaczego uzyskano ślady gwiazd w postaci części okręgów.
B. Korzystając z rysunku, **oszacuj czas otwarcia migawki aparatu Moniki.**

Zadanie 189.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Człowiek stoi na biegunie ziemskim. Wpływ sił grawitacji działających na człowieka, pochodzących od Słońca i Księżyca jest najmniejszy, gdy Księżyc znajduje się w
A. pierwszej kwadrze. B. drugiej kwadrze. C. nowiu. D. pełni.

Zadanie 190.
Do pomiaru odległości bliskich gwiazd od Ziemi można wykorzystać fakt, że w odstępie pół roku Ziemia przemieszcza się o odległość średnicy swojej orbity wokół Słońca (czyli ok. 300 mln km) w stosunku do miejsca startowego. W 1838 r. stwierdzono, że paralaksa heliocentryczna (kąt, pod jakim z danego obiektu widać byłoby promień orbity ziemskiej) najbliższej gwiazdy (oprócz Słońca) jest kątem mniejszym niż sekunda łuku $\left(1'' = \frac{1}{3600}{}^{\circ}\right)$.
Gwiazdy okazały się znacznie bardziej odległe niż wcześniej przypuszczano. Odległość,

dla której paralaksa heliocentryczna położenia Ziemi widzianej prostopadle do płaszczyzny jej orbity wynosi $1''$, to tzw. *parsek* oznaczany symbolem pc. Wynosi on ponad 200 000 j.a., czyli ok. $3\cdot10^{16}$ m albo 3,26 roku świetlnego. Z powierzchni Ziemi zmierzone zostały paralaksy do 0,01 s łuku, czyli odległości gwiazd do 100 pc. Satelita Hipparcos (*High Precision Parallax Collecting Satellite*), dzięki temu że pomiary prowadzone były spoza ziemskiej atmosfery, mógł mierzyć paralaksy do 0,001 s łuku, czyli odległości do 1 kpc.

Na podstawie: http://www.deltami.edu.pl/temat/astronomia/2011/02/02/Jak_mierzymy_odleglosci_kosmiczne [dostęp: 25.02.2015].

Zadanie 190.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Jeżeli paralaksa heliocentryczna pewnej bliskiej gwiazdy (znajdującej się w kierunku prostopadłym do płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca) wynosi δ, to w odstępie pół roku różnica kątowa między obserwowanymi z Ziemi położeniami tej gwiazdy na tle odległych gwiazd wynosi

A. $\frac{\delta}{2}$. B. δ. C. 2δ. D. 4δ.

Zadanie 190.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Spoza ziemskiej atmosfery można mierzyć mniejsze paralaksy niż z powierzchni Ziemi, ponieważ atmosfera może nieznacznie zaburzać kierunek rozchodzenia się promieni świetlnych.		
2.	Z przeprowadzonego w 1838 r. pomiaru, o którym mowa w tekście, wynikało, że najbliższa gwiazda (oprócz Słońca) znajduje się w odległości większej niż 3 lata świetlne od Ziemi.		
3.	Najdokładniej można wyznaczyć odległość wybranej bliskiej gwiazdy, mierząc różnicę kątową między jej położeniami na tle odległych gwiazd w odstępie roku.		

Zadanie 190.3.
Na podstawie informacji w tekście wykaż, że $1\,\mathrm{pc} \approx 3\cdot 10^{16}$ m.

Zadanie 191.
Podczas trzech kolejnych pełni Księżyca od lipca 2014 r. obserwowano na niebie efektowne zjawisko, które nazywamy *Superksiężycem*. Księżyc wydawał się wtedy wyjątkowo duży, ponieważ zbliżył się do Ziemi na najmniejszą odległość ok. 356 tys. km.

Perygeum,
średnica kątowa* tarczy 0,56°

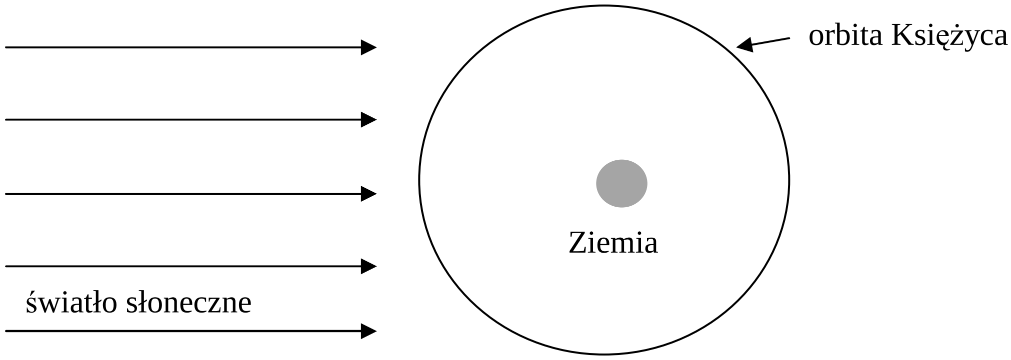
Apogeum,
średnica kątowa* tarczy 0,49°

* *średnica kątowa obiektu – kąt pomiędzy skrajnymi promieniami światła tworzącymi obraz tego obiektu, dobiegającymi do punktu, w którym znajduje się obserwator.*

Źródło: http://www.nasa.gov/centers/langley/images/content/528691main_Super_Moon.jpg [dostęp: 02.11.2014].

Zadanie 194.1.
Oblicz odległość Księżyca od Ziemi, gdy jest on w apogeum.

Zadanie 191.2.
Zaznacz na rysunku położenie Księżyca w opisanej sytuacji i uzupełnij zdanie pod rysunkiem.



Podczas zjawiska Superksiężyca może dojść do całkowitego zaćmienia …………………. , jeżeli ……………………………………………………………………………………... .

Zadanie 191.3.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania oraz jego uzasadnienie.
Podczas kolejnych zjawisk Superksiężyca widoczny jest

Dokończenie			**Uzasadnienie**	
1.	zawsze ten sam fragment powierzchni Księżyca,	ponieważ	A	Księżyc nie obraca się wokół własnej osi.
			B	okres obrotu Księżyca wokół własnej osi jest taki sam jak jego okres obiegu wokół Ziemi.
2.	fragment powierzchni Księżyca zależny od fazy w jakiej Księżyc się znajduje,		C	oś obrotu Księżyca leży w płaszczyźnie jego orbity wokół Ziemi.

Zadanie 192.
W przypadku kolonizacji Marsa na coraz większych jego obszarach pojawiłaby się potrzeba rozwoju łączności na tej planecie. Jedną z możliwości byłoby zastosowanie do tego celu satelitów pozostających w spoczynku względem powierzchni Marsa (analogicznych do satelitów geostacjonarnych). W poniższej tabeli podano informacje o masie, promieniu i okresie obrotu Marsa wokół własnej osi.

Masa	$6{,}4 \cdot 10^{23}$ kg
Promień	3400 km
Okres obrotu wokół własnej osi	24 h 37 min

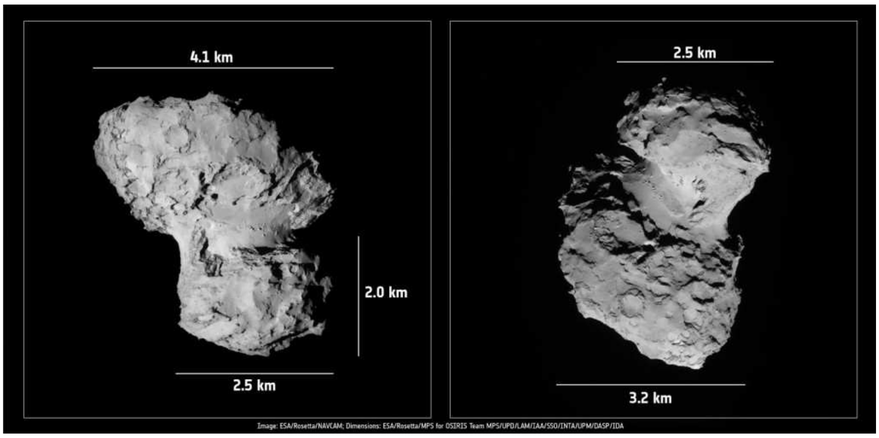
Wykaż, wykonując obliczenia, że promień orbity, na której krążący satelita mógłby pozostawać w spoczynku względem powierzchni Marsa wynosi ok. 20 400 km.

Zadanie 193.

W dniu 12 listopada 2014 r. po raz pierwszy w historii lotów kosmicznych doszło do lądowania sondy na komecie. Po 10 latach lotu sonda Rosetta zbliżyła się do komety i weszła na orbitę wokół niej, a lądownik wysłany z sondy osiadł na powierzchni jądra komety 67P/Churyumov–Gerasimenko. Kometa krąży wokół Słońca po wydłużonej eliptycznej orbicie, której półosie mają długości ok. 3,46 j.a. i 2,66 j.a.

Na podstawie: http://pl.wikipedia.org/wiki/67P/Czuriumow-Gierasimienko [dostęp: 03.12.2014].

Kształt komety jest bardzo nieregularny (patrz zdjęcie). Maksymalna „średnica” to ok. 4 km. Masa komety wynosi 10 mld t.



Źródło: http://rosetta.jpl.nasa.gov/gallery/images/comet-67p/churyumov-gerasimenko [dostęp: 13.11.2014].

Zadanie 193.1.

Zaznacz poprawne stwierdzenie oraz właściwe dokończenie zdania.

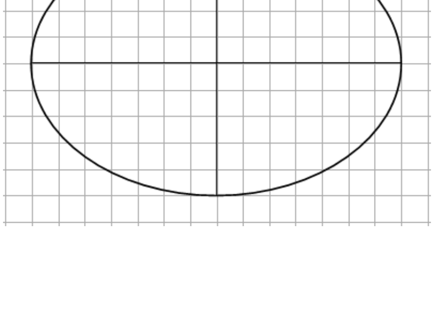
Okres obiegu komety wokół Słońca najprościej można obliczyć, stosując

Stwierdzenie			Dokończenie	
1.	I prawo Keplera	i wynosi on około	A	2,3 lat.
2.	II prawo Keplera		B	6,4 lat.
3.	III prawo Keplera		C	12,0 lat.

Zadanie 193.2.

Dla każdego punktu elipsy suma jego odległości od dwóch ognisk jest równa $2 \cdot a$. Mimośród elipsy określony jest jako $e = \frac{c}{a}$ gdzie: a – wielka półoś elipsy, c – odległość ogniska od środka elipsy. Mimośród elipsy może przyjmować wartości $0 < e < 1$. Im większy mimośród, tym bardziej wydłużona elipsa.

Oblicz mimośród orbity komety, zaznacz na rysunku położenie Słońca i zapisz, czy stwierdzenie, że kometa krąży po „wydłużonej eliptycznej orbicie” jest uzasadnione.



Zadanie 193.3.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Sonda krąży po orbicie wokół komety z prędkością większą od pierwszej prędkości kosmicznej dla komety.		
2.	Sonda o innej masie poruszałaby się na tej orbicie z inną prędkością.		
3.	Nieregularny kształt komety ma wpływ na to, że prędkość orbitalna sondy ulega niewielkim zmianom.		

Zadanie 193.4.
Oszacuj rząd wielkości przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni komety. Zapisz przyjęte założenie upraszczające.

Zadanie 193.5.
Wartość pierwszej prędkości kosmicznej dla komety 67P/Churyumov–Gerasimenko wynosi ok. 0,6 m/s. Gdy na Ziemi podskoczymy z miejsca, to bez większego wysiłku wznosimy się o 20 cm.
Sprawdź, wykonując obliczenia, czy gdyby na tej komecie było możliwe wykonanie takiego samego podskoku, w który włożylibyśmy taki sam wysiłek, to powrócilibyśmy na powierzchnię komety.

Zadanie 194.
Gdy 21 stycznia 2014 r. uczniowie Steve'a Fosseya skierowali niewielki teleskop ku galaktyce M82-Cygaro, nie spodziewali się niczego ekscytującego. To był zwykły kurs korzystania ze sprzętu obserwacyjnego. A jednak na tle odległej o 12 mln lat świetlnych od Ziemi galaktyki odnaleźli jasny punkt, którego nigdy wcześniej nie obserwowano […]. Była to SN2014J, obecnie najbliższa najjaśniejsza supernowa widoczna w świetle widzialnym i zapewne najbliższa supernowa typu SNIa, jaką dzisiejsze eksperymenty będą miały szansę zaobserwować.
Ten niezwykły typ wybuchającej gwiazdy powstaje podczas detonacji białego karła, który wysysając materię z sąsiedniej gwiazdy lub podczas zderzenia 2 białych karłów, przekroczył masę krytyczną. Ze względu na bardzo przewidywaną jasność, supernowe typu la służą do wyznaczania odległości do najdalszych kosmicznych obiektów. Do obserwacji nowego obiektu dołączyli liczni amatorzy, jest on bowiem widoczny nawet w niewielkich teleskopach.
Na podstawie: *Niezwykła supernowa*, „Wiedza i życie", 2014 nr 3, s. 10.

Zadanie 194.1.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Galaktyka, na tle której zaobserwowano wybuch supernowej SN2014J, jest odległa od Ziemi o około
A. $7{,}6\cdot10^{11}$ AU. B. $7{,}6\cdot10^{9}$ AU. C. $7{,}6\cdot10^{7}$ AU. D. $7{,}6\cdot10^{3}$ AU.

Zadanie 194.2.
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Tuż przed wybuchem supernowej SN2014J dominującym procesem zachodzącym w jej wnętrzu była nukleosynteza wodoru w hel.		
2.	Aby obserwować supernową SN2014J, musi być użyty teleskop Hubble'a.		
3.	Do wyznaczania odległości do najdalszych obiektów we Wszechświecie służy metoda paralaksy geocentrycznej.		
4.	Supernowa SN2014J jest przykładem gwiazdy błądzącej.		

Zadanie 195.
Astronomowie, korzystający z wyników obserwacji satelity Kepler, odkryli pierwszą pozasłoneczną, prawdopodobnie skalistą planetę, której rozmiary są zbliżone do Ziemi. Krąży ona wokół gwiazdy Kepler-186, czerwonego karła. Odległość tego układu od Ziemi wynosi ok. 500 lat świetlnych. Średnica planety jest o 10 % większa niż Ziemi, a średnica orbity jest 3 razy mniejsza od średnicy orbity Ziemi.

Na podstawie: http://www.rmf24.pl/nauka/news-nowa-planeta-jak-ziemia-moze-nawet-gotowa-do-zamieszkania,nId,1411442, [dostęp: 17.06.2015].

Zadanie 195.1.
Zakładając, że gwiazda Kepler-186 ma masę porównywalną z masą Słońca, oblicz okres obiegu nowej planety wokół gwiazdy Kepler-186. Wynik podaj w latach ziemskich.

Zadanie 195.2.
Zaznacz poprawne dokończenie zdania.
Odległość Ziemi od gwiazdy Kepler-186 wynosi około
A. $5 \cdot 10^{10}$ km. B. $5 \cdot 10^{12}$ km. C. $5 \cdot 10^{15}$ km. D. $5 \cdot 10^{18}$ km.

2. Wskazówki i rozwiązania zadań

Zadanie 2.3.
Mając do dyspozycji wykres przedstawiający zależność wartości prędkości ciała od czasu możemy odczytać, że wraz z upływem czasu rośnie niejednostajnie wartość prędkości ciała. Zatem ruch tego ciała określamy jako niejednostajnie przyspieszony. Kierunek i zwrot wektora przyspieszenia jest zatem z kierunkiem i zwrotem wektora prędkości. Jednocześnie, korzystając z II zasady dynamiki Newtona, stwierdzamy, że kierunek i zwrot wektora wypadkowej siły działającej na ciało jest zgodny z kierunkiem i zwrotem wektora przyspieszenia.

Zadanie 3.1.
Zwróć uwagę na to, że wykres dotyczy współrzędnej położenia.
Analiza wykresu pozwala na stwierdzenie, że obaj piechurzy poruszają się w przeciwne strony, pierwszy z nich oddala się, a drugi zbliża do początku układu współrzędnych, czyli punktu $x = 0$.

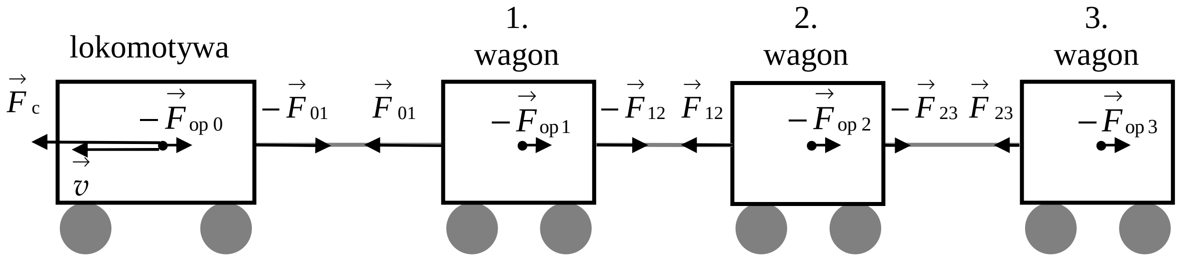
Wartość prędkości pierwszego piechura jest równa $\frac{500\ \mathrm{m}}{5\ \mathrm{min}}$, czyli 100 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$, a drugiego $\frac{500\ \mathrm{m}}{4\ \mathrm{min}}$, czyli 125 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$.

Wartość prędkości względnej jest równa sumie obu prędkości, czyli 225 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$, ponieważ poruszają się w przeciwne strony.

Zadanie 3.2.
1. Ruch pierwszego piechura zaczął się po upływie pierwszej minuty, a drugiego piechura zakończył się w końcu czwartej minuty ruchu. Obaj byli więc w ruchu jednocześnie przez 3 minuty.
2. Od momentu wyruszenia I piechura do spotkania (przecięcie linii na wykresie) upłynęło około 1,5 minuty, czyli ok. 90 s.
3. Druga minuta ruchu to przedział na osi czasu pomiędzy liczbami 1 i 2, czyli jedna minuta. Jeśli odczytamy na wykresie przebytą w tym czasie drogę, to okaże się, że jest ona mniejsza niż 200 m (wynosi ok. 130 m).

Zadanie 4.
Analiza rysunku pozwala zauważyć, że waga nr 1 wskazuje tylko masę kubka, czyli 150 g.
Na szalce drugiej wagi stoi pierwsza waga z kubkiem. Ich łączna masa jest równa:
150 g + 250 g = 400 g. I takie też jest wskazanie wagi nr 2.
Na szalce trzeciej wagi postawiono dwie wagi, w tym jedną z kubkiem. Wskazanie wagi nr 3 jest więc równe: 150 g + 250 g + 250 g = 650 g.

Zadanie 5.
Rozważmy dla przykładu jadącą ze stałą prędkością lokomotywę ciągnącą 3 wagony. Opisaną sytuację przedstawiono na uproszczonym rysunku.



Przyjęto takie oznaczenia, że wektory wszystkich sił zwróconych zgodnie ze zwrotem prędkości pociągu mają znaki dodatnie, natomiast wektory wszystkich sił zwróconych przeciwnie niż zwrot prędkości pociągu mają znaki ujemne. Siłę ciągu lokomotywy oznaczono przez $\vec{F}_c$.

Na lokomotywę działa siła oporu $-\vec{F}_{op\,0}$, na 1. wagon $-\vec{F}_{op\,1}$, na 2. wagon $-\vec{F}_{op\,2}$, a na 3. $-\vec{F}_{op\,3}$. Odpowiednio oznaczono także siły oddziaływania między sąsiednimi wagonami, np. siłę oddziaływania między 1., a 2. wagonem $-\vec{F}_{12}$ (siła działająca na 1. wagon) oraz $\vec{F}_{12}$ (siła działająca na 2. wagon). Analogicznie oznaczono siły oddziaływania w pozostałych połączeniach.
Wartości wyżej wymienionych sił oznaczmy tymi samymi symbolami bez wektorów, a więc: $F_{op\,0}$, $F_{op\,1}$, $F_{op\,2}$, $F_{op\,3}$, F_{01}, F_{12}, F_{23}, F_c.
Pociąg porusza się ze stałą prędkością, więc wypadkowa siła działająca na każdy wagon musi być równa 0. Oznacza to, że na przykład dla 2. wagonu zachodzi równość: $F_{12} = F_{op\,2} + F_{23}$.
Jak widać, wartość siły oddziaływania z wagonem znajdującym się bliżej lokomotywy jest większa niż wartość siły oddziaływania z wagonem znajdującym się dalej od lokomotywy (stwierdzenie 1).
Jak już zostało wspomniane, wypadkowa siła działająca na każdy wagon jest równa 0, a więc zachodzą następujące równości:
dla 3. wagonu $F_{23} = F_{op\,3}$,
dla 2. wagonu $F_{12} = F_{op\,2} + F_{23}$, co po uwzględnieniu, że $F_{23} = F_{op\,3}$ można zapisać $F_{12} = F_{op\,2} + F_{op\,3}$,
dla 1. wagonu $F_{01} = F_{12} + F_{op\,1}$, co po uwzględnieniu, że $F_{12} = F_{op\,2} + F_{op\,3}$ można zapisać $F_{01} = F_{op\,1} + F_{op\,2} + F_{op\,3}$.
Analogiczne rozważania można przeprowadzić dla dowolnej liczby wagonów. Jak widać, wartość siły oddziaływania między wagonami w danym połączeniu jest równa sumie wartości sił oporu działających na wagony znajdujące się za nim (uzasadnienie C).

Zadanie 6.1.

W kierunku pionowym na narciarza działają dwie siły: siła ciężkości $\vec{Q}$ oraz siła $\vec{R}$, pojawiająca się w wyniku ślizgania się nart po powierzchni wody. Siły te równoważą się.

W kierunku poziomym działa siła oporu ruchu $\vec{F}_{op}$. Powoduje ona ruch opóźniony.

Zadanie 6.2.
Należy zauważyć, że wypadkowa siła działająca na narciarza podczas jazdy po powierzchni wody powoduje zmianę jego energii kinetycznej: $W_h = \Delta E_k$.
Podstawiając do tego równania wzory na pracę siły hamującej oraz zmianę energii kinetycznej narciarza: $W_h = F_h \cdot s \cdot \cos 180^\circ = -F_h \cdot s$ $\quad \Delta E_k = \frac{1}{2} m \left(v_2^2 - v_1^2\right)$,

otrzymamy: $-F_h \cdot s = \frac{1}{2} m \left(v_2^2 - v_1^2\right)$.
Przekształcając powyższe wyrażenie, uzyskamy:

$$F_h = \frac{m}{2 \cdot s}\left(v_1^2 - v_2^2\right) \qquad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{N}\right].$$

Obliczenie wartości siły oporu ruchu: $F_h = \frac{90}{2 \cdot 20}\left(18^2 - 12^2\right)\text{N} = 405\,\text{N}$.

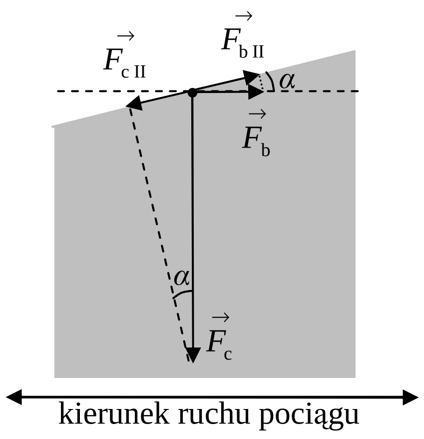
Zadanie 7.
Wartość prędkości pociągu, w którym jechał pasażer, była równa: $v_0 = \frac{s_0}{t_0} = 40\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 144\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$,

gdzie: $s_0 = 200\,\text{m}$ odległość między słupkami, $t_0 = 5\,\text{s}$ odstęp czasowy między mijaniem kolejnych słupków.
Wartość prędkości względnej obu pociągów wynosiła: $v_\text{w} = \frac{l}{t_1} = 55\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 198\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$,

gdzie: l = 220 m długość mijanego pociągu, $t_1 = 4\,\text{s}$ czas przejazdu drugiego pociągu obok okna, przez które patrzył obserwator. Wartość prędkości mijanego pociągu była natomiast równa:

$$v_1 = v_\text{w} - v_0 = 15\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 54\,\frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Zadanie 8.
Podczas hamowania powierzchnia wody jest nachylona pod pewnym kątem α w stosunku do poziomu. Sytuację taką pokazano w przekroju poprzecznym na rysunku 1.



Rysunek 1

Możemy przyjąć następujące oznaczenia sił działających na element masy wody Δm znajdujący się na powierzchni: siła ciężkości $\vec{F}_c$ (jej wartość jest równa $F_c = \Delta m \cdot g$), składowa siły ciężkości leżąca w płaszczyźnie rysunku równoległa do powierzchni wody $\vec{F}_{c\,II}$ (jej wartość jest równa $F_{c\,II} = F_c \cdot \sin\alpha = \Delta m \cdot g \cdot \sin\alpha$), siła bezwładności $\vec{F}_b$ (jej wartość jest równa $F_b = \Delta m \cdot a$), składowa siły bezwładności leżąca w płaszczyźnie rysunku równoległa do powierzchni wody $\vec{F}_{b\,II}$ (jej wartość jest równa $F_{b\,II} = F_b \cdot \cos\alpha = \Delta m \cdot a \cdot \cos\alpha$), gdzie g jest wartością przyspieszenia ziemskiego, natomiast a – wartością opóźnienia pociągu podczas hamowania. Zachodzi równość: $F_{c\,II} = F_{b\,II}$,

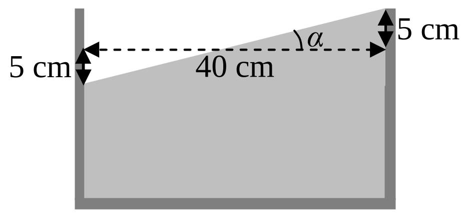
zatem $\Delta m \cdot g \cdot \sin\alpha = \Delta m \cdot a \cdot \cos\alpha$,

stąd $g \cdot \sin\alpha = a \cdot \cos\alpha$,

a więc $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \dfrac{a}{g}$.

Jak można zobaczyć na rysunku 2, maksymalny kąt α nachylenia lustra wody w stosunku do poziomu, przy którym woda w całości pozostanie w akwarium, spełnia relację:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{5\ \text{cm}}{20\ \text{cm}} = \frac{10\ \text{cm}}{40\ \text{cm}} = 0{,}25\,.$$



Rysunek 2

Tak więc $\dfrac{a}{g} = \operatorname{tg}\alpha = 0{,}25$, a zatem maksymalna wartość opóźnienia pociągu podczas hamowania, przy którym woda w całości pozostanie w akwarium, jest równa:

$$a = 0{,}25 \cdot g \approx 2{,}45\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\,.$$

Zadanie 9.1.

Energia zgromadzona w ściśniętej sprężynie zostanie przekazana kulce i zamieniona na jej energię kinetyczną. Skorzystaj z zasady zachowania energii i oblicz wartość prędkości kulki.

$E_{ps} = E_k$

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

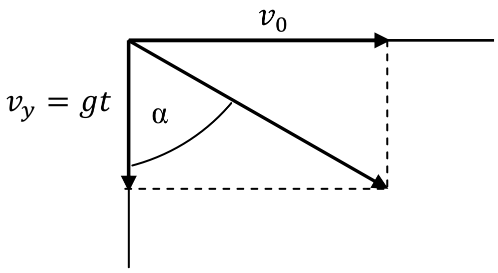
$$v_0 = \sqrt{\frac{k \cdot x^2}{m}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 0{,}04^2}{0{,}01}} = \sqrt{32} = 5{,}66 \left[\sqrt{\frac{\frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

Zadanie 9.2.

Wykorzystaj informację o kącie, jaki z kierunkiem pionowym tworzy w chwili upadku wektor prędkości kulki $\alpha = 60°$. Ponieważ pomijamy opory ruchu, jedyną działającą na nią w trakcie lotu siłą jest siła grawitacji.

Rozpatrzmy osobno ruch kulki w kierunku poziomym i pionowym.

W kierunku poziomym nie działa na nią żadna siła, zgodnie z I zasadą dynamiki kulka porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. W chwili upadku wartość składowej poziomej jej prędkości jest równa v_0.
W kierunku pionowym kulka porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem ziemskim (spada swobodnie). W chwili upadku składowa pionowa jej prędkości osiągnie wartość $v_y = g \cdot t$

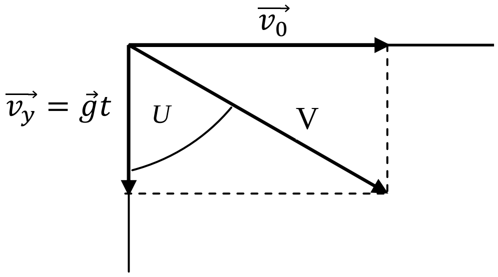


Tangens kąta pomiędzy tymi wektorami jest równy: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0}{gt} \Rightarrow\ g \cdot t \cdot \operatorname{tg} \alpha = v_0$,
stąd:

$$t = \frac{v_0}{g \cdot \operatorname{tg}\alpha} \left[\frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}} = \mathrm{s} \right]$$

$$t = \frac{5{,}66}{10 \cdot 1{,}732} = 0{,}327 \approx \frac{1}{3}\mathrm{s}$$

Zadanie 9.3.
Sporządź pomocniczy rysunek ilustrujący opisaną w treści zadania sytuację.



Skorzystaj z zależności:
$\sin \alpha = \frac{v_0}{v_w} \Rightarrow v_w = \frac{v_0}{\sin \alpha}$

$$v_w = \frac{5{,}66}{0{,}866} = 6{,}54\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 10.1.
W kierunku poziomym ruch jest jednostajny, bo na kapsułkę w tym kierunku nie działają siły. Równanie drogi w kierunku poziomym: $s = v \cdot t$.
W kierunku pionowym na kapsułkę działa siła ciężkości, pod wpływem której porusza się ona ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej. Równanie drogi w kierunku pionowym: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$.

Z ostatniego równania należy wyznaczyć czasu lotu kapsułki: $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$.

Z równania drogi w kierunku poziomym należy wyznaczyć wartość prędkości początkowej:

$$v = \frac{s}{t} = s \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot h}}$$

Po podstawieniu danych do wzoru otrzymujemy:

$$v = 15\ \mathrm{m} \cdot \sqrt{\frac{10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{2 \cdot 20\ \mathrm{m}}} = 7{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Zadanie 10.2.

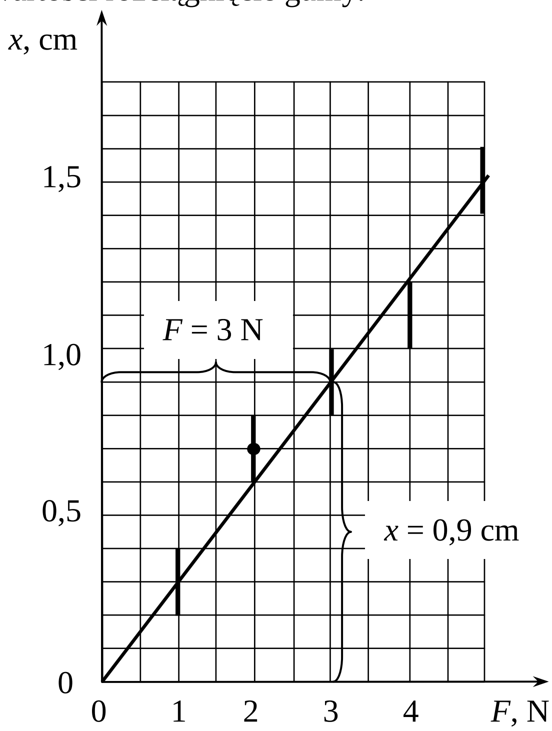
Na osi poziomej należy zaznaczyć wartość siły rozciągającej, a na osi pionowej – rozciągnięcie gumy.

Siłą rozciągającą jest ciężar kulek. Znając masę kulek, można obliczyć ciężar obciążenia.

Na wykresie należy nanieść punkty pomiarowe. W treści zadania podano niepewność pomiarową wydłużenia gumy. Do każdego punktu pomiarowego należy dorysować odcinek niepewności pomiarowej.

Na tak przygotowanym wykresie należy poprowadzić prostą najlepszego dopasowania.

Wybierając punkt leżący na prostej, należy zapisać wartość siły oraz odpowiadające tej wartości rozciągnięcie gumy.



Korzystając ze wzoru: $F = -k \cdot x$, można obliczyć współczynnik sprężystości gumy.

$$k = \frac{F}{x} = \frac{3\ \mathrm{N}}{0{,}9 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}} = 333\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

Zadanie 10.3.

Aby rozwiązać to zadanie, należy skorzystać z zasady zachowania energii mechanicznej. Energia potencjalna sprężystości rozciągniętej gumy zamieni się w energię kinetyczną kapsułki: $E_{ps} = E_k$.

Pamiętać przy tym należy, że do budowy procy użyto gumy złożonej na połowę:

$$\frac{1}{2} \cdot (2k) \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

gdzie: k – współczynnik sprężystości gumy, x – rozciągnięcie procy, m – masa kapsułki, v – wartość prędkości kapsułki w chwili wystrzelenia.
Przekształcając powyższe równanie, otrzymamy:

$$x = \sqrt{\frac{m \cdot v^2}{2 \cdot k}} \qquad \left[\sqrt{\frac{\mathrm{kg} \cdot \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}}} = \mathrm{m} \right]$$

Po podstawieniu danych do wzoru otrzymamy:

$$x = \sqrt{\frac{0{,}1 \cdot 10^2}{2 \cdot 300}}\ \mathrm{m} = 12{,}9 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}.$$

Zadanie 11.1.
1. W sytuacji, gdy worek znajduje się na powierzchni wody podczas przekazywania energii kinetycznej osoby skaczącej osobie wyrzucanej, woda, na której spoczywa worek, ulega odkształceniu, pochłaniając część energii osoby skaczącej. Gdyby worek znajdował się na twardym betonowym podłożu, powyższa sytuacja nie miałaby miejsca, zatem straty energii byłyby mniejsze.
2. Na fotografii można zauważyć, że osoba wyrzucona do góry podczas lotu wykonuje pełny obrót. Osoba wyrzucona podczas lotu nie może sama sobie nadać ruchu obrotowego (wynika to z zasady zachowania momentu pędu i III zasady dynamiki dla ruchu obrotowego), zatem w chwili oderwania się od powierzchni worka musiała poruszać się ruchem obrotowym.
3. Osoba wyrzucona wznosi się na mniejszą maksymalną wysokość w porównaniu z wysokością, z jakiej znajdowała się osoba spadająca, czyli maksymalna prędkość, jaką uzyskuje osoba wyrzucona, jest mniejsza od maksymalnej prędkości osoby spadającej. Droga hamowania osoby spadającej i droga przyspieszania osoby wyrzucanej są praktycznie takie same, czyli osoba wyrzucana poruszała się z mniejszym przyspieszeniem.

Zadanie 11.2.
Można przyjąć, że czas wznoszenia na maksymalną wysokość i opadania z maksymalnej wysokości są sobie równe. Każdy z tych czasów można obliczyć, korzystając z kinematycznych równań ruchu:

$$h = v_0 \cdot \Delta t + \frac{g \cdot \Delta t^2}{2}, \text{ oraz } v = v_0 + g\Delta t.$$

Rozpatrując, np. czas wznoszenia, po uwzględnieniu, że ruch jest jednostajnie opóźniony i dokonaniu przekształceń, otrzymamy: $\Delta t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$.

Po dokonaniu obliczeń otrzymamy czas wznoszenia: $\Delta t = \sqrt{\frac{2 \cdot 8\mathrm{m}}{10}} \approx 1{,}3\mathrm{s}$.

Zatem całkowity czas lotu: $\Delta t_c = 2 \cdot 1{,}3\mathrm{s} = 2{,}6\mathrm{s}$.

Zadanie 11.3.
Podczas skoku energia potencjalna 3 osób skaczących z platformy, po szeregu przemian energii, zamienia się częściowo w energię potencjalną osoby wystrzelonej. Sprawność procesu przemian energii opisuje równanie:

$$\eta = \frac{m \cdot g \cdot H_{\max.}}{3 \cdot m \cdot g \cdot h},$$

gdzie: $H_{max.}$ jest wysokością, na jaką wzniosła się osoba wyrzucana, h jest wysokością, z jakiej skakały 3 osoby.
Zatem:

$$\eta = \frac{H_{max.}}{3 \cdot h} = \frac{17\ \mathrm{m}}{3 \cdot 10\ \mathrm{m}} \approx 0{,}57 = 57\,\%\ .$$

Czyli straty energii wyniosły ok. 43% i były większe niż przy skoku przedstawionym na fotografii.

Zadanie 12.1.
Rozwiązując to zadanie, możemy skorzystać z zasady zachowania energii, porównując zmianę energii kinetycznej kamienia z pracą sił tarcia. Zmianę energii kinetycznej kamienia można opisać zależnością:

$$\Delta E_k = 0 - \frac{mv^2}{2}\ ,$$

a pracę sił tarcia: $W = T \cdot s \cdot \cos\alpha$, $\cos\alpha = -1$,
stąd: $W = -T \cdot s$, gdzie: $T = f \cdot m \cdot g$.
Po porównaniu $\Delta E_k = W$, podstawieniu i przedzieleniu przez (– 1): $\frac{mv^2}{2} = f \cdot m \cdot g \cdot s$,

Otrzymujemy: $f = \frac{v^2}{2sg} = 0{,}028 \quad \left[\frac{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\mathrm{m} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 1\right]$.

Zadanie 12.2.
Fala akustyczna unosi część energii układu, zatem zasada zachowania <u>energii mechanicznej</u> nie jest spełniona. Ponadto należy przeanalizować rodzaje sił działających w układzie – w tym przypadku działają tylko siły wewnętrzne**,** czego konsekwencją jest spełnienie zasady zachowania <u>pędu</u>.

Zadanie 12.3.
Zgodnie z zasadą zachowania energii, całkowita energia początkowa kamienia została zamieniona w przypadku dłuższej drogi na pracę przeciwko sile tarcia. W drugim przypadku (krótszej drogi) ta sama energia początkowa zamieniona została na energię kinetyczną ruchu obrotowego oraz pracę przeciwko sile tarcia.

Zadanie 13.1.
Oznaczmy wysokość, na jakiej spotkają się piłeczka i lampion przez h, natomiast czas lotu piłeczki do góry, jako t. Piłeczka porusza się w górę ruchem jednostajnie opóźnionym.
Drogę, jaką przebędzie ona do spotkania z lampionem, można zapisać równaniem:

$$h = v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}\ .$$

Lampion porusza się do góry ruchem jednostajnym, pamiętaj, że czas ruchu lampionu wynosi $t_1 + t$, lampion leciał już do góry przez 4 s, zanim wyrzucono piłeczkę.
Drogę, jaką przebył lampion do momentu spotkania z piłeczką, zapisz jako: $h = v_1 \cdot (t_1 + t)$.
Ponieważ lampion i piłeczka mają spotkać się na wysokości h, otrzymujemy równanie:

$$v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} = v_1 \cdot (t_1 + t)\ .$$

Ponieważ wszystkie wielkości fizyczne wyrażone są w podstawowych jednostkach układu SI, wstawimy do równania tylko ich wartości:

$2 \cdot (4 + t) = v_0 \cdot t - 5 \cdot t^2$.

Piłeczka tylko raz spotka się z lampionem, jeżeli w chwili spotkania ich prędkości będą jednakowe, czyli $v_0 - gt = v_1$.

Czas wznoszenia piłeczki:

$$t = \frac{v_0 - v_1}{g} = \frac{v_0 - 2}{10}$$

wstawiamy do wzoru:

$2 \cdot (4 + t) = v_0 \cdot t - 5 \cdot t^2$

i otrzymujemy równanie na v_0 , czyli:

$$8 = \frac{(v_0 - 2)^2}{20},$$

które ma rozwiązanie $v_0 = 14{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Zadanie 13.2.

Po odłączeniu ciężarek znajduje się na wysokości h i nie zacznie od razu spadać, gdyż ma prędkość początkową skierowaną do góry o wartości $2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Tę samą prędkość uzyska ponownie, znalazłszy się na tej wysokości. Zadanie można rozwiązać, korzystając z zasady zachowania energii.

Na początku ruchu ciężarek miał energię kinetyczną $E_k = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$ i energię potencjalną $E_p = m \cdot g \cdot h$. Tuż przed uderzeniem w ziemię ma energię kinetyczną $E_1 = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

Z zasady zachowania energii uzyskujemy: $\frac{m \cdot v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

Wyznaczając z powyższego równania prędkość ciężarka tuż przed uderzeniem w ziemię, otrzymujemy:

$$v = \sqrt{v_0^2 + gh}$$

Po wstawieniu danych liczbowych otrzymujemy $v = 12{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\left[\sqrt{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$.

Zadanie 13.3.

1. Bezpośrednio przed odłączeniem ciężarek wraz z lampionem porusza się ruchem jednostajnym do góry z prędkością o wartości $2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Tuż po odłączeniu ciężarka zarówno lampion, jak i ciężarek będą poruszały się nadal do góry. Wartość prędkości ciężarka będzie wynosiła $2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, natomiast wartość prędkości lampionu możemy policzyć z zasady zachowania pędu.

2. Po odczepieniu ciężarka lampion nadal będzie poruszał się do góry, zmieni się jednak prędkość wznoszenia. Gdy lampion wznosił się ruchem jednostajnym, to siła wyporu była sumą ciężaru i siły oporu. Gdy odpadnie ciężarek, to siła wypadkowa działająca na lampion będzie zwrócona w górę, co spowoduje przyspieszenie lampionu. Ustali się nowa, większa prędkość wtedy, gdy po wzroście siły oporu znowu siły zrównoważą się.

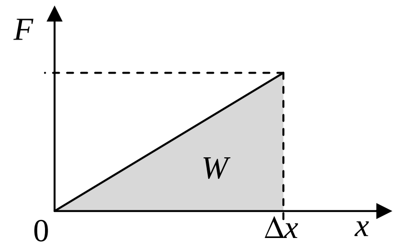
3. Wartość prędkości ciężarka tuż przed uderzeniem w ziemię musi być większa od 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, gdyż taką prędkość miał on na wysokości 8 m, wynika to z zasady zachowania energii mechanicznej.

Zadanie 14.

Należy sprawdzić, czy pod działaniem siły $\vec{F} = k \cdot \vec{x}$ możliwe są wymienione ruchy.
Ruch nie może być jednostajny (4), ponieważ siły nie równoważą się.
Wartość siły nie jest stała, lecz zależy od współrzędnej położenia, czyli nie może to być ruch jednostajnie zmienny (1).
Wektor siły ma zwrot zgodny z wektorem położenia, dlatego nie może to być ruch harmoniczny (3).
Wartość siły rośnie proporcjonalnie do x , czyli rośnie także przyspieszenie klocka. Wektor siły ma zwrot zgodny z wektorem prędkości klocka. Z podanych ruchów może to być jedynie ruch przyspieszony (2).
Ponieważ wartość siły rośnie proporcjonalnie do x, to pracę tej siły można obliczyć, wstawiając do wzoru na pracę średnią wartość siły na odcinku Δx:

$$F_{sr} = \frac{1}{2} \cdot F = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x$$

skąd: $W = F_{sr} \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2$



Pracę tej siły można także obliczyć jako pole figury pod wykresem zależności $F(x)$.
Figura pod wykresem jest trójkątem, czyli:

$$W = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2.$$

Zadanie 15.

Na żyrandol działają dwie siły, ciężar i siła reakcji (sprężystości sufitu). Wypadkowa siła działająca na ciało wynosi będzie wynosiła 0 N. Wartość wypadkowego momentu sił $M = F \cdot r \cdot \sin \alpha$ będzie więc wynosiła 0 N · m.

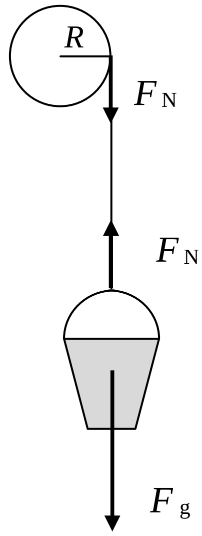
Zadanie 16.

Energię kinetyczną w ruchu obrotowym obliczamy, korzystając ze wzoru $E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$.

W opisanej sytuacji prędkość kątowa nie ulega zmianie, natomiast moment bezwładności obliczamy jako $I = \sum m_i r_i^2$, gdzie znak $\sum$ oznacza sumę skończonej liczby elementów.

W sytuacji, gdy lód uległ stopieniu, część wody przy brzegach uniosła się ku górze, zatem część masy zwiększyła odległość od osi obrotu, czyli moment bezwładności układu naczynie--woda rośnie i w konsekwencji energia kinetyczna ruchu obrotowego układu również wzrasta.

Zadanie 17.1.



Na rysunku zaznaczono siły działające na wiadro i linkę, $\vec{F}_g$ oznacza ciężar wiadra z wodą, natomiast $\vec{F}_N$ to siła naciągu linki. Wiadro z wodą porusza się w dół ruchem jednostajne przyspieszonym.
Wypadkowa siła działająca na wiadro ma wartość $F_w = F_g - F_N$.

Z II zasady dynamiki $F_w = M \cdot a$, gdzie M to masa wiadra z wodą. Wobec tego $M \cdot a = F_g - F_N$.

Krążek obraca się pod wpływem momentu siły $\vec{F}_N$. Wartość momentu siły wynosi $M_F = F_N \cdot R$. Z II zasady dynamiki dla ruchu obrotowego można zapisać wartość momentu siły $M_F = I \cdot \varepsilon$, gdzie I to moment bezwładności krążka $I = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$, natomiast ε to wartość przyspieszenia kątowego krążka. Z tego wynika, że $I \cdot \varepsilon = F_N \cdot R$.
W obliczeniach należy uwzględnić związek pomiędzy przyspieszeniem kątowym i liniowym $a = R \cdot \varepsilon$.
Z powyższych rozważań otrzymujemy układ równań:
$M \cdot a = F_g - F_N$ (ruch postępowy wiadra)
$I \cdot \varepsilon = F_N \cdot R$ (ruch obrotowy krążka)
$$I = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$$
$a = R \cdot \varepsilon$.
Rozwiązując powyższy układ równań, wyznaczamy przyspieszenie liniowe wiadra:

$$a = \frac{M \cdot g}{\frac{1}{2} m_1 + M} \qquad \left[\frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{\mathrm{kg}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \right].$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy $a = 7{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Zadanie 17.2.

1. Związek pomiędzy wartościami przyspieszenia kątowego ε i liniowego a można zapisać jako $\varepsilon = \frac{a}{R}$. Wartość przyspieszenia liniowego zależy od masy wody w wiadrze. W związku z tym, jeżeli masa wiadra i znajdującej się w nim wody zmienia się, zmianie ulega także wartość przyspieszenia kątowego.
2. Wartość przyspieszenia opadającego układu zależy od jego masy. Ponieważ układ ten stanowi wiadro z wodą, jego masa jest równa sumie mas wiadra i wody. W związku z tym wartość przyspieszenia zależy zarówno od masy wiadra, jak i znajdującej się w nim wody.
3. Wartość przyspieszenia opadającego wiadra z wodą zależy od mas wody, wiadra i krążka, natomiast nie zależy ona od promienia krążka (patrz rozwiązanie zadania 17.1.).

Zadanie 18.

Korzystając z równania opisującego częstotliwość dźwięku w zjawisku Dopplera:

$$f = f_0 \cdot \frac{v_{\text{dź}}}{v_{\text{dź}} - u},$$

można wyznaczyć prędkość u samochodu w chwili, gdy obserwator usłyszał dźwięk o częstotliwości 1275 Hz, $u = \frac{v_{\text{dź}} \cdot (f - f_0)}{f}$.

Prędkość tę można określić również, korzystając z równań opisujących kinematycznie prędkość i drogę w ruchu samochodu: $u = a \cdot \Delta t$ oraz $s = \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}$,

z których wynika, że drogę przebytą przez samochód można wyrazić, jako $s = \frac{u \cdot \Delta t}{2}$.

Po wstawieniu do powyższego równania za u zależności: $u = \frac{v_{\text{dź}} \cdot (f - f_0)}{f}$, otrzymamy:

$s = \frac{v_{\text{dź}} \cdot (f - f_0) \cdot \Delta t}{2 \cdot f}$ i po dokonaniu obliczeń $s = 100$ m.

Zadanie 19.1.

Podczas rozwiązywania zadania należy zwrócić uwagę na to, że w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej drogi przebywane przez ciało w kolejnych równych odstępach czasu mają się do siebie jak kolejne liczby nieparzyste: $\frac{s_1}{s_1} = 1$, $\frac{s_2}{s_1} = 3$, $\frac{s_3}{s_1} = 5$, itd.

Przez pierwsze 10 s ruchu pociągu obok Marka przejechał 1 wagon, więc przez kolejne 10 s przejadą obok Marka kolejne 3 wagony.

Oznacza to, że przez 20 s przejadą 4 wagony: $4 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_2^2$

gdzie: x – długość jednego wagonu, $t_2 = 20$ s.

Zapisanie drogi przebytej przez 5 wagonów: $5 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_x^2$.

Wstawienie do powyższego równania długości wagonu x: $5 \cdot \frac{1}{8} \cdot a \cdot t_2^2 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_x^2$.

Wyznaczenie czasu przejazdu 5 wagonów: $t_x = 22{,}4$ s.

Podanie czasu przejazdu 5. wagonu: $t = 2{,}4$ s.

Zadanie 19.2.

Podczas ruchu przyspieszonego pociągu wnętrze wagonu można potraktować jako układ nieinercjalny. W układzie tym działają siły bezwładności, których zwrot jest przeciwny do zwrotu przyspieszenia. Siły bezwładności powodują, że poziom cieczy w naczyniu będzie wyższy po stronie kubka leżącej przeciwnie do zwrotu przyspieszenia wagonu.

Zadanie 19.3.

Należy zauważyć, że maksymalna siła bezwładności działająca na walizkę jest równa maksymalnej wartości siły tarcia statycznego: $f \cdot m \cdot g = m \cdot a$.

Z powyższego równania można obliczyć wartość maksymalnego przyspieszenia pociągu:

$$a = f \cdot g = 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Zadanie 20.1.

Należy zauważyć, że moment bezwładności całej *zorby* równy jest sumie momentów bezwładności jej składników: $I = I_{dużej\,sfery} + I_{małej\,sfery} + I_{walca}$.

Potrzebne dane podane zostały w treści zadania.

$$I = \frac{2 \cdot m_Z \cdot r_Z{}^2}{3} + \frac{2 \cdot m_W \cdot r_W{}^2}{3} + \frac{m \cdot d_W{}^2}{12},$$

gdzie d_W to długość walca równa średnicy mniejszej kuli.

$$I = \frac{2 \cdot 58 \cdot 1{,}6^2}{3} + \frac{2 \cdot 22 \cdot 1^2}{3} + \frac{80 \cdot 2^2}{12} = 99{,}98 + 14{,}67 + 26{,}67 = 140{,}32\ [\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2].$$

Zadanie 20.2.

Należy zastosować zasadę zachowania energii i uwzględnić energię kinetyczną ruchu obrotowego, m – masa zorby i walca, r_Z – promień zewnętrznej sfery:

$$mg(h + r_Z) = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + \mathrm{mg}(h_1 + r_Z),$$

następnie zastosować związek pomiędzy prędkością liniową i kątową: $v = \omega \cdot r$,

$$mg(h + r_Z) = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\left(\frac{v}{r_Z}\right)^2}{2} + \mathrm{mg}(h_1 + r_Z)$$

i obliczyć wartość prędkości: $mgh + mgr_Z = \frac{mv^2}{2} + \frac{Iv^2}{2r_Z^2} + mgh_1 + mgr_Z$

$$v^2\left(\frac{m}{2} + \frac{I}{2r_Z^2}\right) = mgh - mgh_1 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{mg(h - h_1)}{\frac{m}{2} + \frac{I}{2r_Z^2}}}$$

$$\left[\sqrt{\frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{kg} - \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{m}^2}}} = \sqrt{\frac{\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\mathrm{kg}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

$$v = \sqrt{\frac{160 \cdot 10(30 - 5)}{\frac{160}{2} + \frac{140{,}32}{2 \cdot 2{,}56}}} \Rightarrow v = 19{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 20.3.

Należy skorzystać ze wzoru na zasięg rzutu poziomego:

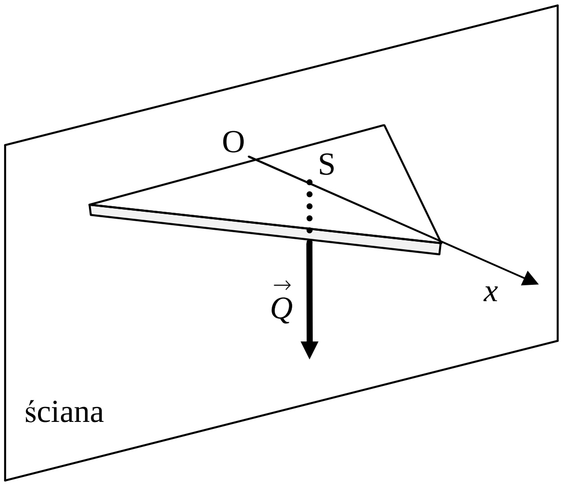
$$z = v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}} = 19{,}3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} = 19{,}3\ \mathrm{m}\ \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \sqrt{\mathrm{m} \cdot \frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{s} = \mathrm{m}\right].$$

Zadanie 20.4.

W trakcie lotu *zorby* działa na nią jedynie siła grawitacji. Wynika z tego, że składowa pozioma prędkości nie ulega zmianie, gdyż w tym kierunku nie działa żadna siła. Tak więc wartość poziomej składowej prędkości środka masy zorby jest taka sama na progu, jak po wylądowaniu.

Zadanie 21.1.

Siła ciężkości przyłożona jest w geometrycznym środku trójkąta równobocznego. Środek ten znajduje się w odległości $\frac{1}{3} \cdot h$ od ściany. Wysokość trójkąta obliczamy ze wzoru $h = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$.



Moment siły ciężkości półki jest równy: $M = \frac{1}{3} \cdot h \cdot Q = \frac{1}{3} \cdot 0{,}2 \text{ m} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1{,}4 \text{ N} \approx 0{,}08 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Zadanie 21.2.

Zapisanie funkcji przedstawiającej zależność momentu siły od współrzędnej *x*.

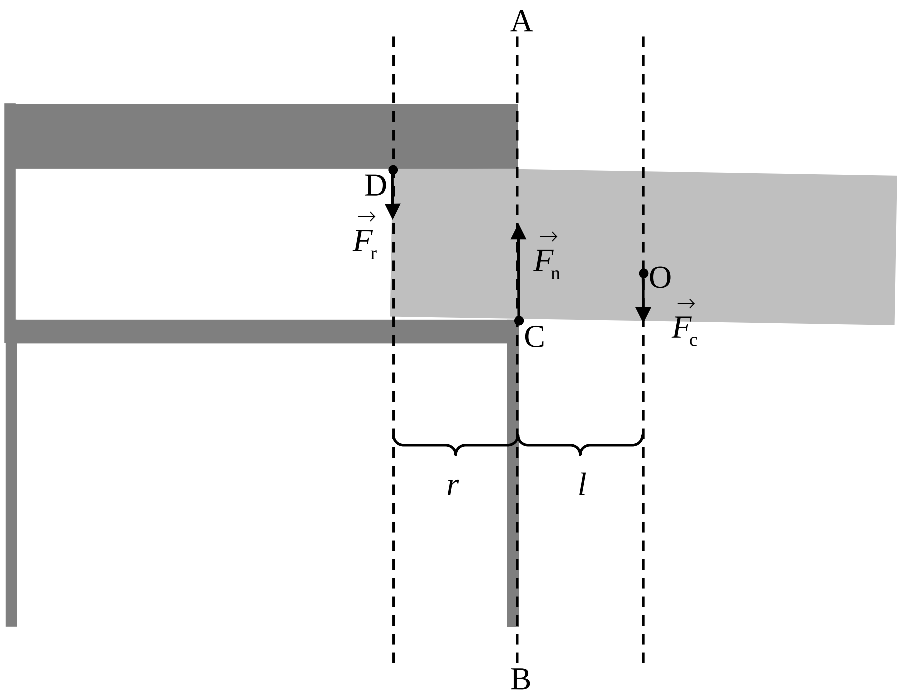
$$M(x) = F_0 \cdot \left(1 - \frac{x}{h}\right) \cdot x$$

Wykresem funkcji jest parabola o miejscach zerowych $x_1 = 0$ i $x_2 = h$.

Wartość funkcji $M(x)$ jest największa w wierzchołku paraboli $x = \frac{h}{2}$.

Zadanie 22.

Jeżeli środek masy szuflady znajduje się na prawo od linii A–B, to sytuacja wygląda tak, jak przedstawiono w przekroju poprzecznym na poniższym rysunku.



Punkt O oznacza środek masy szuflady. W przekroju poprzecznym szuflada styka się od dołu z poziomą powierzchnią tylko w punkcie C, natomiast od góry z blatem biurka tylko w punkcie D. Odległość między poziomą powierzchnią pod szufladą, a blatem nad szufladą jest niewiele większa od wysokości szuflady, więc możemy przyjąć przybliżenie, że wysunięta szuflada jest zorientowana poziomo, choć tak naprawdę jest pochylona pod niewielkim kątem. Siłę ciężkości szuflady oznaczono przez $\vec{F}_c$, siłę, z jaką pozioma powierzchnia działa od dołu na szufladę $\vec{F}_n$, a siłę z jaką działa blat biurka na górną część szuflady przez $\vec{F}_r$. Ramiona sił $\vec{F}_c$ oraz $\vec{F}_r$ względem osi prostopadłej do płaszczyzny rysunku przechodzącej przez punkt C oznaczono odpowiednio przez l oraz r. Względem wspomnianej osi szuflada nie obraca się, więc momenty sił ciężkości i działania blatu na szufladę względem tej osi muszą równoważyć się, a zatem zachodzi równość ich wartości:

$F_c \cdot l = F_r \cdot r$, gdzie: F_c – wartość siły $\vec{F}_c$, F_r – wartość siły $\vec{F}_r$.

Wartość siły, z jaką działa blat biurka na górną część szuflady, wynosi zatem: $F_r = \dfrac{F_c \cdot l}{r}$.

Wraz z wysuwaniem szuflady l rośnie, natomiast r maleje, więc siła oddziaływania między górną częścią szuflady a blatem biurka rośnie.

Zadanie 23.1.

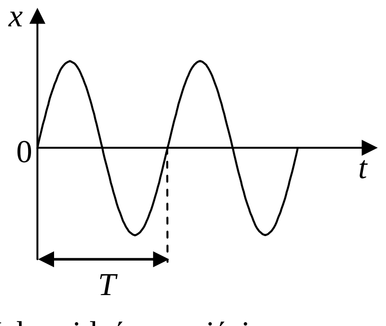
Należy wyrazić moment bezwładności wahadła matematycznego względem osi obrotu przez masę i długość wahadła. Trzeba również podstawić odpowiednią wielkość za odległość środka ciężkości wahadła matematycznego od osi obrotu. Wspomniane wyżej wielkości należy wstawić do przytoczonego wzoru pozwalającego obliczyć okres drgań wahadła fizycznego dla małych wychyleń.

Moment bezwładności wahadła matematycznego (punktu materialnego o masie m zawieszonego na nierozciągliwej i nieważkiej nici o długości l) względem osi obrotu wynosi $I = m \cdot l^2$. Odległość środka ciężkości wahadła matematycznego od osi obrotu $d = l$.

Podstawiając to do wzoru z tekstu zadania: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{m \cdot g \cdot d}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m \cdot l^2}{m \cdot g \cdot l}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$.

Zadanie 23.2.

Fragment zależności wychylenia wahadła od czasu przedstawiono na poniższym wykresie, na którym zaznaczono okres drgań.



Jak widać, przejście przez położenie równowagi ma miejsce co połowę okresu, a więc w przypadku drgającego wahadła o okresie drgań równym 1 s następuje to co 0,5 s.

Zadanie 23.3.

Do przytoczonego wyrażenia na okres drgań wahadła fizycznego należy wstawić odpowiedni wzór na moment bezwładności oraz wielkość będącą odległością środka ciężkości od osi obrotu dla wahadła zastosowanego przez uczniów. Następnie otrzymane wyrażenie należy odpowiednio przekształcić tak, aby otrzymać wzór na długość wahadła zastosowanego przez uczniów i podstawić do niego dane liczbowe.

Moment bezwładności jednorodnego pręta o masie m i długości l względem prostopadłej do niego osi przechodzącej przez jego koniec jest równy $I = \frac{1}{3} m \cdot l^2$. Ponieważ pręt jest jednorodny, więc środek ciężkości pręta znajduje się w połowie jego długości, a więc odległość środka ciężkości od osi obrotu wynosi $d = \frac{l}{2}$. Podstawiając to do wzoru na okres drgań wahadła fizycznego, otrzymujemy:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3} m \cdot l^2}{m \cdot g \cdot \frac{l}{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}\ .$$

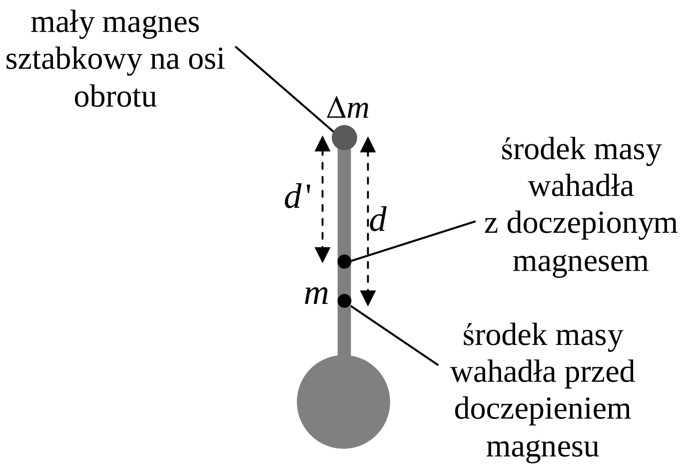
Przekształcając ten wzór, otrzymuje się: $l = \frac{3T^2 \cdot g}{8\pi^2}$ $[\mathrm{s}^2 \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = \mathrm{m}]$,

a po podstawieniu wartości liczbowych: $l = \frac{3 \cdot 1^2 \cdot 9{,}81}{8 \cdot 3{,}1416^2} \approx 0{,}373\ \mathrm{m}$.

Zadanie 23.4.

W tekście do zadania podano wzór pozwalający obliczyć okres drgań wahadła fizycznego dla małych wychyleń: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}}$, gdzie: I – moment bezwładności względem osi obrotu, m – masa, g – wartość przyspieszenia ziemskiego, d – odległość środka ciężkości od osi obrotu. Widać stąd, że im większe jest wyrażenie $\frac{I}{m \cdot d}$, tym większy jest okres drgań wahadła. Dla punktualnie chodzącego zegara zwiększenie wyrażenia $\frac{I}{m \cdot d}$ spowoduje, że zegar będzie spóźniał się, zmniejszenie tego wyrażenia spowoduje, że będzie spieszył się, a jeżeli wyrażenie to pozostanie niezmienione, to zegar nadal będzie chodził punktualnie.

Do dalszych rozważań możemy przyjąć następujące oznaczenia: m – masa wahadła przed doczepieniem magnesu, d – odległość środka ciężkości wahadła od osi obrotu przed doczepieniem magnesu, Δm – masa doczepionego magnesu, d' – odległość środka ciężkości wahadła od osi obrotu po doczepieniu magnesu. Wahadło zegara z zaznaczonymi środkami masy przed i po doczepieniu magnesu oraz odległościami od osi obrotu do obu środków masy zostało przedstawione na rysunku.



Oznaczając moment bezwładności wahadła przed doczepieniem magnesu przez I, można zapisać wyrażenie na moment bezwładności wahadła z doczepionym magnesem:

$$I' = I + \Delta m \cdot 0^2 = I$$

(masa punktowa doczepiona na osi obrotu nie zwiększa momentu bezwładności bryły względem tej osi). Masa wahadła z doczepionym magnesem jest równa: $m' = m + \Delta m$.

Odległość środka masy wahadła z doczepionym magnesem od osi obrotu jest natomiast równa:

$$d' = \frac{m \cdot d + \Delta m \cdot 0}{m + \Delta m} = \frac{m \cdot d}{m + \Delta m}.$$

Zatem po doczepieniu magnesu wartość wyrażenia :

$$\frac{I'}{m' \cdot d'} = \frac{I}{(m + \Delta m) \cdot \dfrac{m \cdot d}{m + \Delta m}} = \frac{I}{m \cdot d}$$

jest taka sama jak przed doczepieniem magnesu, więc doczepienie magnesu na osi obrotu wahadła nie zmieniłoby okresu drgań wahadła zegara.

Zadanie 24.1.

A. Na klocek w kierunku poziomym działają dwie siły: siła $\vec{F}$, za pomocą której klocek jest wprawiany w ruch oraz siła tarcia $\vec{T}$.
B. Zgodnie z I zasadą dynamiki klocek porusza się ruchem jednostajnym, gdy siły działające na klocek równoważą się. Ich wartości są takie same.

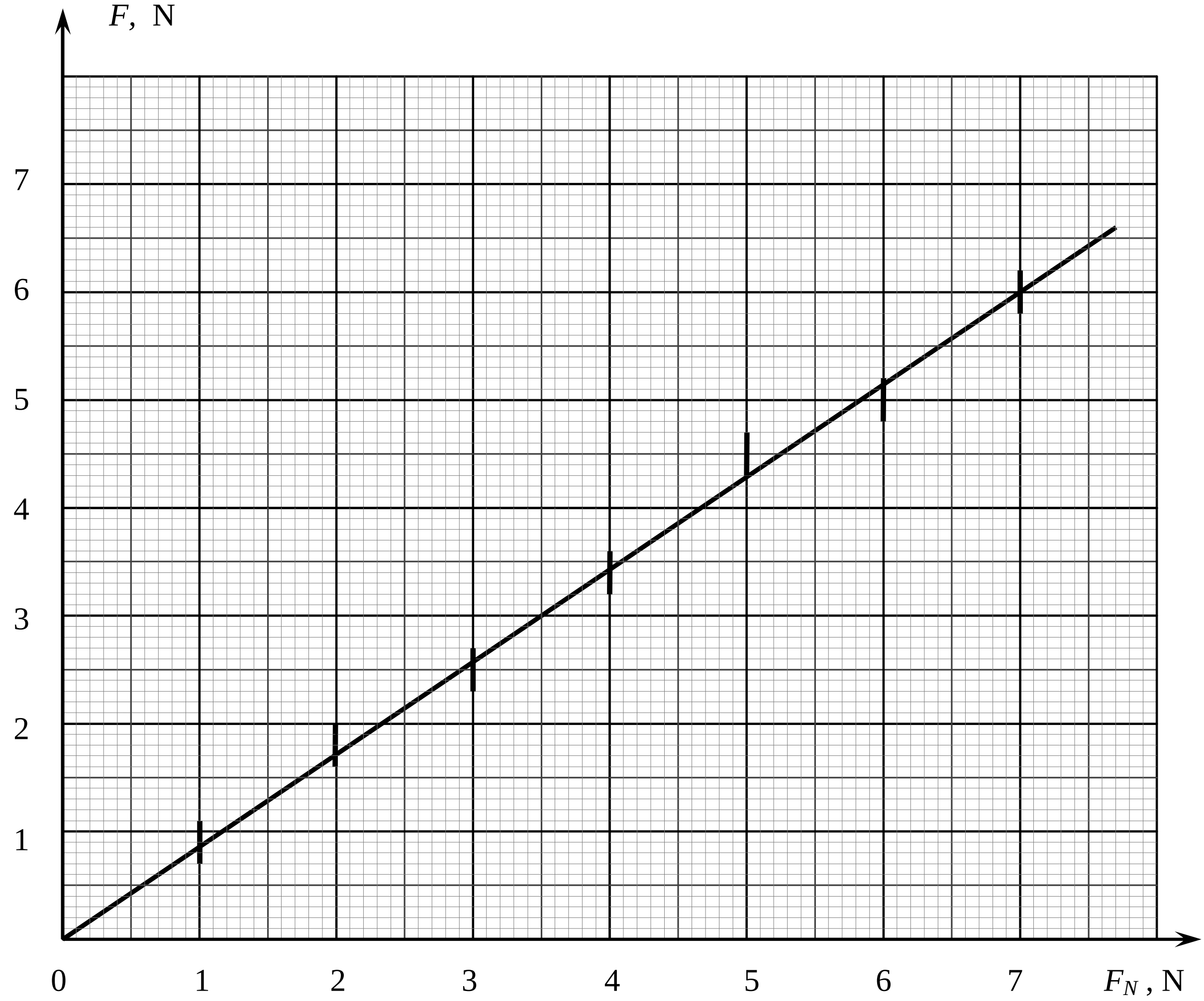
Zadanie 24.2.

Obliczenie pracy wykonanej podczas przesuwania klocka: $W = F \cdot s = 4{,}5\ \mathrm{N} \cdot 0{,}2\ \mathrm{m} = 0{,}9\ \mathrm{J}$.

Należy zauważyć, że wartość prędkości klocka nie zmienia się, więc nie zmienia się jego energia kinetyczna. Wykonana praca jest zużywana na pokonanie tarcia.

Zadanie 24.3.

Z tekstu zadania wynika, że wartość siły nacisku ustalano na podstawie wiedzy o ciężarze klocków. Wartości sił nacisku nie mają niepewności pomiarowych.
Niepewności pomiarowe siły napędzającej należy zaznaczyć do każdego punktu pomiarowego.
Po naniesieniu niepewności pomiarowych należy wykreślić prostą najlepszego dopasowania.

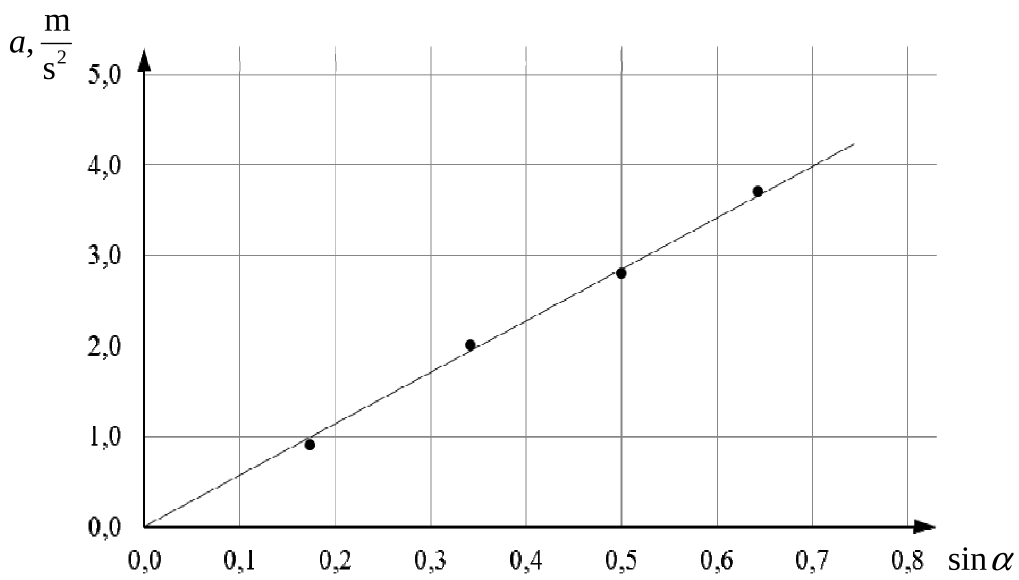


Odczytanie danych pomiarowych z wykresu polega na wybraniu współrzędnych leżących na prostej najlepszego dopasowania.
W podanym przykładzie rozwiązania wybrano: wartość siły nacisku 4 N, wartość siły tarcia 3,4 N.
Dane wstawiono do wzoru na współczynnik tarcia i obliczono jego wartość:

$$f = \frac{F}{F_N} = \frac{3{,}4\ \mathrm{N}}{4\ \mathrm{N}} = 0{,}85\,.$$

Zadanie 25.

A. Należy wyskalować osie wykresu odpowiednio do wartości zapisanych w tabeli. Osie należy opisać, podając symbol wielkości fizycznej i jej jednostkę. Po zaznaczeniu punktów należy narysować linię prostą, która przechodzi przez punkty lub jak najbliżej punktów (prosta najlepszego dopasowania).



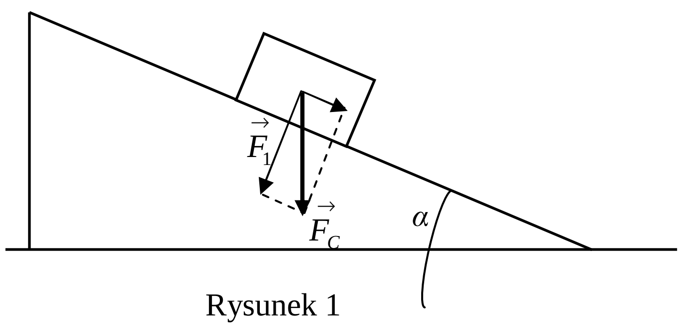
B. Ponieważ prosta przechodzi przez początek układu współrzędnych, to w celu obliczenia współczynnika kierunkowego, należy odczytać z wykresu współrzędne dowolnego punktu leżącego na prostej i skorzystać ze wzoru: $A = \frac{y-0}{x-0} \approx \frac{2}{0{,}35} \approx 5{,}7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Po przekształceniu wzoru $A = \frac{g}{k+1}$ otrzymujemy współczynnik:

$$k = \frac{g}{A} - 1 = \frac{9{,}81\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{5{,}7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} - 1 \approx 0{,}72$$

Dopuszczalne są inne (zbliżone) wartości współczynnika *A*, ale wartość współczynnika *k* musi być obliczona poprawnie dla danej wartości *A* wyznaczonej z wykresu.
Wartość współczynnika większa od 0,5 oznacza, że walec był wydrążony.

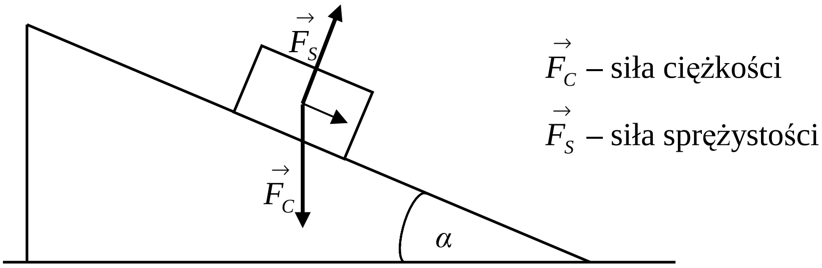
Zadanie 26.1.
Na wózek poruszający się po nachylonym torze działa skierowana pionowo w dół siła ciężkości $\vec{F}_C$. Aby narysować wszystkie siły działające na wózek, najpierw należy siłę ciężkości $\vec{F}_C$, rozłożyć na dwie składowe: składową działającą prostopadle i składową działającą równolegle do powierzchni toru powietrznego (patrz rysunek 1).



Rysunek 1

Składowa prostopadła $\vec{F}_1$ dociska wózek do toru, więc zgodnie z III zasadą dynamiki, tor działa na wózek siłą sprężystości $\vec{F}_S$, która jest równa, co do wartości, sile nacisku $\vec{F}_1$, ale ma przeciwny zwrot.

Ostatecznie na wózek działają dwie siły: siła ciężkości $\vec{F}_C$ i siła sprężystości $\vec{F}_S$. Wypadkowa tych dwóch sił powoduje ruch wózka po torze (patrz rysunek 2).



Rysunek 2

Zadanie 26.3.
Zgodnie z założeniami w zadaniu wózek porusza się po torze ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej. Zatem drogę przebytą przez wózek przedstawia równanie $s = \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}$, skąd po przekształceniu otrzymamy równanie umożliwiające obliczenie przyspieszenia $a = \frac{2 \cdot s}{\Delta t^2}$. Korzystając z danych przedstawionych w tabeli i kalkulatora, obliczamy wartość przyspieszenia na poszczególnych odcinkach toru.

Nr pomiaru	1	2	3	4	5
Długość odcinka drogi (m)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Czas przebycia odcinka drogi (s)	2,26	3,21	3,95	4,58	5,16
Obliczona wartość przyspieszenia wózka $\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$	0,098	0,097	0,096	0,095	0,094

Wartość średnia przyspieszenia jest sumą wartości przyspieszeń dla 6 pomiarów podzieloną przez liczbę pomiarów.

$$a_{śr} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5} = \frac{0{,}098 + 0{,}097 + 0{,}096 + 0{,}095 + 0{,}094}{5} = \frac{0{,}481}{5} \approx 0{,}096 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Zgodnie z założeniem w zadaniu 26.2.: $g = a\frac{l}{h}$,

zatem: $g_{śr} = a_{śr} \cdot \frac{l}{h} = 0{,}096 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \frac{1\,\mathrm{m}}{0{,}01\,\mathrm{m}} = 9{,}6 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Zadanie 26.4.
Wózek porusza się wraz z tarczą odbijającą ultradźwięki. Na wózek wraz z tarczą podczas ruchu działa siła oporu wynikająca głównie z obecności tarczy, której powierzchnia jest prostopadła do kierunku ruchu.

Wraz ze wzrostem odcinka drogi, po której porucza się wózek rośnie również średnia prędkość, z jaką porusza się wózek.
Ponieważ siła oporu powietrza jest proporcjonalna do prędkości, zatem przy dłuższych odcinkach toru siła oporu wzrasta, powodując tym samym zmniejszenie przyspieszenia ruchu wózka.

Zadanie 26.5.
Tarczę odbijającą ultradźwięki można potraktować jako źródło impulsu fali ultradźwiękowej o pewnej częstotliwości (wynikającej z odbicia fali emitowanej przez głośnik). Wózek w trakcie ruchu zbliża się do czujnika ultradźwiękowego z coraz większą prędkością. Zatem korzystając z równania opisującego zjawisko Dopplera dla przedstawionej sytuacji, można zapisać jego następującą postać:

$$f' = f_{źr} \cdot \frac{v_{dź}}{v_{dź} - u_{źr}}.$$

Przy wzroście prędkości źródła fali $u_{źr}$ mianownik przedstawionego równania ma coraz mniejszą wartość, zatem ułamek ma wartość coraz większą, a zatem częstotliwość fali jest coraz większa.

Zadanie 27.1.
Wieszak pozostanie w równowadze (przyjmując pozycję poziomą), jeśli momenty sił działających na wieszak zrównoważą się. Zatem moment siły, z jakim na wieszak działa ciężarek, jest równy momentowi siły, z jakim na wieszak działa słonik.
Wartości momentów sił dla ciężarka i słonika jest równy iloczynowi ich siły ciężkości i długości ramion działania tych sił, czyli:
$m_c \cdot g \cdot r_c = m_s \cdot g \cdot r_s$, skąd po przekształceniu:

$$m_s = \frac{m_c \cdot r_c}{r_s} \qquad \left[\frac{\mathrm{g \cdot cm}}{\mathrm{cm}} = \mathrm{g}\right]$$

$$m_s = \frac{50 \cdot 13}{18} \approx 36\,\mathrm{g}.$$

Zadanie 27.2.
Po zanurzeniu słonika w wodzie (oprócz siły ciężkości) będzie działać również na niego, skierowana pionowo do góry siła wyporu wody.
Warunek równowagi momentów sił ma w tej sytuacji postać:
$m_c \cdot g(r_c - \Delta r) = r_s(m_s \cdot g - \rho_w \cdot g \cdot V)$, gdzie Δr =1,5 cm.
Z równania tego można wyznaczyć objętość słonika:

$$V = \frac{r_s \cdot m_s - m_c(r_c - \Delta r)}{\rho_w \cdot r_s} \qquad \left[\frac{\mathrm{cm \cdot g}}{\mathrm{cm} \cdot \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm^3}}} = \mathrm{cm^3}\right]$$

$$V = \frac{18 \cdot 36 - 15 \cdot (13 - 1{,}5)}{18 \cdot 1} \approx 4{,}1\,\mathrm{cm^3}.$$

Zadanie 27.3.
Objętość mosiądzu (V) będącego stopem pewnej objętości miedzi V_1 i cynku V_2 możemy przedstawić jako:

(1) $V = V_1 + V_2$.

Natomiast masę (m) mosiądzu jako:

(2) $m = V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2$,

gdzie ρ_1 i ρ_2 są odpowiednio gęstościami miedzi i cynku.

Rozwiązując układ równań (1) i (2), w których niewiadomymi są (V_1) i (V_2), wyznaczamy objętość miedzi (V_1).

$$V_1 = \frac{m - V \cdot \rho_2}{(\rho_1 - \rho_2)}$$

Szukaną wielkością (x) jest stosunek objętości miedzi do objętości mosiądzu, zatem:

$$x = \frac{V_1}{V} = \frac{m - V \cdot \rho_2}{V \cdot (\rho_1 - \rho_2)} \qquad \left[\frac{\mathrm{g} - \mathrm{cm}^3 \cdot \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}}{\mathrm{cm}^3 \cdot \left(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} - \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \right)} = 1 \right]$$

$$x = \frac{36 - 4{,}1 \cdot 7{,}2}{4{,}1 \cdot (8{,}9 - 7{,}2)} \approx 0{,}93.$$

Zadanie 27.4.

Do odchylenia wieszaka o pewien kąt od położenia równowagi (pozycji poziomej) na wieszak musi działać określony niezrównoważony moment siły.

Zmniejszenie odległości zamocowania sznurków, na których zawieszony jest ciężarek i słonik, spowoduje zmniejszenie wartości momentów sił, z jakimi ciężarek i słonik działają na wieszak (dźwignia dwustronna).

Kąt odchylenia wieszaka (a tym samym dokładność pomiaru) od pozycji poziomej będzie w tej sytuacji mniejszy.

Zadanie 27.5.

1. Zmiana punktu mocowania nici z położenia A na położenie B spowoduje również zmianę położenia środka masy wieszaka względem punktu zaczepienia wieszaka.
2. Siły naciągu nici, na których zawieszono ciężarek i słonika, są po ustaleniu położenia równowagi (zgodnie z I zasadą dynamiki) odpowiednio równe ciężarowi ciężarka i słonika, zatem nie ulegną zmianie.
3. Powyżej punktu B znajdzie się masa haczyka wieszaka, natomiast poniżej punktu B znajdować się będzie pozostała część wieszaka o zdecydowanie większej masie w porównaniu z masą haczyka. Zatem środek masy wieszaka leży na pewno poniżej punktu B.

Zadanie 28.1.

Należy wyskalować osie wykresu odpowiednio do wartości zapisanych w tabeli. Osie należy opisać podając symbol wielkości fizycznej i jej jednostkę. Następnie obliczyć średnie czasy, obliczyć kwadraty średnich czasów. Po zaznaczeniu punktów trzeba nanieść niepewności pomiarowe, narysować linię, która przechodzi przez punkty lub jak najbliżej punktów (prosta najlepszego dopasowania).

Nie należy rysować linii łamanej złożonej z odcinków, gdyż większość zjawisk obserwowanych w przyrodzie jest opisywana funkcjami gładkimi.

Zadanie 28.2.

W tym zadaniu wyznaczenie wartości przyspieszenia ziemskiego związane jest z obliczeniem współczynnika kierunkowego opisanej prostej (tangensa kąta nachylenia prostej do osi kwadratów czasów). Zakładamy, że ruch kropel traktujemy jako spadek swobody, a zatem poruszają się one ruchem jednostajnie przyspieszonym.

Pamiętając o zależności opisującej drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$, wartością funkcji jest wysokość h, a argumentem t^2, zatem współczynnikiem kierunkowym a (odpowiadającym tangensowi nachylenia prostej do osi OX) będzie $a = \frac{g}{2}$. Na koniec należy pamiętać o podwojeniu wartości tangensa kąta nachylenia prostej do osi OX.

Zadanie 28.3.
Przyczynami występowania niepewności pomiarowych w tym doświadczeniu są: opory powietrza występujące w czasie wykonywania doświadczenia, niedokładności przy kreśleniu prostej najlepszego dopasowania i zbyt mała liczba pomiarów czasu spadania kropel.

Zadanie 28.4.
Można wykorzystać doświadczenie wraz z wynikami, np. z użyciem wahadła matematycznego, które pozwala precyzyjnie wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego, przy uwzględnieniu okresu drgań tegoż wahadła opisanego zależnością: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

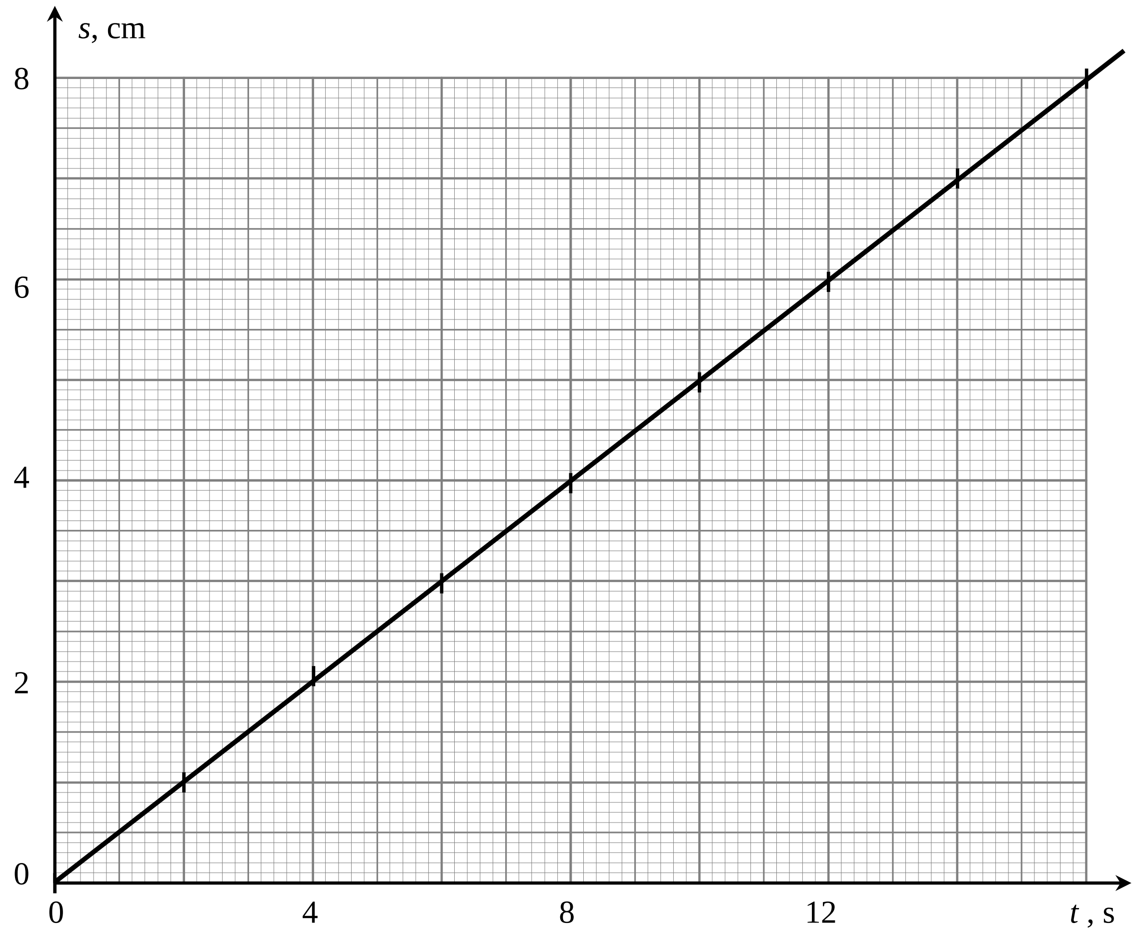
W przypadku tego doświadczenia pomiar wielu okresów drgań ma istotny wpływ na wynik (zmniejszamy niepewność pomiaru wynikającą z czasu reakcji przy używaniu np. stopera).
Tabela pomiarowa powinna zawierać mierzone wielkości i ich wielokrotności:

Lp.	$5T$	T
1.		
2.		

Ponadto, trzeba pamiętać o kolejności wykonywanych czynności.
1. Wykonanie (przygotowanie) wahadła matematycznego.
2. Pomiar jego długości.
3. Wprowadzenie w drgania wahadła.
4. Pomiar wielokrotnego okresu drgań wahadła.

Zadanie 29.1.
1. Kropki układają się wzdłuż linii prostej.
2. Odległość między skrajnymi kropkami jest drogą przebytą przez pojazd.
3. W tekście nie ma informacji na temat zwrotu prędkości pojazdu. Zaznaczone kropki mogły powstać zarówno podczas ruchu jednostajnie przyspieszonego, jak i jednostajnie opóźnionego.

Zadanie 29.2.
Należy wyskalować osie tak, aby można było zaznaczyć wszystkie punkty pomiarowe oraz ich niepewności. Po wyskalowaniu osi należy nanieść na wykres punkty pomiarowe. Niepewności pomiarowe można było zaznaczyć tylko dla czasu.
Następnie należy narysować prostą najlepszego dopasowania, czyli prostą przechodząca przez jak największą liczbę punktów pomiarowych.



Odczytanie danych pomiarowych z wykresu polega na wybraniu współrzędnych leżących na prostej najlepszego dopasowania. Powinno się wybierać punkty leżące w górnej połowie prostej. Taki sam błąd w odczycie wielkości *t* oraz *s* w dolnej oraz górnej części wykresu spowodują większy błąd w wyniku dla danych z dolnej części wykresu.
W podanym przykładzie rozwiązania wybrano: $t = 8\,\mathrm{s}$ oraz $s = 4\,\mathrm{cm}$.
Po podstawieniu do wzoru na prędkość, obliczono jej wartość:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{4\,\mathrm{cm}}{8\,\mathrm{s}} = 0{,}5\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}.$$

Zadanie 29.3.
Z narysowanej prostej najlepszego dopasowania należy odczytać odpowiednie współrzędne. Na przykład: $t^2 = 80\mathrm{s}^2$ oraz $2s = 40$ mm

Wzór na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$, należy przekształcić do postaci: $a = \frac{2s}{t^2}$.

Po wstawieniu danych odczytanych z wykresu otrzymano:

$$a = \frac{40 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{80\,\mathrm{s}^2} = 5{,}00 \cdot 10^{-4}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Zadanie 29.4.
Zgodnie z definicją prędkość średnia jest to stosunek całej drogi przebytej przez ciało do całkowitego czasu trwania ruchu.

Z wykresu zależności prędkości od czasu można wyznaczyć drogę pokonaną przez pojazd w czasie 10 s ruchu. Jest ona równa liczbowo polu pod wykresem prędkości: $s = 14\ \text{cm}$.

Wartość prędkości średniej pojazdu wynosi: $v = \frac{s}{t} = \frac{14\ \text{cm}}{10\ \text{s}} = 1{,}4\ \frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Zadanie 30.1.

1. Podstawy fizyczne działania tensometru i akcelerometru są takie same, ponieważ oba przyrządy mierzą wartość siły działającej na układ pomiarowy.
2. Akcelerometr można wyskalować w jednostkach przyspieszenia kątowego, czyli w $\frac{1}{\text{s}^2}$, ponieważ podczas zmiany prędkości kątowej pojawia się siła odśrodkowa bezwładności działająca na układ pomiarowy akcelerometru zależna od tego, jak zmienia się prędkość kątowa.
3. Akcelerometr zainstalowany na orbitalnej stacji kosmicznej nie może mierzyć przyspieszenia dośrodkowego, ponieważ na stacji kosmicznej występuje zjawisko nieważkości. W stanie nieważkości na masę pomiarową nie działają żadne siły i akcelerometr wskaże 0.

Zadanie 30.2.

Akcelerometr wskazuje wartość przyspieszenia obiektu. Rejestruje on więc przyspieszenia związane z występowaniem sił bezwładności.
Akcelerometr będzie więc działał poprawnie zarówno w przypadku zmniejszonego jak i zwiększonego natężenia pola grawitacyjnego / przyspieszenia grawitacyjnego, a także nawet w stanie nieważkości.
Gdyby zatem astronauta na Księżycu chciał skorzystać z akcelerometru wyskalowanego na Ziemi, to mógłby go używać na Księżycu bez żadnych przeróbek i zmian czułości.

Zadanie 30.3.

W spoczywającej rakiecie mimo działania siły grawitacji akcelerometr będzie wskazywał zero, ponieważ masa pomiarowa akcelerometru spoczywa i nie działa na nią siła bezwładności.
Gdy rakieta przyspiesza, to na masę pomiarową akcelerometru zaczyna działać siła bezwładności proporcjonalna do przyspieszenia rakiety.
Jeżeli rakieta w pewnej chwili startuje z Ziemi pionowo w górę z przyspieszeniem 2 g, to na masę czujnika akcelerometru działa siła bezwładności równa podwojonemu ciężarowi tej masy na Ziemi i dlatego wskazania akcelerometru będą równe 2 g.
Akcelerometr wskazuje zatem wartość przyspieszenia obiektu.
Akcelerometr będzie więc działał poprawnie również w stanie nieważkości, rejestrując związane z tym występowanie sił bezwładności i mierząc zmiany prędkości rakiety opisane jej przyspieszeniami.

Zadanie 30.4.

Analiza wyników wskazań akcelerometru (wykresu zależności przyspieszenia samochodu od czasu) pozwala ustalić i zapisać informacje o przyspieszeniach w kolejnych etapach ruchu (patrz tabela poniżej).
Podczas analizy wykresu należy zwrócić uwagę zarówno na wartość przyspieszenia (dodatnia/ujemna), która pozwala określić, czy ruch był *przyspieszony*, czy *opóźniony*, jak i na to, czy wartość przyspieszenia jest stała, czy zmienia się w czasie. Pozwala to ustalić, czy ruch był *jednostajnie zmienny*, czy *niejednostajnie zmienny*.

Etap	Przyspieszenie jest	Rodzaj i charakter ruchu
I	dodatnie i stale rośnie	przyspieszony, niejednostajnie zmienny
II	dodatnie i ma stałą wartość	przyspieszony, jednostajnie zmienny
III	dodatnie, ale stale maleje	przyspieszony, niejednostajnie zmienny
IV	ujemne, a jego wartość bezwzględna rośnie	opóźniony, niejednostajnie zmienny
V	ujemne, a jego wartość bezwzględna maleje	opóźniony, niejednostajnie zmienny

Zadanie 31.1.
1. Siła tarcia nie zależy od wielkości powierzchni zetknięcia ciała z podłożem. Jest ona proporcjonalna do siły nacisku N ciała na podłoże, zgodnie z równaniem $T = \mu \cdot N$.
2. Siłą powodującą przezwyciężenie siły sprężystości sprężyn i dosunięcie ciężarków do bębna jest siła odśrodkowa. Siłę tę opisuje równanie: $F = \frac{m \cdot v^2}{r}$. W opisanej sytuacji jej wartość zależy od masy i prędkości ciężarka (r jest stałe). Zatem jeśli masa ciężarka będzie większa, to jego prędkość może być mniejsza.
3. Hamowanie i zmniejszanie prędkości skutera spowoduje, że bęben oraz walec napędzany przez silnik będą obracać się z coraz mniejszą prędkością obrotową. Przy odpowiednio małej prędkości obrotowej sprężyny odciągną ciężarki od powierzchni bębna. W konsekwencji bęben się zatrzyma, lecz walec z ciężarkami będzie mógł się obracać swobodnie.

Zadanie 31.2.
Siłę tarcia przedstawia równanie:
(1) $F_T = N \cdot \mu$.
Siłą nacisku jest siła odśrodkowa działająca na ciężarek poruszający się po okręgu:
(2) $N = \frac{m \cdot v^2}{r}$.
Wartość prędkości liniowej w ruchu po okręgu:
(3) $v = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot f$
Wstawiając równanie (3) do (2) i dalej (2) do (1) oraz dokonując odpowiednich uproszczeń, otrzymamy:
$F_T = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r \cdot m \cdot \mu$.

Zadanie 31.3.
A. Wartości prędkości liniowej każdego ogniwa łańcucha są jednakowe, ponieważ nie ulega on rozciąganiu, ani skracaniu podczas obracania się kół. Zatem punkty na obwodach kół zębatych poruszają się z taką samą wartością prędkości liniowej.
B. Wartości sił, z jakimi łańcuch działa na oba koła zębate, są jednakowe. Jednak momenty sił działających na oba koła zębate są różne, ponieważ ramiona działania sił (promienie obu kół) są różne, a wartości sił są jednakowe $r \cdot F < R \cdot F$.
C. Częstotliwość obrotu kół zębatych jest zależna od ich średnicy, ponieważ prędkości liniowe punktów leżących na obwodzie kół są jednakowe, zatem $f_1 = \frac{v}{2\pi \cdot r} \neq \frac{v}{2\pi \cdot R} = f_2$.
D. Prędkości kątowe obu kół nie są takie same, ponieważ prędkości liniowe punktów leżących na obwodzie kół są jednakowe, a promienie obu kół są różne, zatem $\omega_1 = \frac{v}{r} \neq \frac{v}{R} = \omega_2$.

Zadanie 31.4.
Zmiana promienia bębna lub walca z nawiniętą liną spowoduje zmianę wartości prędkości liniowej, z jaką poruszają się ciężarki, co wpłynie na wartość siły tarcia pomiędzy ciężarkami i bębnem oraz spowoduje zmianę prędkości poruszania się opuszczanego ciężaru.
Zmiana masy opuszczanego ciężaru spowoduje zmianę momentu siły działającej na walec, pociągnie to za sobą zmianę częstotliwości obrotów walca i w konsekwencji zmianę wartości siły tarcia pomiędzy ciężarkami i bębnem. Zmieni się zatem prędkość opuszczanego ciężaru.
Przyjmując, że lina ma znikomo małą masę, jej długość nie będzie miała żadnego wpływu na wartości momentów sił działających w opisanym układzie.
Zmiana liczby ciężarków spowoduje, że zmieni się „liczba” sił tarcia działających na powierzchnię bębna, co spowoduje zmianę wartości momentów sił działających na walec oraz w konsekwencji zmianę wartości prędkości opuszczanego ciężaru.
Siła naciągu liny (po ustaleniu się warunku równowagi momentów sił działających na walec i prędkości poruszania się opuszczanego ciężaru) ma stałą wartość.

Zadanie 32.1.
Zarówno planetoida Ceres, jak i Ziemia poruszają się po orbitach wokół Słońca, zatem korzystając z III prawa Keplera, można zapisać: $\frac{T_Z^2}{r_Z^3} = \frac{T_C^2}{r_C^3}$,

gdzie T_Z i r_Z oraz T_C i r_C są odpowiednio okresami obiegu po orbicie oraz promieniami orbit Ziemi i planetoidy Ceres. Zatem: $T_C = T_Z \cdot \sqrt{\frac{r_C^3}{r_Z^3}}$

$$T_C = 1\,\text{rok} \cdot \sqrt{\frac{(2{,}27\,\text{j.a.})^3}{(1\,\text{j.a.})^3}} = 1\,\text{rok} \cdot \sqrt{(2{,}27)^3} = 3{,}4\,\text{lat}.$$

Zadanie 32.2.
1. Maksymalna siła ciągu silników sondy jest równa sile ciągu 3 silników jonowych i 12 silników korekcyjnych, zatem: $F_c = 3 \cdot 91\,\text{mN} + 12 \cdot 0{,}9\,\text{N} \approx 11{,}1\,\text{N}$.

Aby możliwe było uniesienie sondy z powierzchni Ziemi, siła ciągu silników musi być równa co najmniej ciężarowi sondy na powierzchni Ziemi. Ciężar ten wynosi:

$$Q_C \approx 1218\,\text{kg} \cdot 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 12\,\text{kN}.$$

Zatem siła ciągu wszystkich silników jest zbyt mała, aby umożliwić start sondy z powierzchni Ziemi.
2. Ponieważ sonda po starcie z powierzchni Ziemi kieruje się docelowo ku planecie Ceres, jej odległość od Słońca zmieniać się będzie z 1 j.a. do 2,27 j.a. Przy wzroście odległości od Słońca energia światła słonecznego padającego na powierzchnię baterii słonecznych będzie malała, zatem malała będzie również ich moc.
3. Ponieważ Westa i Ceres poruszają się po orbitach o różnych promieniach, ich względne położenie ulega zmianie. Po opuszczeniu orbity Westy sonda nie może kierować się w tym momencie wzdłuż prostej łączącej obie planety.

Zadanie 32.3.
Przyspieszenie sondy możemy obliczyć ze wzoru: $a = \frac{F}{m}$.

Ponieważ licznik ułamka jest stały (siła ciągu silników nie ulega zmianie), a mianownik maleje (podczas pracy silników jest zużywane paliwo – ksenon), zatem wartość przyspieszenia będzie rosła.

Zadanie 32.4.

Pierwszą prędkość kosmiczną należy obliczyć ze wzoru $v_I = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$, gdzie M i R to odpowiednio masa i promień planety.
Ponieważ nie jest bezpośrednio podana masa planety Ceres, można ją wyrazić, przyjmując jej kształt za kulisty i korzystając z definicji gęstości, wzorem: $M = \rho \cdot V = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{3}$.
Promień planety można ustalić, korzystając z informacji o średnicy planety (950 km) zawartej w tekście wstępnym R = 475 km.

$$v_I = \sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot R^3 \cdot \rho}{R}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot G \cdot \rho \cdot R^2}{3}} \qquad \left[\sqrt{\frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \cdot \mathrm{m^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

$$v_I = \sqrt{\frac{4\pi \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 2700 \cdot 475000^2}{3}} \approx 413\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 33.1.
Należy narysować tylko te siły, które podano w treści zadania. Siła ciężkości jest przyłożona w środku ciężkości zaznaczonym na rysunku, a siły reakcji podłoża działają na opony w miejscu ich styku z podłożem. Siła napędowa przyłożona jest do kół przedniej osi. Koła nie ślizgają się po podłożu, siłą napędową jest siła tarcia statycznego, z jaką podłoże działa na przednie koła (patrz tekst). Siły działające w kierunku pionowym powinny się równoważyć, czyli $R_1 + R_2 = Q$. Wartości sił reakcji $R_1 > R_2$, ponieważ przednia oś jest bliżej środka ciężkości samochodu (patrz rysunek).

Zadanie 33.2.

Zgodnie z II zasadą dynamiki $a = \frac{F_{\mathrm{w}}}{m}$, gdzie F_{w} jest siłą wypadkową. Siłą napędową jest siła tarcia $T \le T_{\max} = \mu \cdot N$ (patrz tekst), która może przyjąć większą wartość, gdy samochód rusza na asfalcie, ponieważ dla tej powierzchni współczynnik tarcia jest większy.

Zadanie 33.3.
Należy zastosować I zasadę dynamiki Newtona, ponieważ samochód pozostaje w spoczynku. Siły $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$, $\vec{Q}$ działające na samochód oraz momenty tych sił muszą się równoważyć. Momenty sił można określić względem dowolnego punktu, jednak prosty układ równań otrzymamy wtedy, gdy będzie to punkt przyłożenia jednej z sił, np. siły ciężkości.

$$R_1 \cdot l_1 = R_2 \cdot l_2$$

$$R_1 + R_2 = Q$$

Rozwiązując układ równań, otrzymujemy $R_1 \approx 6286\,\mathrm{N}$ i $R_2 \approx 5714\,\mathrm{N}$.

Zadanie 33.4.
1. Przyspieszenie zależy od siły napędowej, którą jest siła tarcia. Siła tarcia działająca na koła przedniej osi zależy od siły nacisku kół na podłoże. Pasażer siedzący z przodu zwiększa ten nacisk, a po przesiadce na tylne siedzenie zmaleje siła tarcia, czyli siła napędowa, co zmniejszy maksymalne przyspieszenie samochodu.
2. Po włączeniu napędu na 4 koła siła napędowa wzrośnie. Zgodnie z II zasadą dynamiki wzrośnie też maksymalne przyspieszenie samochodu.
3. Gdy koła zostaną zablokowane i nie będą się obracać, lecz ślizgać po powierzchni, to tarcie statyczne zmieni się w tarcie kinetyczne, dla którego współczynnik tarcia jest mniejszy. Mniejsza siła hamująca zmniejszy skuteczność hamowania.

Zadanie 34.1.
1. Pionowy kierunek działania siły ciężkości przechodzi przez punkt styczności zabawki z podłożem, a to oznacza, że kąt między siłą ciężkości i jej ramieniem wynosi 0°, czyli moment siły jest równy 0.
2. Przechylona w prawo zabawka powraca do położenia pionowego, czyli siła ciężkości ma moment obracający zabawkę w lewo. Punkt przyłożenia siły ciężkości musi znajdować się po lewej stronie punktu styczności zabawki z podłożem.
3. Zabawka odchylona w prawo powracając do położenia równowagi odchyli się na jeszcze w lewo, następnie znów w prawo i tak kilka razy, aż siły oporu spowodują zatrzymanie się zabawki. Zabawka wykona więc kilka wahnięć wokół pozycji pionowej.

Zadanie 34.2.
Należy zauważyć, że masa kulek o takiej samej gęstości zależy od ich objętości, która jest proporcjonalna do trzeciej potęgi promienia kulki. Jeżeli przyjmiemy, że masa najmniejszej kulki o promieniu R jest równa m, to masa kulki o promieniu $2R$ jest równa $8m$, a kulki o promieniu $3R$ jest równa $27m$.

Środek masy zabawki obliczamy ze wzoru: $x = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$

$$x = \frac{3R \cdot 27m + 8R \cdot 8m + 11R \cdot m}{27m + 8m + m} = \frac{156R}{36} = \frac{156 \cdot 3\,\text{cm}}{36} = 13\,\text{cm}.$$

Zadanie 34.3.
Zabawka, powracając do pozycji pionowej, powinna obrócić się w lewo. Jest to możliwe wtedy, gdy środek ciężkości zabawki będzie po lewej stronie punktu styczności zabawki z podłożem.

Zadanie 35.1.
W trakcie ruchu żyrobusu energia kinetyczna ruchu obrotowego wirnika stopniowo maleje, gdyż zamieniana jest na energię kinetyczną pojazdu.
Należy więc obliczyć różnicę między początkową i końcową energią wirnika. Aby to zrobić, należy obliczyć moment bezwładności wirnika i wartości prędkości kątowych wirnika – początkową i końcową. Potrzebne dane umieszczone są w tekście wstępnym oraz w treści zadania.
$\omega_1 = 2\pi f_1, \qquad \omega_2 = 2\pi f_2$

$f_1 = 3000\,\frac{\text{obr}}{\text{min}} = 50\text{ Hz},\qquad f_2 = 2100\,\frac{\text{obr}}{\text{min}} = 35\text{ Hz}$

$I = \frac{m\cdot R^2}{2}$, $R = 0{,}8\text{ m}$, $E_k = \frac{I\cdot\omega^2}{2}$

$\Delta E_K = \frac{I\cdot\omega_1^2}{2} - \frac{I\cdot\omega_2^2}{2} = \frac{m\cdot R^2}{2\cdot 2}4\pi^2(f_1^2 - f_2^2)\ \left[\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}\cdot\text{m} = \text{N}\cdot\text{m} = \text{J}\right]$

$\Delta E_k = \frac{1500\cdot(0{,}8)^2}{4}\cdot 4\cdot 3{,}14^2(50^2 - 35^2) \approx 12\text{ MJ}$

Zadanie 35.2.

Zwiększenie zasięgu pojazdu zostanie osiągnięte, gdy zostanie zwiększona energia zmagazynowana w kole zamachowym $E_k = \frac{I\cdot\omega^2}{2}$. W treści zadania zapisano, które wielkości nie mogą ulec zmianie, czyli: masa, promień i maksymalna częstotliwość wirowania.
Wynika stąd, że cel zostanie osiągnięty, gdy wzrośnie moment bezwładności koła zamachowego. Należy zatem zmienić kształt koła zamachowego tak, by było cieńsze w środku, a grubsze przy obwodzie. Spowoduje to wzrost jego momentu bezwładności, a tym samym zgromadzonej w nim energii.

Zadanie 35.3.

Należy prześledzić opisane w tekście wstępnym przemiany energii w trakcie eksploatacji żyrobusu. Można najpierw wypełnić w diagramie miejsca dotyczące rodzajów energii
rodzaj energii:
1. elektryczna, 2. energia kinetyczna koła zamachowego, 3. energia mechaniczna żyrobusu:

1	→		→	2	→		→	1	→		→	3
Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii

a następnie uzupełnić miejsca dotyczące urządzeń, w których przemiany energii się odbywają (urządzenie: A. silnik elektryczny, B. generator prądu (prądnica)):

1	→	A	→	2	→	B	→	1	→	A	→	3
Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii

Zadanie 36.1.

Jeżeli w podanym w treści zadania wzorze $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$ obie strony równania zostaną podniesione do kwadratu i przekształcimy to równanie do postaci: $D = 4\pi^2\,\frac{I}{T^2}$,

to, ponieważ moment bezwładności $I \approx m\cdot r^2$, możemy zapisać: $[D] = \left[\frac{I}{T^2}\right] = \left[\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}\right]$.

Ponieważ drgania wahadła torsyjnego można opisać wzorem $M = -D\cdot\alpha$, zatem po przekształceniu: $D = -\frac{M}{\alpha}$, gdzie przez M oznaczono moment siły, a α jest kątem mierzonym w radianach.

Analizując jednostki, można zapisać $[D] = \left[\frac{M}{\alpha}\right] = \left[\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{rad}}\right]$.

Zadanie 36.2.

Jeżeli mamy porównać drgające wahadło sprężynowe i torsyjne, to można zapisać następujące analogie między podstawowymi wielkościami fizycznymi i wzorami dla obu wahadeł.

Wahadło sprężynowe	Wahadło torsyjne
chwilowe wychylenie z położenia równowagi x $x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$	chwilowy kąt skręcenia α $\alpha = \alpha_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$
maksymalne wychylenie z położenia równowagi A	maksymalny kąt skręcenia α_{max}
współczynnik sprężystości k	moment kierujący dla tego wahadła D
prędkość liniowa ciężarka v	prędkość kątowa bryły ω
przyspieszenie liniowe ciężarka a	przyspieszenie kątowe bryły ε
okres drgań $T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$	okres drgań $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$
energia potencjalna $E_p = 0{,}5\, k\cdot x^2$	energia potencjalna $E_p = 0{,}5\, \mathrm{D}\cdot\alpha^2$

Zadanie 36.3.

Drganie wahadła torsyjnego jest spowodowane sprężystością pręta i występowaniem momentu siły M, proporcjonalnego do kąta skręcenia α, starającego się obrócić bryłę ponownie do położenia równowagi. Związek tych dwóch wielkości można opisać wzorem $M = -\mathrm{D}\cdot\alpha$.

Zmiana natężenia pola grawitacyjnego lub jego brak nie ma więc wpływu na okres drgań. Gdyby możliwe było przeniesienie wahadła torsyjnego z Ziemi na Księżyc, to okres drgań takiego wahadła na Księżycu porównany z okresem drgań na Ziemi byłby taki sam, ponieważ po przeniesieniu na Księżyc masa zawieszonej na pręcie bryły i sprężystość pręta nie uległa zmianie.

Na Księżycu, w stanie zmniejszonego ciążenia, jest możliwe doprowadzenie wahadła torsyjnego do drgań bez zmiany okresu, w porównaniu z okresem drgań na Ziemi, ponieważ decyduje o nich działanie momentu siły, pochodzącego od sprężystego pręta, a nie jak w przypadku wahadła matematycznego działanie składowej siły ciężkości lub działanie momentu siły związanego z siłą ciężkości w przypadku wahadła fizycznego.

Zadanie 36.4.

1. Drgania wahadła torsyjnego mogą być przykładem drgań harmonicznych, ponieważ moment siły działający na bryłę jest proporcjonalny do wielkości kąta skręcenia α i dla małych wartości kąta można go opisać wzorem $M = -\mathrm{D}\cdot\alpha$.

Występuje tu pełna analogia do drgań harmonicznych wahadła matematycznego, w którym działająca na wahadło siła (dla małych wartości x) jest proporcjonalna do wychylenia x.

2. Zwiększenie długości pręta w wahadle torsyjnym wpływa na zmianę okresu drgań, ponieważ zmieniają się własności sprężyste pręta, a więc i moment kierujący wahadła. Jest on wielkością stałą, charakterystyczną dla danego pręta, ale zależy od jego rozmiarów oraz materiału z jakiego jest on wykonany (patrz tekst wprowadzający do zadania).
3. Okres drgań wahadła torsyjnego zależy od masy kuli zawieszonej na pręcie, ponieważ we wzorze $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$ występuje moment bezwładności I, który dla kuli jest równy 0,4 $m \cdot r^2$.
4. W stanie nieważkości jest możliwe doprowadzenie wahadła torsyjnego do drgań, ponieważ decyduje o nich działanie momentu siły, pochodzącego od sprężystego pręta, a nie jak w przypadku wahadła matematycznego działanie składowej siły ciężkości lub działanie momentu siły związanego z siłą ciężkości w przypadku wahadła fizycznego.

Zadanie 37.1.
1. Rozkręcona do dużych prędkości obrotowych kula żyrokompasu dąży do utrzymania osi swojego obrotu.
2. Pole magnetyczne nie ma wpływu na kulę żyrokompasu.
3. Skoro pole magnetyczne nie ma wpływu na kulę żyrokompasu, to jego anomalie też nie mają wpływu.

Zadanie 37.2.
Gdy maleje gęstość cieczy, w której pływa kula, to maleje wartość siły wyporu działającej na tę kulę. Wynika to ze wzoru na siłę wyporu: $F_{\mathrm{w}} = \rho_{\mathrm{cieczy}} \cdot g \cdot V$.
Wartość ciężaru kuli nie zmienia się, bo nie zmieniła się masa kuli.

Zadanie 37.3.
Wykonana praca jest równa zmianie energii kinetycznej ruchu obrotowego krążka. Należy więc obliczyć zmianę energii kinetycznej ruchu obrotowego krążka.
Energię kinetyczną ruchu obrotowego można obliczyć, korzystając ze wzoru: $E_{\mathrm{k\,obr}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2$.
Należy wstawić do tego wzoru wartość momentu bezwładności oraz wzór wiążący prędkość kątową z częstotliwością obrotów. Otrzyma się wówczas: $E_{\mathrm{k\,obr}} = \pi^2 \cdot m \cdot R^2 \cdot f^2$.
Po wstawieniu danych do wzoru otrzyma się:
$E_{\mathrm{k\,obr}} = \pi^2 \cdot 0{,}8\ \mathrm{kg} \cdot (0{,}1\ \mathrm{m})^2 \cdot (667\ \mathrm{Hz})^2 = 35{,}1\ \mathrm{kJ}$.
Wykonana praca jest równa zmianie energii kinetycznej ruchu obrotowego krążka, więc wynosi: W = 35,1 kJ.

Zadanie 37.4.
Aby obliczyć ilość ciepła, które wypłynęło z elektrolitu, należy skorzystać ze wzoru:
$Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T$.
Po podstawieniu danych do wzoru otrzyma się: $Q = 4000\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot 8\ \mathrm{kg} \cdot 6\ \mathrm{K} = 192\ \mathrm{kJ}$
Obliczenie szybkości przepływu ciepła: $\frac{Q}{t} = \frac{192\ \mathrm{kJ}}{300\ \mathrm{s}} = 640\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 40.2.
Ponieważ gwóźdź wbija się w puszkę (zderzenie jest niesprężyste), w zderzeniu tym spełniona jest jedynie zasada zachowania pędu, zatem pęd gwoździa przed zderzeniem jest

równy pędowi puszki i gwoździa po zderzeniu, czyli: $m \cdot v_0 = u \cdot (M + m)$, skąd można wyznaczyć prędkość puszki z wbitym gwoździem: $u = \frac{m \cdot v_0}{M + m}$.

Energię kinetyczną puszki z wbitym gwoździem można przedstawić w postaci: $E_k = \frac{(M + m) \cdot u^2}{2}$, skąd po wstawieniu równania: $u = \frac{m \cdot v_0}{M + m}$ i dokonaniu przekształceń otrzymamy: $E_k = \frac{m^2 \cdot v_0^2}{2 \cdot (M + m)}$.

Na poruszającą się po podłożu puszkę działa siła tarcia $T = \mu \cdot m \cdot g$, która wykonuje pracę na drodze s, powodując zmniejszenie prędkości, a zatem również energii kinetycznej puszki aż do 0. Wartość pracy siły tarcia możemy przedstawić jako: $W = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$.

Porównując pracę siły tarcia z energią kinetyczną, możemy wyznaczyć prędkość gwoździa: $v_0 = \frac{M+m}{m} \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot s}$.

Zadanie 41.

W każdym zderzeniu (w opisanej sytuacji kuli z podłożem) spełniona jest zasada zachowania pędu. Energia kinetyczna kuli po zderzeniu jest mniejsza niż przed zderzeniem, zatem część tej energii musiała zostać przekazana podłożu. Zarówno część pędu i energii kuli została przekazana podłożu. Zatem w układzie kula–podłoże spełniona jest zarówno zasada zachowania pędu, jak i zasada zachowania energii.

Zadanie 42.

1. Strumień wody wyrzucany jest do dołu z pewną prędkością, zatem musi na niego działać siła. Zgodnie z III zasadą dynamiki na butelkę z wodą działać będzie siła o takiej samej wartości, tym samym kierunku, lecz przeciwnie zwrócona. Butelka z wodą stanowi układ odosobniony, w którym jest spełniona zasada zachowania pędu.
2. Na podstawie wykresu można stwierdzić (pomijając nieliniowy fragment wykresu), że w czasie opadania wysokość jest liniową funkcją czasu, z czego wynika, że rakieta na spadochronie opadała ruchem jednostajnym. Zatem w czasie opadania energia kinetyczna rakiety była stała, natomiast energia potencjalna ciężkości malała, gdyż wysokość, na jakiej znajdowała się rakieta, była coraz mniejsza. Pierwsza część stwierdzenia (dotycząca zmiany energii potencjalnej) jest prawdziwa, natomiast druga (dotycząca zmiany energii kinetycznej) jest fałszywa.
3. Nalanie do butelki małej ilości wody spowoduje, że woda zostanie wyrzucona z butelki w bardzo krótkim czasie i rakieta nie wzniesie się na dużą wysokość. Nalanie z kolei zbyt dużej ilości wody spowoduje, że w butelce zawarta będzie mała ilość sprężonego powietrza, które wypchnie z butelki jedynie część wody, zatem butelka również nie wzniesie się na dużą wysokość.

Zadanie 43.

Należy sprawdzić, czy w opisanej sytuacji spełniona jest zasada zachowania pędu i zasada zachowania energii. Do odpowiednich wzorów wystarczy wstawić wartości prędkości przed i po zderzeniu.

$m \cdot 5 + m \cdot 1 = m \cdot 4 + m \cdot 2$ (Zasada zachowania pędu jest spełniona).

$\frac{m \cdot 5^2}{2} + \frac{m \cdot 1^2}{2} \neq \frac{m \cdot 4^2}{2} + \frac{m \cdot 2^2}{2}$ (Zasada zachowania energii nie jest spełniona).

Zadanie 44.1.

Pocisk grzęznący w worku wahadła balistycznego ulega zderzeniu niesprężystemu. Podczas tego zderzenia spełniona jest zasada zachowania pędu, ale nie jest spełniona zasada zachowania energii mechanicznej. Część energii kinetycznej pocisku ulega w trakcie zderzenia zamianie w inne formy energii, np. w energię wewnętrzną (ciepło), pracę.

Dlatego wartość prędkości wahadła z wbitym pociskiem obliczysz, stosując zasadę zachowania pędu.

Układ tworzą dwa ciała: pocisk i wahadło. Pęd układu przed zderzeniem jest równy:

$p_0 = m_p \cdot v_p$.

Pęd układu po zderzeniu jest równy: $p_k = \left(m_p + m_w\right) \cdot v_1$.

Zgodnie z zasadą zachowania pędu $p_0 = p_k$,

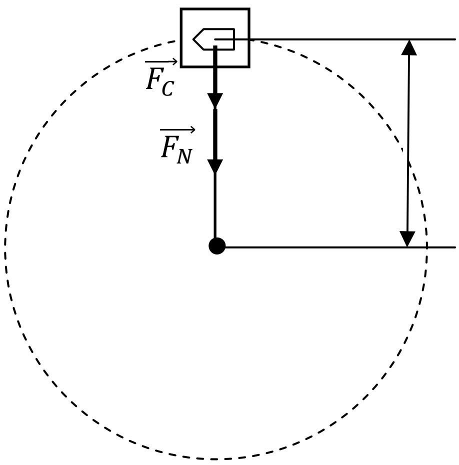
czyli: $m_p \cdot v_p = \left(m_p + m_w\right) \cdot v_1$,

zatem: $v_1 = \frac{m_p v_p}{m_w + m_p} = 9{,}9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 44.2.

Opisane w zadaniu zdarzenie możemy podzielić na 2 etapy. W pierwszym pocisk i wahadło ulegają niesprężystemu zderzeniu, a w drugim wahadło z wbitym pociskiem wznosi się w polu grawitacyjnym Ziemi.

Aby został spełniony warunek opisany w zadaniu (zatoczenie okręgu przez worek), nić wahadła cały czas musi być naprężona. W granicznym przypadku – w najwyższym punkcie toru – prędkość wahadła musi być co najmniej taka, by naprężenie nici $F_N = 0$ N (czyli nić wyprostowana, lecz nie napięta).



W inercjalnym układzie odniesienia rolę siły dośrodkowej pełni wypadkowa siły ciężkości i naprężenia nici.

$F_d = F_g + F_N \Rightarrow F_N = F_d - F_g$

$F_N = \frac{m \cdot v_G^2}{l} - m \cdot g$, gdzie v_G to prędkość w najwyższym punkcie toru.

Najmniejszą wartość prędkości, jaką musi mieć wahadło w najwyższym punkcie toru należy obliczyć z warunku: $F_N = 0$ N.

$\frac{m \cdot v_G^2}{l} - m \cdot g = 0 \Longrightarrow \frac{m \cdot v_G^2}{l} = m \cdot g \Longrightarrow v_G^2 = \frac{m \cdot g \cdot l}{m}$

Z tego wynika, że wartość prędkość wahadła w najwyższym punkcie musi być co najmniej równa: $v_G = \sqrt{g \cdot l}$.

Zapisz zasadę zachowania energii dla wahadła:

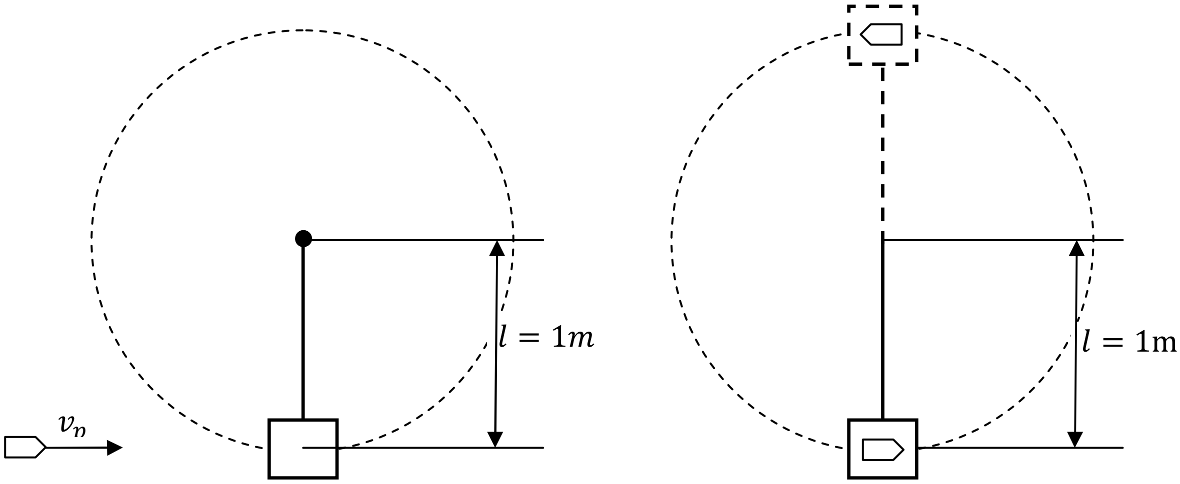
(1) $\frac{(m_p+m_w)\cdot v^2}{2} = (m_p + m_w) \cdot g \cdot 2l + \frac{(m_p+m_w)\cdot v_G^2}{2}$,

oraz zasadę zachowania pędu:

(2) $m_p \cdot v_{p_{min}} = (m_p + m_w) \cdot v.$

Rozwiąż ten układ równań i oblicz wartość minimalnej prędkości pocisku, która spowoduje, że worek zatoczy okrąg.

$$E_{C2} = (m_p + m_w) \cdot g2l + \frac{(m_p + m_w)v_G^2}{2}$$



$$E_{C1} = \frac{(m_p + m_w)v^2}{2}$$

Po uproszczeniu równania (1) otrzymasz:

(3) $\frac{v^2}{2} = g \cdot 2l + \frac{v_G^2}{2}.$

Skorzystaj ze związku: $v_G = \sqrt{g \cdot l}$ i wstaw go do wzoru (3):

$$v^2 = 4 \cdot g \cdot l + \left(\sqrt{g \cdot l}\right)^2 \Rightarrow v^2 = 4 \cdot g \cdot l + g \cdot l \Rightarrow v = \sqrt{5 \cdot g \cdot l}\,.$$

Obliczoną wartość prędkości wstaw do wzoru (2) i oblicz wartość $v_{p_{min}}$:

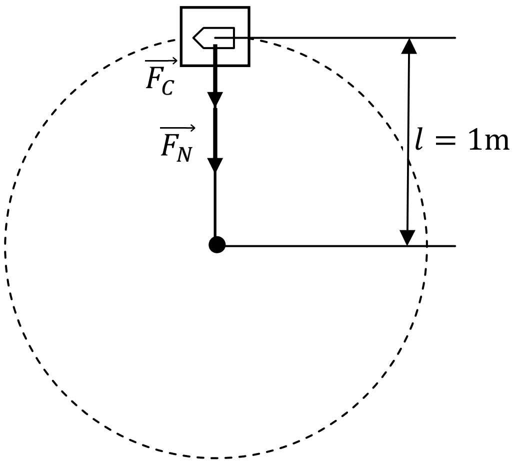
$$m_p \cdot v_{p_{min}} = (m_p + m_w) \cdot \sqrt{5 \cdot g \cdot l}$$

$$v_{p_{min}} = \frac{(m_p + m_w) \cdot \sqrt{5 \cdot g \cdot l}}{m_p}$$

$$v_{p_{min}} = \frac{(0{,}04+4)\cdot\sqrt{5\cdot10\cdot1}}{0{,}04} = \frac{28{,}567}{0{,}04} = 714{,}18 \left[\frac{\mathrm{kg}\cdot\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}}}{\mathrm{kg}} = \sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

Zadanie 44.3.

Skoro worek porusza się ruchem po okręgu, to musi na niego działać siła dośrodkowa. W przypadku wahadła rolę siły dośrodkowej spełnia wypadkowa siły ciężkości $\overrightarrow{F_C}$ i naprężenia linki na której wahadło jest zawieszone $\overrightarrow{F_N}$.



$$F_d = F_g + F_N \Rightarrow F_N = F_d - F_g$$

$$F_N = \frac{m \cdot v^2}{l} - m \cdot g$$

$$F_N = \frac{4{,}04 \cdot 7{,}6^2}{1} - 4{,}04 \cdot 10 \approx 193\ \text{N}$$

Zadanie 45.1.

Zasada zachowania momentu pędu dla satelitów w punktach 1 i 2 może być zapisana w postaci: $r_1 \cdot m \cdot v_1 = r_2 \cdot m \cdot v_2$ (w tych punktach wektory promieni i prędkości są do siebie prostopadłe).

Związek ten można również uzyskać korzystając z II prawa Keplera.

Po podstawieniu danych liczbowych i uwzględnieniu, że masy satelitów są jednakowe, uzyskamy związek: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2}{r_1} = 5$.

Stosunek energii kinetycznych można więc obliczyć z poniższej zależności:

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{m \cdot v_1^2}{2}}{\frac{m \cdot v_2^2}{2}} = \left(\frac{r_1}{r^2}\right)^2 = (5)^2 = 25.$$

Zadanie 45.2.

1. Ruch każdego z satelitów odbywa się ze stałą prędkością polową (zgodnie z II prawem Keplera). Zatem promień wodzący każdego z satelitów w tym samym czasie zakreśli takie same pola powierzchni (satelita przebędzie takie same części elipsy w tym samym czasie – połowie okresu).
2. Rolę siły dośrodkowej pełni w tej sytuacji siła grawitacji.

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = G\frac{m \cdot M_Z}{r^2}$$

Ponieważ po obu stronach wzoru występuje masa satelity, można ją uprościć, co wskazuje na to, że ruch satelity nie zależy od jego masy.

3. Układ Ziemia–satelita można traktować jak układ zamknięty. Ponieważ oba obiekty są ze sobą związane, ich całkowita energia mechaniczna musi być ujemna. Energia ta wyraża się wzorem: $E_{mech} = -G\frac{m \cdot M_Z}{2r}$.

4. Analiza wzoru $\frac{m \cdot v^2}{r} = G\frac{m \cdot M_Z}{r^2}$ prowadzi do związku: $m \cdot v^2 = G\frac{m \cdot M_Z}{r}$.
Wynika z niego, że ze wzrostem odległości satelity od Ziemi maleje jego prędkość liniowa.

Zadanie 46.1.
W treści zadania zapisano, że energia kinetyczna śrutu w momencie opuszczania lufy jest równa połowie energii wydzielonej w momencie wystrzału. Można to zapisać następująco:

$$E_{k0} = \frac{1}{2} E_{pocz} .$$

Podczas lotu śrut traci 0,2 swojej początkowej energii kinetycznej: $E_k = 0{,}8\, E_{k0}$.
Czyli energia kinetyczna śrutu w momencie dotarcia do klocka wynosi:

$$E_k = 0{,}8\left(\frac{1}{2} E_{pocz}\right) = 6 \text{ J} .$$

Energię kinetyczną zapisujemy w postaci: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$.
Z powyższego równania można obliczyć wartość prędkości śrutu w momencie dotarcia do klocka:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \qquad \left[\sqrt{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{kg}}} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Obliczenie wartości prędkości:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6}{0{,}5 \cdot 10^{-3}}} = 155 \, \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

Zadanie 46.2.
Aby rozwiązać to zadanie, należy porównać energię kinetyczną pocisku tuż przed uderzeniem w klocek z energią potencjalną klocka na wysokości h ponad położeniem początkowym.
Zasada zachowania energii mechanicznej dla ruchu klocka od zatrzymania się w nim pocisku do wzniesienia się na maksymalną wysokość:

$$\frac{1}{2} M \cdot v_x^2 = M \cdot g \cdot h ,$$

gdzie: M – masa klocka, v_x – wartość prędkości klocka po wbiciu się w niego pocisku, h – wysokość, na jaką wzniesie się klocek.
Podczas zderzenia śrutu z klockiem spełniona jest zasada zachowania pędu:

$$m \cdot v = M \cdot v_x ,$$

gdzie: m – masa śrutu, v – wartość prędkości śrutu w momencie zderzenia z klockiem.
Korzystając z obu równań, można obliczyć masę klocka:

$$M = m \cdot \frac{v}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}} \qquad \left[\text{kg} \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\,\text{m}}} = \text{kg} \right]$$

Obliczenie masy klocka:

$$M = 0{,}5 \cdot 10^{-3} \, \frac{100}{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}} = 0{,}05 \text{ kg} .$$

Obliczenie, jaka część energii kinetycznej śrutu została rozproszona podczas zderzenia:

$$k = \frac{E_k - E_p}{E_k} = \frac{\frac{1}{2}m \cdot v^2 - M \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2}m \cdot v^2}.$$

Po podstawieniu danych do wzoru otrzymamy:

$$k = \frac{\frac{1}{2}0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 100^2 - 0{,}05 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{2}0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 100^2} = 0{,}99.$$

Zadanie 47.1.

Masę równi możemy obliczyć z zasady zachowania pędu.

Pęd samochodu tuż przed wjazdem na równię jest taki sam, jak pęd równi wraz ze stojącym na niej samochodem: $m \cdot v_0 = (m + M) \cdot v$.

Zatem: $M = \dfrac{m \cdot v_0}{v} - m \quad \left[\dfrac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = \mathrm{kg} \right]$,

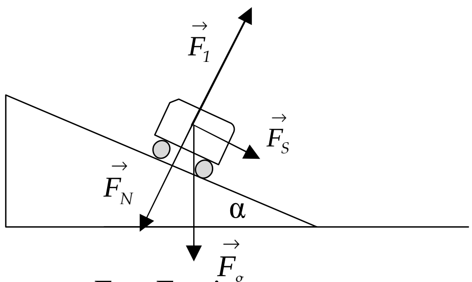
Gdzie: m – to masa samochodu, M – masa równi, natomiast v_1 i v to wartości prędkości odpowiednio samochodu i równi wraz samochodem.

Korzystając z tych danych, można obliczyć M = 700 g.

Zadanie 47.2.

Podczas ruchu autka na równi działa na niego siła ciężkości. Siłę ciężkości rozkładamy na składowe, prostopadłą do płaszczyzny równi siłę nacisku oraz równoległą do płaszczyzny równi. Składowa prostopadła do równi dociska do niej samochód, zgodnie z III zasadą dynamiki, równia działa na samochód siłą sprężystości, która jest równa, co do wartości sile nacisku, ale ma przeciwny zwrot. Wypadkową siłą powodującą ruch samochodu jest siła zsuwająca, będąca wypadkową siły sprężystości podłoża i siły ciężkości.

F_g – siła ciężkości.
F_N – siła nacisku samochodu na równię.
F_s – siła zsuwająca.
F_1 – siła sprężystości podłoża.



Jeśli kąt nachylenia równi do poziomu oznaczymy przez α, to: $F_s = F_g \cdot \sin\alpha$.
Z II zasady dynamiki Newtona wiemy, że: $F_s = m \cdot a$.
Z porównania zależności otrzymamy równanie: $m \cdot a = F_g \cdot \sin\alpha$.
Należy jeszcze uwzględnić, że: $F_g = m \cdot g$.
Ostatecznie otrzymamy $a = g \cdot \sin\alpha$.

Zadanie 47.3.

Najpierw obliczymy wysokość, na jaką wjedzie samochód na równi przymocowanej do stołu. Wykorzystamy zasadę zachowania energii mechanicznej. W tym przypadku zasada ta ma postać:

$$\frac{m\cdot \upsilon_0^2}{2}=mgh_1 \Rightarrow h_1=\frac{\upsilon_0^2}{2\mathrm{g}} \qquad \left[\frac{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}=\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}=\mathrm{m}\right]$$

Po podstawieniu danych: h_1 = 0,8 m.
W przypadku równi, która zaczyna się poruszać wraz z samochodem, energia kinetyczna samochodu nie zamienia się całkowicie na jego energię potencjalną.
Musimy w bilansie energii uwzględnić poruszającą się bez tarcia równię.
Zasada zachowania energii będzie miała w tym przypadku postać:

$$\frac{m\cdot \upsilon_0^2}{2}=mgh_2+\frac{(m+M)\cdot \upsilon_1^2}{2}$$

$$h_2=\frac{m\cdot \upsilon_0^2-(m+M)\cdot \upsilon_1^2}{2\cdot m\cdot g}$$

Po podstawieniu danych uzyskujemy:

$$h_2=\frac{0{,}1\cdot 4^2-(0{,}1+0{,}7)\cdot 0{,}5^2}{2\cdot 0{,}1\cdot 10}=0{,}7 \qquad \left[\frac{\mathrm{kg}\cdot\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}=\frac{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}=\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}=\mathrm{m}\right]$$

h_2 = 0,7 m.
Wobec tego stosunek wysokości, na jakie wjadą samochody, wynosi:

$$\frac{h_1}{h_2}=\frac{8}{7}.$$

Zadanie 48.1.
Można zauważyć, że praca jest liczbowo równa polu powierzchni pod wykresem zależności siły od drogi: $W=\frac{1}{2}F_{op}\cdot 40\ \mathrm{m}$.

Wyznaczenie maksymalnej wartości siły oporu ruchu: $F_{op}=\frac{2\cdot W}{40\ \mathrm{m}}=\frac{9600\ \mathrm{J}}{40\ \mathrm{m}}=240\ \mathrm{N}$.

Zadanie 48.2.
Zgodnie z zasadą zachowania suma energii początkowej oraz wykonanej pracy jest równa energii końcowej. W rozważanym przypadku siły oporu ruchu wykonują pracę ujemną. Można zapisać to w sposób następujący: $m\cdot g\cdot h-W=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$.

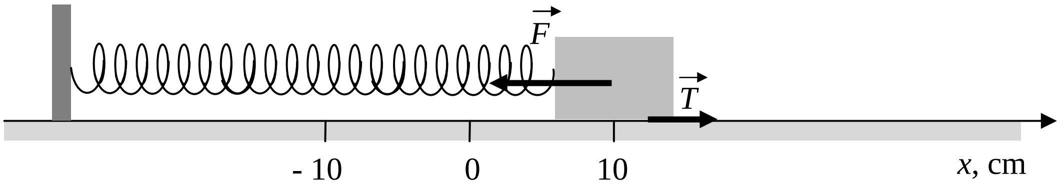
Z powyższego równania należy wyznaczyć wartość prędkości kolarza:

$$v=\sqrt{\frac{2(m\cdot g\cdot h-W)}{m}} \qquad \left[\sqrt{\frac{\left(\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}-\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right)}{\mathrm{kg}}}=\sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}=\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

Po podstawieniu danych do wzoru uzyskuje się: $v=\sqrt{\frac{2\,(80\cdot 10\cdot 10-2400)}{80}}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}=11{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 48.3.
Podczas jazdy kolarza działają na niego siły oporu ruchu, więc jego całkowita energia mechaniczna maleje na całej trasie.
Podczas jazdy z góry energia potencjalna zamienia się w kinetyczną, a podczas jazdy w górę energia kinetyczna zamienia się w potencjalną.

Zadanie 49.1.
Na klocek podczas ruchu w lewo działają w kierunku poziomym 2 siły: w lewo siła sprężystości sprężyny, w prawo siła tarcia kinetycznego o podłoże (patrz rysunek).



Wartość siły sprężystości podczas ruchu do położenia równowagi maleje. Wartość siły tarcia jest stała. Klocek przyspiesza do momentu, gdy siła sprężystości i siła tarcia zrównoważą się. W tym momencie energia kinetyczna klocka będzie maksymalna.
Należy zapisać warunek równoważenia się siły tarcia i sprężystości.
Siły te muszą mieć przeciwne zwroty (ten warunek jest spełniony dla $x > 0$) i takie same wartości.
Warunek dotyczący wartości sił (wartości obu sił są zawsze dodatnie, natomiast współrzędna wektora siły T jest dodatnia, a siły F ujemna w przyjętym na rysunku układzie współrzędnych), czyli $F = T$ można zapisać jako: $k \cdot x = T$,

skąd można obliczyć: $x = \frac{T}{k} = \frac{1\ \mathrm{N}}{25\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}} = 0{,}04\ \mathrm{m} = 4\ \mathrm{cm}$.

Zadanie 49.2.
Współrzędna wektora wypadkowej siły wyraża się wzorem: $F_x = -k \cdot x + T$. Zależność ta jest liniową funkcją położenia x klocka. Wykres zależności $F_x(x)$ jest linią prostą. Aby narysować wykres, należy obliczyć wartości F_x dla np. $x = 0$ cm i $x = 10$ cm.

$$F_x = -k \cdot x + T \quad \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot \mathrm{m} + \mathrm{N} = \mathrm{N}\right]$$

$$F_x(0) = -25 \cdot 0 + 1 = 1\ \mathrm{N}$$

$$F_x(0{,}1) = -25 \cdot 0{,}1 + 1 = -1{,}5\ \mathrm{N}$$

Zadanie 49.3.
Należy zastosować zasadę zachowania energii i uwzględnić pracę wykonaną przez siłę tarcia.
W położeniu początkowym i końcowym sprężyna posiada energię potencjalną sprężystości.

$\frac{k \cdot x_1^2}{2} = \frac{k \cdot x_2^2}{2} + T \cdot s$, gdzie droga $s = x_1 + |x_2| = 10\ \mathrm{cm} + |-2\ \mathrm{cm}| = 12\ \mathrm{cm}$

Obliczona z zasady zachowania energii droga s ma wartość:

$$s = \frac{k \cdot (x_1^2 - x_2^2)}{2 \cdot T} = \frac{25 \cdot (0{,}1^2 - (-0{,}02)^2)}{2 \cdot 1} = 0{,}12\ \mathrm{m}$$

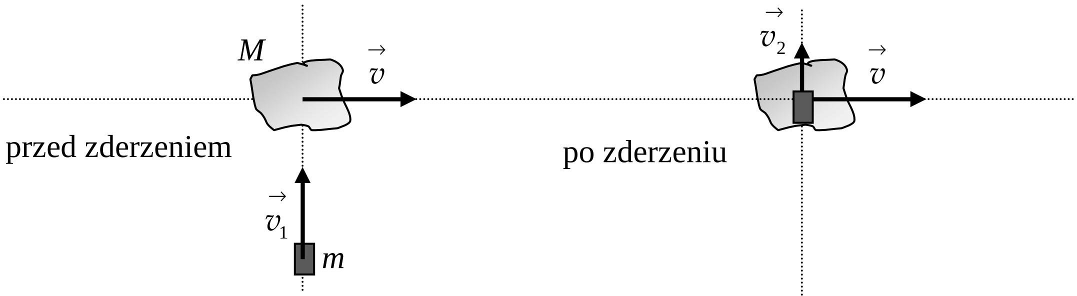
To, czy po zatrzymaniu się klocek pozostanie w spoczynku, zależy od sił działających na klocek w tym położeniu. Siła sprężystości ma wtedy wartość: $F = 25\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot 0{,}02\,\mathrm{m} = 0{,}5\,\mathrm{N}$.
Maksymalna wartość siły tarcia statycznego jest większa od 1 N, tarcie statyczne może więc zrównoważyć siłę sprężystości i klocek pozostanie w spoczynku.

Zadanie 49.4.

Praca siły $\vec{F}$ na drodze s wyraża się wzorem: $W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$, gdzie kąt α jest kątem zawartym między wektorem siły i wektorem przemieszczenia. Pracy nie wykonuje siła, która jest prostopadła do wektora przemieszczenia ($\cos 90^{\circ} = 0$), czyli siła ciężkości.

Zadanie 50.

W wyniku zderzenia asteroida uzyska prędkość $\vec{v}_2$ w kierunku prostopadłym do początkowego kierunku swojego ruchu.
Należy zastosować zasadę zachowania pędu z uwzględnieniem, że w chwili zderzenia wektory prędkości asteroidy $\vec{v}$ i statku $\vec{v}_1$ są do siebie prostopadłe, czyli asteroida nie ma początkowo pędu w kierunku ruchu statku.



Zapisujemy zasadę zachowania pędu i obliczamy uzyskaną prędkość:

$m \cdot v_1 = (M + m) \cdot v_2$

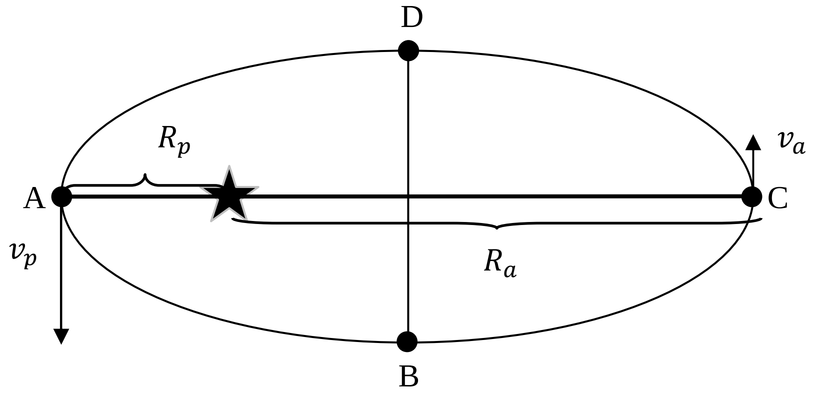
$$v_2 = \frac{m \cdot v_1}{M + m} \qquad \left[\frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{kg}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \right]$$

$$v_2 = \frac{10^3 \cdot 10^4}{10^{10} + 10^3} \approx 10^{-3}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Zadanie 51.1.

Należy posłużyć się II zasadą dynamiki dla ruchu obrotowego w postaci uogólnionej: $\frac{\Delta J}{\Delta t} = M$.
Jeżeli moment pędu planety jest zachowany, to znaczy, że zmiana momentu pędu $\Delta J = 0$.
Warunek ten zostanie spełniony, gdy wypadkowy moment sił działających na planetę również jest równy $M = 0$. Jedyną siłą działającą na planetę, jest siła grawitacji gwiazdy.
Należy zauważyć, że siła ta jest siłą centralną, czyli $\vec{R} \parallel \vec{F}$ i $\sin \measuredangle(\vec{R}, \vec{F}) = 0$.
Z tego wynika, że:
$M = F \cdot R \cdot \sin \measuredangle(\vec{R}, \vec{F}) = F \cdot R \cdot 0 = 0,$
następnie:
$\frac{\Delta J}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \Delta J = 0 \Rightarrow J = const.$

Zadanie 51.2.
Należy skorzystać z zasady zachowania momentu pędu i zapisać ją dla komety w peryhelium i aphelium.



(1) $m_k \cdot v_p \cdot R_p \sin \measuredangle (\vec{R}_p, \vec{v}_p) = m_k \cdot v_a \cdot R_a \sin \measuredangle (\vec{R}_a, \vec{v}_a)$.

Na rysunku widać, że wektor prędkości komety jest prostopadły do wektora $\vec{R}$ zarówno w peryhelium, jak i w aphelium. Z tego wynika, że:

(2) $\sin \measuredangle (\vec{R}_p, \vec{v}_p) = \sin \measuredangle (\vec{R}_a, \vec{v}_a) = \sin 90° = 1$.

Uwzględniając (2) i przekształcając (1), należy obliczyć v_a.

$$v_p \cdot R_p = v_a \cdot R_a \Rightarrow v_a = \frac{v_p \cdot R_p}{R_a} \Rightarrow v_a = \frac{59{,}02 \cdot 0{,}507}{114{,}86} = 0{,}26 \left[\frac{\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{j.a.}}{\mathrm{j.a.}} = \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}\right]$$

Zadanie 51.3.
Należy zauważyć, że oba łuki DAB i BCD mają tę samą długość.
W trakcie ruchu po orbicie wartość prędkości Ziemi ulega zmianie i jest tym mniejsza, im dalej od Słońca znajduje się nasza planeta.
Oba łuki mają tę samą długość, ale punkty łuku BCD znajdują się dalej od Słońca niż łuku DAB i planeta porusza się po nim wolniej, dlatego jego pokonanie wymaga dłuższego czasu.

Zadanie 52.1.
1. Zasada zachowania energii spełniona jest zawsze.
2. Należy skorzystać z zależności $\lambda_{max}T = 2{,}9 \cdot 10^{-3}$ m·K oraz odczytać z tekstu temperaturę 1000°C, wyrazić ją na kelwinach $T = 1273$K, a następnie obliczyć $\lambda_{max} = 2{,}28\ \mu$m.
3. W czasie zderzeń elektronów z węzłami sieci działają tylko siły wewnętrzne, a te nie zmieniają pędu układu zderzających się ciał, zatem zasada zachowania pędu jest spełniona.

Zadanie 52.2.
Do skupiania promieni służą zwierciadła wklęsłe. Małe zwierciadła płaskie można ustawić tak, by ich łączna powierzchnia przypominała zwierciadło wklęsłe, zatem do skupiania wiązek nie może służyć tylko zwierciadło wypukłe.

Zadanie 52.3.
Odpowiedź na pytanie można znaleźć we fragmencie tekstu: *Zebrane ciepło ogrzewa kryształ fotoniczny z warstw krzemu i dwutlenku krzemu. Kiedy osiąga on temperaturę mniej więcej 1000°C, zaczyna się żarzyć, emitując promieniowanie o długości fali idealnie dopasowanej do umieszczonego pod nim ogniwa fotowoltaicznego, które z kolei wytwarza prąd elektryczny.*
Zatem kolejność przemian energetycznych zachodzi w porządku: energia świetlna – energia cieplna – energia świetlna – energia elektryczna.

Zadanie 55.
Po wprowadzeniu metalowej płytki do wnętrza kondensatora jego pojemność rośnie, bo powstał kondensator, który ma mniejszą odległość między swoimi okładkami:

$$C_1 = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{d}; \qquad C_2 = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{\frac{1}{2}d} = 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{d} = 2 \cdot C_1 .$$

Energia naładowanego kondensatora przed umieszczeniem wewnątrz metalowej płytki:

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \frac{S}{d} \cdot U^2 .$$

Energia naładowanego kondensatora po umieszczeniu wewnątrz metalowej płytki:

$$E_2 = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \cdot U^2 .$$

Zmiana energii naładowanego kondensatora:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \cdot U^2 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{S}{d} \cdot U^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{S}{d} \cdot U^2 \qquad \left[\frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{m}} \cdot \mathrm{V}^2 = \frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{J}} \cdot \frac{\mathrm{J}^2}{\mathrm{C}^2} = \mathrm{J} \right].$$

Po podstawieniu danych do wzoru otrzymujemy:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{3 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-2}} 81 = 5{,}38 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{J} .$$

Zadanie 56.
Kula jest izolowana elektrycznie, więc całkowita liczba ładunków na tej kuli nie ulegnie zmianie. Ładunki w wyniku zjawiska indukcji elektrostatycznej zostaną rozsunięte.

Zadanie 57.1.
Zauważ, że cząstki mają ładunki elektryczne o takiej samej wartości oraz zostały przyspieszone tym samym napięciem, co oznacza, że zyskały taką samą energię kinetyczną:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = q \cdot U .$$

Wyznaczając $v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}$, należy stwierdzić, że skoro proton ma większą masę, to uzyska prędkość o mniejszej wartości.

Zadania 57.2.
Zauważ, że od chwili wejścia cząstki naładowanej w obszar pola magnetycznego działa na nią siła Lorentza, która spełnia rolę siły dośrodkowej.

$$F_d = F_L$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90°$$

$$\frac{m \cdot v}{r} = q \cdot B$$

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}.$$

Zatem proton zatoczy okrąg o większym promieniu, gdyż ma większą masę przy tym samym ładunku.

Zadanie 58.
Na cząstkę naładowaną w obszarze pola elektrycznego działa siła $F = q \cdot E$.
Z II zasady dynamiki Newtona: $a = \frac{F}{m}$, zatem $a = \frac{q \cdot E}{m}$,

ponieważ wykresem zależności $a(E)$ jest linia prosta, a współczynnik kierunkowy (czyli tangens nachylenia prostej do osi OX) będzie wynosić $\frac{q}{m}$.

Obliczamy tg α na podstawie danych zawartych na wykresie $\frac{q}{m}$ = tg $\alpha \approx 10^8$ i sprawdzamy, dla jakiej cząstki stosunek ładunku przez masę równy jest w przybliżeniu 10^8. Tak jest dla protonu.

Zadanie 59.1.

W treści zadania zapisano, że maksymalna energia, jaką uzyskują deuterony, wynosi 60 MeV. Korzystając z przeliczenia jednostek 1eV = $1{,}6\cdot10^{-19}$ J, otrzymujemy: 60 MeV = $96\cdot10^{-12}$ J.

Wzór opisujący energię kinetyczną to: $E_k = \frac{m\cdot v^2}{2}$.

Po przekształceniu: $v = \sqrt{\frac{2\cdot E_k}{m}} = \sqrt{\frac{192\cdot10^{-12}}{3{,}34\cdot10^{-27}}} = 7{,}58\cdot10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\quad \left[\sqrt{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}=\frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{kg\cdot s^2}}}=\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$.

Zadanie 59.2.

Na cząstkę naładowaną w cyklotronie działa siła Lorenza, która pełni rolę siły dośrodkowej. Z porównania wartości sił otrzymujemy:

(1) $q\cdot v\cdot B = \frac{m\cdot v^2}{R}$.

Jednocześnie cząstka porusza się po okręgu ruchem jednostajnym, zatem wzór opisujący prędkość jej ruchu to:

(2) $v = \frac{2\cdot\pi\cdot R}{T}$.

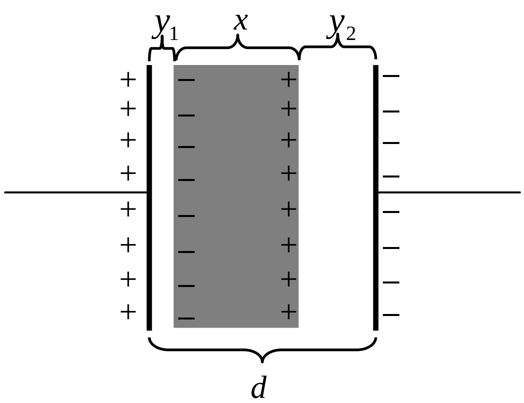
Po podstawieniu za v wzoru (2) do wzoru (1) i przekształceniu otrzymujemy wzór pozwalający obliczyć okres obiegu cząstki (a zatem okres zmian pola elektrycznego).

$$T=\frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B}=\frac{2\cdot3{,}14\cdot2\cdot1{,}67\cdot10^{-27}}{1{,}6\cdot10^{-19}\cdot1}=13{,}12\cdot10^{-8}\,\mathrm{s}.$$

Wykres rozpoczyna się od zera i pierwsza dana naniesiona została dla ¼ wartości okresu.

Zadanie 60.1.

Na brzegach metalowej płytki wyindukowały się ładunki elektryczne o przeciwnych znakach i takich samych wartościach, jak ładunki na najbliższych okładkach kondensatora. Opisaną sytuację pokazano na rysunku.

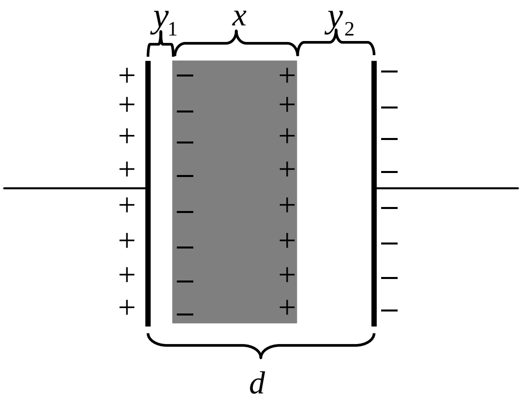


Powstały dwa połączone szeregowo kondensatory.

1. Pomiędzy okładkami kondensatora, a płytką natężenie pola elektrostatycznego było takie samo, jak przed włożeniem płytki (linie pola elektrostatycznego równoległe do siebie, a wartości ładunków na brzegach płytki takie same, jak na okładkach kondensatora).

2. W przewodniku umieszczonym w polu elektrycznym następuje przepływ ładunku. Trwa on tak długo, aż wewnątrz przewodnika zaniknie pole elektryczne i ustali się stały potencjał – wówczas na nośniki nie działają już siły, które wymuszałyby ich dalszy ruch. W efekcie natężenie pola w dowolnym punkcie wewnątrz przewodnika staje się równe zeru.
3. Przed włożeniem płytki, wartość napięcia między okładkami kondensatora była równa $U = E \cdot d$, gdzie E – wartość natężenia pola elektrostatycznego, d – odległość między okładkami kondensatora. Po włożeniu płytki napięcie miało wartość:
$U' = E \cdot y_1 + E \cdot y_2 = E(y_1 + y_2) = E(d - x) < E \cdot d = U$ (y_1, y_2 są odległościami między zewnętrznymi okładkami kondensatora a brzegami płytki, natomiast x jest grubością płytki).

Zadanie 60.2.
Po włożeniu metalowej płytki między okładki kondensatora powstają dwa połączone szeregowo kondensatory o polu powierzchni każdej z okładek S i odległościach między okładkami równych y_1 oraz y_2 (patrz rysunek).



Pojemności tych kondensatorów są równe: $C_1 = \varepsilon_0 \dfrac{S}{y_1}$, $C_2 = \varepsilon_0 \dfrac{S}{y_2}$ (znaczenie symboli zgodne z treścią zadania oraz rysunkiem). Korzystając ze wzoru na pojemność zastępczą układu dwóch kondensatorów połączonych szeregowo, otrzymuje się:
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{y_1}{\varepsilon_0 \cdot S} + \frac{y_2}{\varepsilon_0 \cdot S} = \frac{y_1 + y_2}{\varepsilon_0 \cdot S} = \frac{d - x}{\varepsilon_0 \cdot S}, \text{ czyli } C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d - x}.$$

Zadanie 61.1.
Z zasady zachowania energii wynika, że praca potrzebna do wyjęcia szkła spomiędzy okładek kondensatora jest równa różnicy pomiędzy energią próżniowego kondensatora, a energią kondensatora ze szkłem między jego okładkami.
Pojemność próżniowego kondensatora jest równa:
$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d} \left[\frac{\dfrac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{N \cdot m^2}} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{N \cdot m}} = \frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{J}} = \frac{\mathrm{C}}{\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}}} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{V}} = \mathrm{F} \right]$$
$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d} = \frac{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}01}{0{,}02} = 4{,}425 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{F},$$
natomiast pojemność kondensatora wypełnionego szkłem wynosi:
$$C_\mathrm{d} = \varepsilon_\mathrm{r} \cdot C_0 = 7 \cdot 4{,}425 \cdot 10^{-12} = 30{,}975 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{F},$$

gdzie ε_0 – przenikalność elektryczna próżni, S = 0,01 m^2 pole powierzchni okładek kondensatora, d = 0,02 m odległość między okładkami kondensatora, $\varepsilon_r = 7$ względna przenikalność elektryczna szkła.
Energia próżniowego kondensatora wynosi:

$$W_0 = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{Q^2}{2C_0} \left[\frac{C^2}{F} = \frac{C^2}{\frac{C}{V}} = C^2 \cdot \frac{V}{C} = C \cdot V = C \cdot \frac{J}{C} = J \right]$$

$$W_0 = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{Q^2}{2C_0} = 0{,}113\ \mathrm{J}$$

($Q = 10^{-6}$ C – wartość ładunku na każdej z okładek kondensatora),

natomiast energia wypełnionego szkłem kondensatora jest równa: $W_d = \frac{Q^2}{2C_d} = 0{,}016\ \mathrm{J}$.

Wartość liczbowa pracy potrzebnej do wyjęcia szkła spomiędzy okładek tego kondensatora jest zatem równa: $W = W_0 - W_d = 0{,}097\ \mathrm{J} \approx 0{,}1\ \mathrm{J}$.

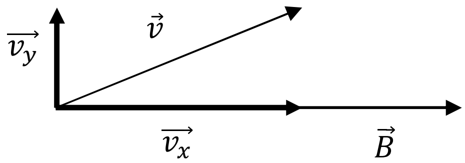
Zadanie 61.2.
1. Z tekstu do zadania wynika, że po włożeniu szkła między okładki pojemność kondensatora wzrosła siedmiokrotnie ($\varepsilon_r = \frac{C_d}{C_0}$, więc $C_d = \varepsilon_r \cdot C_0 = 7C_0$, gdzie $\varepsilon_r = 7$ względna przenikalność elektryczna szkła, C_0 pojemność próżniowego kondensatora, C_d pojemność kondensatora wypełnionego szkłem). Wiadomo również, że kondensator nie był podłączony do źródła napięcia, a więc wartość ładunku Q na każdej z jego okładek musiała być stała. Skoro pojemność kondensatora zwiększyła się 7-krotnie, a ładunki na okładkach nie zmieniły się, to znaczy, że wartość napięcia pomiędzy jego okładkami musiała zmaleć 7-krotnie, $U_d = \frac{Q}{C_d} = \frac{Q}{7C_0} = \frac{U_0}{7}$ (U_0 – napięcie między okładkami próżniowego kondensatora, U_d – napięcie między okładkami kondensatora wypełnionego szkłem).
2. Wartość natężenia pola elektrostatycznego między okładkami kondensatora E jest związana z napięciem U relacją: $E = \frac{U}{d}$, gdzie d – odległość między okładkami kondensatora. Skoro wartość napięcia między okładkami zmalała 7-krotnie, to wartość natężenia pola elektrostatycznego musiała zmaleć tyle samo razy.
3. Gdyby okładki kondensatora były podłączone do źródła napięcia stałego, to napięcie między okładkami byłoby stałe, więc natężenie pola elektrostatycznego $E = \frac{U}{d}$ między nimi byłoby takie samo, niezależnie od tego, czy znajdowałoby się tam szkło, czy też nie.

Zadanie 62.1.
Ładunki jednoimienne odpychają się, a różnoimienne przyciągają, więc lewa płyta jest naładowana ujemnie a prawa dodatnio. Aby wyznaczyć zwrot siły Lorentza, należy skorzystać z reguły lewej dłoni.

Zadanie 62.2.
Jon o większej prędkości odchyli się w lewo, ponieważ wzrośnie wartość siły Lorentza $F_L = q \cdot v_1 \cdot B_1 \cdot \sin 90°$ i nie będzie już równoważona przez siłę elektryczną.

Zadanie 62.3.
Należy zbadać, jaki wpływ na siły elektryczną i magnetyczną ma zwiększenie wartości ładunku jonu. Jeżeli siły przestaną się równoważyć, jon zostanie odchylony w tę stronę, w którą działa większa siłą.
Siła elektryczna wzrośnie dwukrotnie zgodnie ze wzorem: $F_E = 2q \cdot E$.
Podobnie dwukrotnie wzrośnie wartość siły magnetycznej zgodnie ze wzorem:
$F_L = 2q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90°$.
Siły w dalszym ciągu równoważą się i jon przejdzie przez selektor.

Zadanie 62.4.



Należy zauważyć, że wzdłuż linii pola jon porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością o wartości v_x, ponieważ nie działa na niego żadna siła w tym kierunku $F_L = q \cdot v_x \cdot B_1 \cdot \sin 0° = 0$ N. Prostopadle do linii pola jon porusza się z prędkością v_y, siła Lorentza spełnia rolę siły dośrodkowej, a jon porusza się ruchem jednostajnym po okręgu. Złożenie obu tych ruchów daje ruch jonu po linii śrubowej.

Zadanie 63.1.
Elektrony przewodnictwa poddane działaniu siły Lorentza są odchylane w kierunku krawędzi M. Wraz z upływającym czasem wzrasta różnica potencjałów pomiędzy krawędziami przewodnika. Pojawia się więc siła wynikająca z tej różnicy potencjałów. Jest ona skierowana przeciwnie do siły Lorentza. Wyrównanie się tych dwóch sił prowadzi do stanu równowagi, w którym $F_L = F_e$.

Zadanie 63.2.
Czułość woltomierza, czyli najmniejsze napięcie, które jest w stanie zmierzyć woltomierz, musi być mniejsza od napięcia występującego między krawędziami płytki. Napięcie między krawędziami płytki wyrażone jest wzorem:

$$U_H = R_H \frac{I \cdot B}{d} \qquad \left[\frac{m^3}{C} \frac{A \cdot T}{m} = \frac{m^2 \cdot A \cdot \frac{N}{A \cdot m}}{C} = \frac{N \cdot m}{C} = \frac{J}{C} = V \right].$$

Wstawiając dane do tego wzoru, uzyskuje się:

$$U_H = 7{,}44 \cdot 10^{-11} \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} \text{ V} = 7{,}44 \cdot 10^{-8} \text{ V}.$$

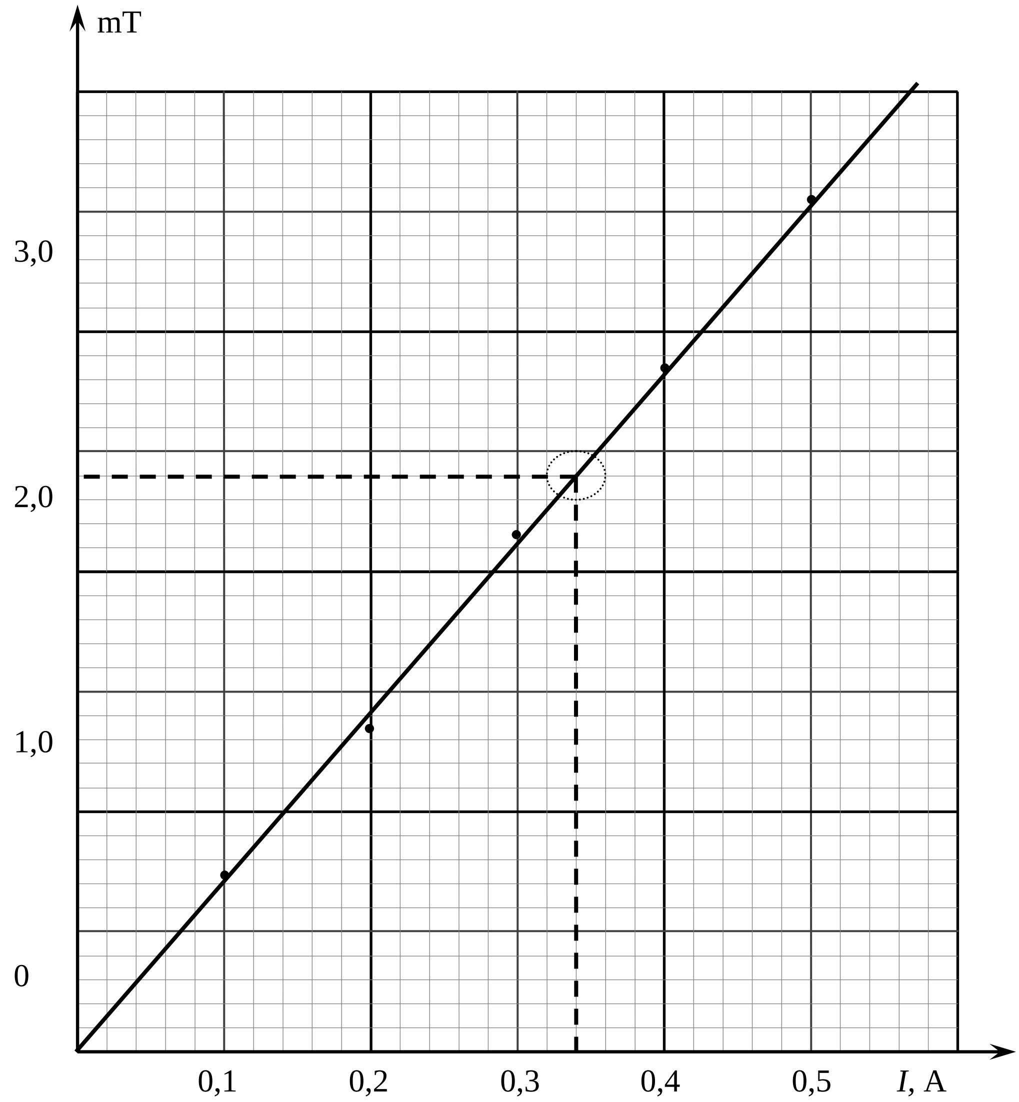
Czułość woltomierza powinna być rzędu 10^{-8} V.

Zadanie 63.3.
Polem magnetycznym, które jest zawsze obecne, jest pole magnetyczne pochodzące od Ziemi.

Zadanie 63.4.

Należy wyskalować osie. Na osi poziomej będzie natężenie prądu, a na osi pionowej wartość indukcji magnetycznej pola.

Punkty pomiarowe nanoszone na wykres muszą odpowiadać punktom z tabeli. Naniesione punkty należy połączyć prostą najlepszego dopasowania.



Odczytanie danych pomiarowych z wykresu polega na wybraniu współrzędnych leżących na prostej najlepszego dopasowania. Powinno się wybierać punkty leżące w górnej połowie prostej.

W podanym przykładzie rozwiązania wybrano: I = 0,34 A, B = 2,4 mT.

Przekształcenie wzoru na wartość pola magnetycznego w środku zwojnicy do postaci:

$$N = \frac{B \cdot l}{\mu_0 \cdot I} \qquad \left[\frac{\mathrm{T \cdot m}}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A^2}} \cdot \mathrm{A}} = \frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A \cdot m}} \cdot \mathrm{m}}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}}} = 1\right].$$

Aby obliczyć liczbę zwojów, należy podstawić dane do otrzymanego wzoru:

$$N = \frac{2{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}32} = 281$$

Obliczona liczba zwojów zależy od odczytanych z wykresu wartości.

Zadanie 64.1.
Zastanów się, jaki jest kierunek i zwrot każdej z sił oraz jaka jest relacja między ich wartościami, skoro nie zmieniał się kierunek ani wartość prędkości elektronu.
Elektron ma ładunek ujemny, więc działająca na niego siła elektrostatyczna jest zwrócona przeciwnie niż wektory natężenia pola elektrycznego, a więc na rysunku siła ta jest zwrócona w górę. Zwrot działającej na elektron siły Lorentza można określić, stosując na przykład regułę lewej dłoni, ale należy pamiętać, że ładunek elektronu jest ujemny, więc zwrot działającej na niego siły jest przeciwny niż w przypadku poruszającego się w takiej samej sytuacji ładunku dodatniego. Na rysunku siła Lorentza jest zwrócona w dół. Aby elektron nie zmieniał kierunku ani wartości prędkości, obie siły muszą mieć jednakową wartość (na rysunku należy zaznaczyć wektory o jednakowej długości).

Zadanie 64.2.
Zwróć uwagę, że podczas przejścia przez obszar między okładkami kondensatora składowa prędkości elektronu równoległa do okładek jest stała (w tym kierunku elektron porusza się ruchem jednostajnym), natomiast w kierunku prostopadłym do okładek, a równoległym do linii pola elektrycznego, elektron porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym. Wielkość d jest równa drodze w ruchu jednostajnie przyspieszonym z prędkością początkową równą zeru w czasie, w którym elektron przemierza obszar między okładkami.
Czas, w którym elektron przemierza obszar między okładkami kondensatora, jest równy:
$t = \frac{l}{v} = \frac{l}{\frac{E}{B}} = \frac{l \cdot B}{E}$ (składowa prędkości elektronu równoległa do okładek jest stała i wynosi $v = \frac{E}{B}$, co napisano w tekście do zadania).
Przyspieszenie elektronu w kierunku równoległym do linii pola elektrycznego jest równe:
$a = \frac{e \cdot E}{m}$.
Odchylenie wiązki elektronów d jest równe drodze w ruchu jednostajnie przyspieszonym z prędkością początkową równą zeru w czasie, w którym elektron przemierza obszar między okładkami: $d = \frac{a \cdot t^2}{2}$.
Podstawiając do tego wzoru zapisane wcześniej wyrażenia na t oraz a, otrzymujemy:
$$d = \frac{\frac{e \cdot E}{m} \cdot \frac{l^2 \cdot B^2}{E^2}}{2} = \frac{e \cdot l^2 \cdot B^2}{2m \cdot E},$$
co po przekształceniu przyjmuje postać: $\frac{e}{m} = \frac{2E \cdot d}{B^2 \cdot l^2}$.

Zadanie 64.3.
Spośród wymienionych rozpadów z emisją elektronów związany jest rozpad beta, a wybicie elektronów z metalowej płytki pod wpływem jej naświetlania promieniami ultrafioletowymi jest możliwe dzięki efektowi fotoelektrycznemu.

Zadanie 64.4.
Przyjmij wartości tablicowe e, m oraz obliczony na ich podstawie stosunek $\frac{e}{m}$ jako wartości obecnie znane. Następnie sprawdź różnice względne między podanymi w tekście do zadania

wyznaczonymi przez Thomsona wartościami poszczególnych wielkości, a wartościami obecnie znanymi i na tej podstawie oceń, które dokończenie zdania jest poprawne.
Wartości tablicowe:

$$e \approx 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}, \quad m \approx 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}, \quad \frac{e}{m} \approx 1{,}76 \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}.$$

Wartości wyznaczone przez Thomsona:

$$e_{\mathrm{Th}} = 1{,}03 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}, \quad m_{\mathrm{Th}} = 6 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}, \quad \left(\frac{e}{m}\right)_{\mathrm{Th}} = 1{,}6 \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}.$$

Różnice względne:

$$\frac{|e_{\mathrm{Th}} - e|}{e} = \frac{|1{,}03 - 1{,}60|}{1{,}60} \approx 36\,\%,$$

$$\frac{|m_{\mathrm{Th}} - m|}{m} = \frac{|6 - 9{,}11|}{9{,}11} \approx 34\,\%,$$

$$\frac{\left|\left(\frac{e}{m}\right)_{\mathrm{Th}} - \frac{e}{m}\right|}{\frac{e}{m}} = \frac{|1{,}6 - 1{,}76|}{1{,}76} \approx 9\,\%.$$

Widać, że spośród wymienionych w treści zadania trzech wielkości Thomson najdokładniej wyznaczył stosunek $\frac{e}{m}$.

Zadanie 65.1.
1 gaus jest jednostką układu CGS i odpowiada wartości 10^{-4} T.
Na podstawie tekstu wprowadzającego wiadomo, że magnetary charakteryzują się polem magnetycznym rzędu 10^{14}–10^{15} Gs.
Zamiana jednostek z gausów (Gs) na tesle (T) daje wynik od 10^{10} T do 10^{11} T.

Zadanie 65.2.
Wartość natężenia pola grawitacyjnego magnetara (przy założeniu kulistego kształtu) należy obliczyć z zależności: $g = \frac{G \cdot M}{R^2}$.
Natężenie pola osiąga maksymalną wartość, gdy masa jest największa, natomiast promień najmniejszy.
Z tekstu wstępnego wynika, że największa masa magnetara jest równa dwóm masom Słońca, natomiast najmniejszy promień wynosi 10 km.
Po odczytaniu masy Słońca z tablic należy obliczyć masę magnetara: $M = 2 \cdot M_s = 4 \cdot 10^{30}$ kg.
Maksymalna wartość natężenia:

$$g = 26{,}68 \cdot 10^{11} \quad \left[\frac{\mathrm{N} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2} \cdot \mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}\right].$$

Zadanie 65.3.

Gęstość materii tworzącej magnetary należy obliczyć ze wzoru: $\rho = \frac{M}{V}$.

Przyjmując kulisty kształt jądra to objętość $V = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3$, maksymalne wartości promienia i masy zgodnie z tekstem wstępnym wynoszą odpowiednio R = 15 km i M = 4 ·10^{30} kg.

Wobec tego gęstość magnetarów wynosi: $\rho = \frac{3M}{4 \cdot \pi \cdot R^3} = 2{,}83 \cdot 10^{17}\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Stosunek gęstości materii tworzącej magnetary i materii jądrowej jest równy $\frac{\rho}{\rho_{\text{j}}} = 1{,}23$.

Zadanie 65.4.

1. Z tekstu wstępnego wynika, że okres obrotu magnetarów waha się od 2 s do ok. 12 s. Częstotliwość jest odwrotnością okresu obrotu, stąd dla magnetarów zmienia się ona od 0,5 Hz do $\frac{1}{12}$ Hz.
2. Magnetary tracą energię wskutek emisji zmiennego pola magnetycznego, natomiast nie jest to charakterystyczne dla Słońca.
3. Z tekstu wstępnego wynika, że magnetary charakteryzują się wolniejszą rotacją wokół własnej osi niż typowe pulsary. Okres obrotu magnetarów waha się od 2 s do ok. 12 s, podczas gdy dla typowych pulsarów wynosi od milisekundy do kilku sekund.

Zadanie 66.1.

Lewitron to po prostu magnes sztabkowy. Plastikowy pierścień wokół magnesu ma niewielki wpływ na kształt linii pola magnetycznego.

Zadanie 66.2.

Ze stanem równowagi trwałej mamy do czynienia wtedy, kiedy środek ciężkości jest położony w najniższym możliwym punkcie, a po wytrąceniu ciała z położenia równowagi powstaje moment sił ciężkości względem punktu podparcia lub zawieszenia powodujący jego powrót do położenia pierwotnego, w którym to położeniu energia potencjalna ma najmniejszą wartość.

Wyłącznie w sytuacji C układ wróci do położenia równowagi.

Zadanie 66.3.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że nieruchomy lewitron znajduje się w stanie równowagi nietrwałej. Ze stanem równowagi nietrwałej mamy do czynienia wtedy, kiedy środek ciężkości znajduje się powyżej punktu podparcia, a przy odchyleniu ciała pojawia się moment sił ciężkości wychylających je w taki sposób, że przemieszcza się ono, zmniejszając swoją energię potencjalną, do momentu osiągnięcia równowagi trwałej (kiedy energia potencjalna osiąga najmniejszą wartość).

Natomiast podczas obracania się lewitronu stały pozostaje moment pędu, a jego zmiana wymaga działania momentu sił obracającego lewitron, więc przez jakiś czas może on lewitować w polu magnetycznym.

Zadanie 66.4.

1. Zarówno nieruchomy lewitron, jak i obracający się, podlegają zasadzie zachowania energii mechanicznej.
2. Zgodnie z I zasadą dynamiki obiekt może wisieć w polu grawitacyjnym, gdy siła ciężaru jest zrównoważona przez inną siłę.
3. Plastik, jako diamagnetyk, ma niewielki wpływ na pole magnetyczne, w którym się znajduje.

Zadanie 67.1.
Brak podłączenia z elektroskopem zapewnia izolację elektryczną (tzn. ładunki nie dopływają z zewnątrz i nie odpływają na zewnątrz), zatem całkowity ładunek wiadra w porównaniu z całkowitym ładunkiem kulki jest taki sam.

Zadanie 67.2.
Naładowana ujemnie kulka wytwarza pole centralne, dla którego linie sił pola są półprostymi „wchodzącymi” do kulki (linie sił pola elektrycznego zaczynają się na ładunkach dodatnich, a kończą na ładunkach ujemnych).

Zadanie 67.3.
Natężenie pola elektrycznego można zdefiniować jako:
(1) $E = \frac{F}{q}$.
Jeżeli za siłę do wzoru (1) podstawimy wzór Coulomba:
(2) $F = \frac{kqQ}{r^2}$,
otrzymamy zależność: $E = \frac{kQ}{r^2}$.

Zadanie 67.4.
Stosując zasadę zachowania ładunku elektrycznego wiemy, że całkowity ładunek nie ulega zmianie dla układu izolowanego elektrycznie.
1. Zatem znając znak ładunku, jakim obdarzona jest naładowana kulka, można określić znak ładunków na listkach elektroskopu. Po wprowadzeniu kulki nastąpi elektryzowanie wiadra przez indukcję i przepływ ładunków z wiadra na listki elektroskopu.
2. Elektryzowanie przez indukcję, polega na chwilowym przegrupowaniu się ładunków, natomiast sumaryczny ładunek wiadra i kuli pozostanie równy zeru.
3. Przedstawiony w zadaniu układ jest izolowany elektrycznie.

Zadanie 67.5.
Elektroskop jest urządzeniem wskazującym różnicę potencjałów między listkami a obudową. Połączenie przewodnikiem listków z obudową powoduje wyrównanie potencjałów między tymi punktami. Dodatkowo postawienie elektroskopu na izolowanej podstawie uniemożliwia przepływ ładunków do otoczenia.
Zatem takie połączenie wpłynie na wskazania elektroskopu, ponieważ napięcie między listkami a obudową będzie równe 0 V.

Zadanie 71.
Ciśnienie hydrostatyczne wywierane przez ciecz na dno naczynia obliczamy, korzystając ze wzoru: $p = \rho \cdot g \cdot h$, gdzie przez ρ oznaczono gęstość cieczy, g to wartość przyspieszenia ziemskiego, a przez h oznaczono wysokość słupa cieczy.
Ponieważ dla obu naczyń wszystkie 3 wielkości (ρ , g i h) są takie same, zatem $p_{\mathrm{I}} = p_{\mathrm{II}}$.
Parcie cieczy na dno obliczamy, mnożąc ciśnienie przez powierzchnię dna naczynia. Ponieważ powierzchnia dna w naczyniu II jest 2 razy większa niż w naczyniu I, a ciśnienia są jednakowe, to prawdziwy jest związek: $2F_{\mathrm{I}} = F_{\mathrm{II}}$.

Zadanie 72.
Ciśnienie wywierane przez słonia jest równe stosunkowi jego ciężaru do pola powierzchni stóp. Ciężar słonia jest proporcjonalny do jego objętości oraz gęstości.
Ciśnienie wywierane przez zwierzęta jest proporcjonalne do stosunku ich objętości do pola powierzchni kończyn:

$$p = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S}.$$

Stosunek ciśnień wywieranych przez zwierzęta wynosi:

$$\frac{p_D}{p_M} = \frac{V_D}{S_D} \cdot \frac{S_M}{V_M} = 4.$$

Oznacza to, że ciśnienie wywierane na podłoże przez osobnika dorosłego p_D jest 4 razy większe niż ciśnienie wywierane przez osobnika młodego p_M.

Zadanie 73.1.

Korzystając z równania stanu gazu doskonałego lub równania Clapeyrona dla gazu sprężonego w butli i dla gazu znajdującego się pod ciśnieniem atmosferycznym, można wykazać, że iloczyn ciśnienia gazu i jego objętości (w tej samej temperaturze) jest wielkością stałą (prawo Boyle'a-Mariotte'a), zatem $p_\mathrm{p} \cdot V_\mathrm{p} = p_0 \cdot V_0$.

Po przekształceniu tej zależności otrzymamy:

$$p_\mathrm{p} = \frac{p_0 \cdot V_0}{V_\mathrm{p}} \quad \left[\frac{\mathrm{hPa} \cdot \mathrm{m}^3}{\mathrm{m}^3} = \mathrm{hPa} \right],$$

dokonując obliczeń uzyskamy:

$$p_\mathrm{p} = \frac{1013\,\mathrm{hPa} \cdot 6{,}3\,\mathrm{m}^3}{0{,}04\,\mathrm{m}^3} = 159547{,}5\,\mathrm{hPa} \approx 15{,}95\ \mathrm{MPa}.$$

Zadanie 73.2.

Liczbę moli azotu (n) znajdującego się w warunkach normalnych ($p_0 = 1013$ hPa i $T_0 = 273$ K) można obliczyć, dzieląc objętość gazu (6,3 m^3) przez objętość molową (22,4 dm^3).

$$n = \frac{V}{V_\mathrm{mola}} \approx 281\ \text{moli}$$

Energia wewnętrzna jest iloczynem liczby moli gazu, liczby Avogadro i średniej energii kinetycznej pojedynczej cząstki gazu.

$$U = n \cdot N_\mathrm{A} \cdot \frac{5}{2} \cdot k_\mathrm{B} \cdot T \quad ,$$

ponieważ $k_\mathrm{B} = \dfrac{R}{N_\mathrm{A}}$, zatem:

$$U = n \cdot N_\mathrm{A} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{R}{N_\mathrm{A}} \cdot T = \frac{5}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

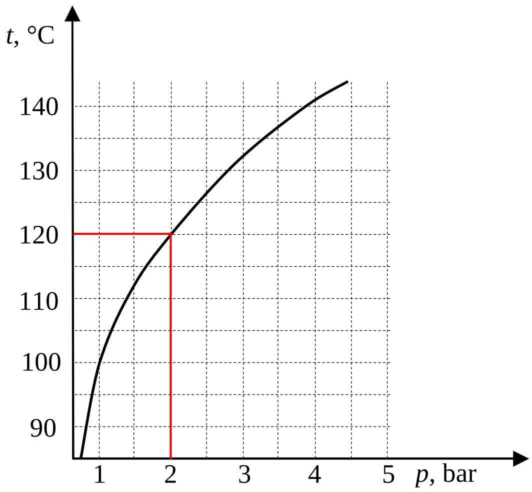
$$U = \frac{5}{2} \cdot 281\ \text{moli} \cdot 8{,}31\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot 273\,\mathrm{K} \approx 1{,}6 \cdot 10^6\ \mathrm{J} = 1{,}6\ \mathrm{MJ}.$$

Porównując wartość energii wewnętrznej z energią potencjalną samochodu, otrzymamy:

$$h = \frac{U}{m \cdot g} = \frac{1{,}6 \cdot 10^6}{10^4 \cdot 10} \approx 16\,\mathrm{m} \quad \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \mathrm{m} \right].$$

Zadanie 74.1.

Z wykresu można odczytać, że dla ciśnienia 2 barów temperatura wrzenia wody jest równa 120°C.



Zadanie 74.2.

Ciężarek zamyka wylot rurki, działając na nią siłą równą jego ciężarowi. Siła parcia wynikająca z ciśnienia pary w szybkowarze stara się unieść ciężarek, otwierając zawór. Sytuacją graniczną, z punktu widzenia otwarcia zaworu, jest zrównoważenie się obu tych sił. Na ciężarek pionowo do dołu działają 2 siły, siła ciężkości ciężarka i siła wynikająca z ciśnienia atmosferycznego (1 bar). Natomiast pionowo do góry działa na niego siła wynikająca z ciśnienia wewnątrz szybkowaru (2 bary), czyli ciśnienie powodujące uniesienie ciężarka będzie równe: $p = 2\,\text{bary} - 1\,\text{bar} = 1\,\text{bar} = 10^5\ \text{Pa}$.

Zatem: $F_{parcia} = p \cdot S = m \cdot g$.

Pole przekroju rurki można przedstawić równaniem:

$S = \dfrac{\pi \cdot d^2}{4}$, gdzie d jest średnicą rurki.

Po dokonaniu odpowiednich przekształceń:

$$m = \frac{\pi \cdot p \cdot d^2}{4 \cdot g} = \frac{3{,}14 \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}}{4 \cdot 10\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 0{,}13\,\text{kg}.$$

Zadanie 75.1.

Ciśnienie gazu wewnątrz cylindra jest równe sumie ciśnienia atmosferycznego oraz ciśnienia wywieranego przez ciężar obciążenia.

Ciśnienie wywierane przez obciążenie: $p_c = \dfrac{m \cdot g}{S}$.

Po podstawieniu danych do wzoru otrzymujemy:

$$p_c = \frac{8\,\text{kg} \cdot 10\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}}{7 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 1{,}14 \cdot 10^5\ \text{Pa}.$$

Ciśnienie wewnątrz cylindra: $p = p_{atm} + p_c$

$p_{atm} = 10^5\,Pa$

$p = 2{,}14 \cdot 10^5\ \text{Pa}$.

Aby obliczyć masę gazu, należy skorzystać z równania Clapeyrona: $p \cdot V = \dfrac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$.

Przekształcając to równanie, otrzymamy:

$$m = \mu \cdot \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \qquad \left[\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} \cdot \frac{\mathrm{Pa} \cdot \mathrm{m}^3}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot \mathrm{K}} = \mathrm{g} \frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} \cdot \mathrm{m}^3}{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}} = \mathrm{g} \right].$$

Po wstawieniu danych otrzymujemy:

$$m = 28 \cdot \frac{2{,}14 \cdot 10^5 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 288} = 2\ \mathrm{g}.$$

Zadanie 75.2.

Aby sporządzić wykres zależności objętości gazu od dostarczonego do niego ciepła, należy wyznaczyć objętość końcową gazu oraz ilość ciepła dostarczonego do gazu.

Ogrzewanie gazu w cylindrze jest izobaryczne: $\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1}$.

Objętość końcowa gazu:

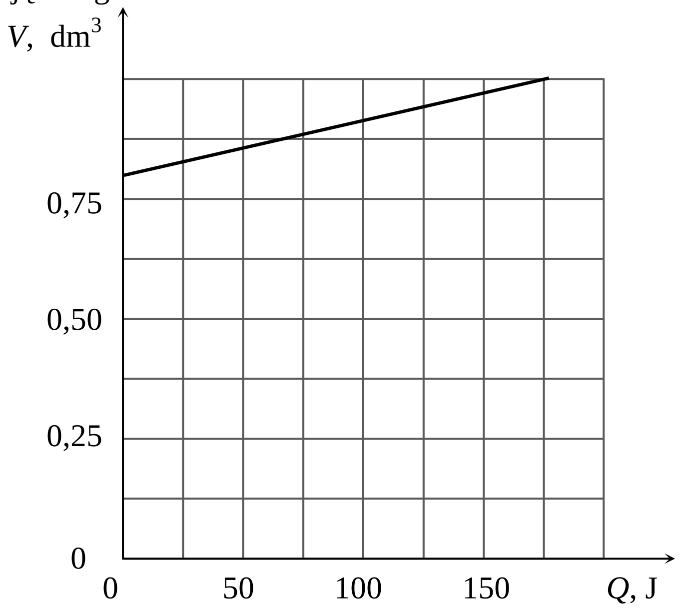
$$V_1 = V \cdot \frac{T_1}{T} = 0{,}8\ \mathrm{dm}^3 \cdot \frac{373\ \mathrm{K}}{288\ \mathrm{K}} = 1{,}04\ \mathrm{dm}^3.$$

Ciepło dostarczone do gazu w przemianie izobarycznej: $Q = C_p \cdot \frac{m}{\mu} \cdot \Delta T$.

Podstawiając dane do wzoru, otrzymujemy:

$$Q = C_p \cdot \frac{m}{\mu} \cdot \Delta T = \frac{7}{2} \cdot 8{,}31 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot \frac{2\ \mathrm{g}}{28 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}} \cdot 85\ \mathrm{K} = 177\ \mathrm{J}.$$

Aby sporządzić wykres, należy na osi poziomej nanieść dostarczone ciepło, a na osi pionowej objętość gazu:



Praca wykonana przez gaz w przemianie izobarycznej jest równa iloczynowi ciśnienia gazu oraz zmiany jego objętości: $W = p \cdot \Delta V$.

Podstawiając dane do wzoru, otrzymujemy:

$$W = 2{,}14 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa} \cdot 0{,}24 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^3 = 51{,}4\ \mathrm{J}.$$

Zadanie 76.1.
Rozwiązywanie zadania wygodnie będzie zacząć od analizy procesu w naczyniu II – unieruchomiony tłok oznacza, że objętość gazu podczas ogrzewania nie ulega zmianie, jest to przemiana izochoryczna.
W naczyniu I podczas ogrzewania będzie rosła temperatura gazu oraz jego ciśnienie, co spowoduje uniesienie się tłoka, a to spowoduje obniżenie ciśnienia do wartości początkowej. W tym wypadku ruchomy tłok zapewni stałość ciśnienia. Tak więc zachodzi przemiana izobaryczna.

Zadanie 76.2.
1. Skorzystaj z I zasady termodynamiki: $\Delta U = Q + W$. Gaz ogrzewany w naczyniu I zwiększa swoją objętość, a więc wykonuje pracę. Przyrost energii wewnętrznej wynosi: $\Delta U_1 = Q - W$. W naczyniu II gaz nie może wykonać pracy, bo jego objętość nie zmienia się, czyli $\Delta U_2 = Q$. Czyli $\Delta U_1 \neq \Delta U_2$.
2. Praca związana jest ze zmianą objętości gazu. W naczyniu II gaz nie zmienia objętości, zatem nie wykonuje pracy.
3. Temperatura w skali bezwzględnej to wielkość fizyczna wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej ruchu postępowego cząsteczek. Skoro w obu naczyniach był ten sam gaz w tej samej temperaturze, to średnia energia kinetyczna ruchu postępowego atomów również była jednakowa. Z tego wynika, że wartości średniej prędkości atomów gazu w obu naczyniach były jednakowe.

$E_{K_{śr}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ i $E_{K_{śr}} = \frac{3}{2} k_b \cdot T$, $\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} k_b \cdot T \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3k_bT}{m}}$.

Zadanie 76.3.
W obu procesach gaz pobrał jednakowe ilości ciepła. Zapisz wzory na ciepło pobrane przez gaz w obu przemianach – izobarycznej i izochorycznej:
$Q = nC_p\Delta T_1$ i $Q = nC_V\Delta T_2$,
gdzie c_p – ciepło molowe gazu przy stałym ciśnieniu, a c_V – ciepło molowe gazu przy stałej objętości.
Przekształć wzory do postaci: $\Delta T_1 = \frac{Q}{nC_p}$ i $\Delta T_2 = \frac{Q}{nC_V}$.
Podziel stronami powyższe równania:

(1) $\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{\frac{Q}{nC_p}}{\frac{Q}{nC}} \Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{Q}{nC_p} \cdot \frac{nC_V}{Q} \Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{C_V}{C_p}$

Skorzystaj ze wzoru $C_p = C_V + R$, oblicz ciepło molowe $C_p = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$ i wstaw $C_p = \frac{5}{2}R$ do (1):

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$$

Zadanie 76.4.
Skorzystaj ze wzoru na pracę objętościową gazu:
(1) $W = p\Delta V$.
Zmianę objętości gazu oblicz, korzystając z równania Clapeyrona.
$pV_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{p}$ oraz $pV_2 = nRT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{nRT_2}{p}$
$\Delta V = \frac{nRT_2}{p} - \frac{nRT_1}{p} \Rightarrow \Delta V = \frac{nR(T_2 - T_1)}{p} \Rightarrow$

(2) $$\Delta V = \frac{nR\Delta T}{p}.$$

Przyrost temperatury oblicz, korzystając z zależności: $Q = nC_p\Delta T$.

(3) $$\Delta T = \frac{Q}{nC_p}$$

Wstaw wzór (3) do wzoru (2) i oblicz zmianę objętości gazu:

(4) $$\Delta V = \frac{nR\Delta T}{p} = \frac{nR\frac{Q}{nC_p}}{p} = \frac{Q \cdot R}{p \cdot C_p}.$$

Obliczoną zmianę objętości (4) wstaw do wzoru (1) i oblicz pracę:

$$W = p\Delta V = p \cdot \frac{Q \cdot R}{p \cdot C_p}$$

$$W = \frac{Q \cdot R}{C_p} = \frac{Q \cdot R}{\frac{5R}{2}} = \frac{2Q \cdot R}{5R} = \frac{2Q}{5} = \frac{4000}{5} = 800 \text{ J}$$

Zadanie 77.1.

W tekście zadania zapisano, że część powietrza wydostawała się z cylindra, więc masa powietrza nie była stała.

Zadanie 77.2.

Należy rozważyć przemianę izobaryczną gazu po zakończeniu ogrzewania cylindra, czyli podczas ochładzania się powietrza w jego wnętrzu.

Przemianę izobaryczną podczas ochładzania powietrza można zapisać w postaci: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$,

gdzie: T_1 – szukana temperatura wewnątrz ogrzanego cylindra, V_1 – objętość całego cylindra, T_2 – temperatura końcowa powietrza w cylindrze, V_2 – objętość powietrza w cylindrze wypełnionym częściowo wodą,

Wyznaczenie wzoru na T_1: $T_1 = T_2 \cdot \frac{V_1}{V_2}$.

Należy zauważyć, że $V_1 = S \cdot H$ oraz $V_2 = S \cdot h$,

gdzie: h – wysokość słupa powietrza w cylindrze z wodą (h = 13 cm), H – wysokość słupa powietrza w pustym cylindrze (H = 15 cm).

Wyznaczenie temperatury wewnątrz ogrzanego cylindra.

$$T_1 = T_2 \cdot \frac{S \cdot H}{S \cdot h} = 293\,\text{K} \cdot \frac{15\,\text{cm}}{13\,\text{cm}} = 338\,\text{K} \quad (t = 65°\text{C})$$

Zadanie 77.3.

Należy obliczyć ciśnienie słupa wody o wysokości 2 cm.

$$p = d_w \cdot g \cdot h = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}\ \text{m} = 200\,\text{Pa}$$

Następnie należy porównać ciśnienie słupa wody z ciśnieniem atmosferycznym.

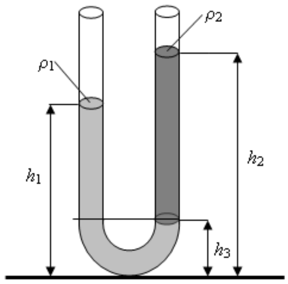
Można stwierdzić, że ciśnienie słupa wody stanowi 0,2 % ciśnienia atmosferycznego.

Zadanie 78.

1. W opisanej sytuacji mamy do czynienia z dwoma ciśnieniami: atmosferycznym i hydrostatycznym (słupa wody). W tym przypadku prawo Pascala jest spełnione, tak więc w naczyniach połączonych poziom cieczy wyrównuje się, zatem objętość naczyń nie wpływa na wyrównywanie się poziomów cieczy.

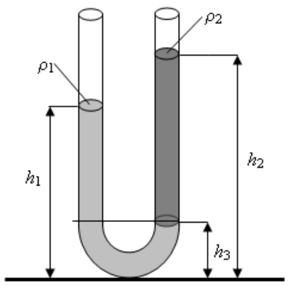
2. W tym przypadku prawo Pascala jest spełnione, tak więc w naczyniach połączonych poziom cieczy wyrównuje się, zatem miejsce zamocowania rurki pozwalającej na przepływ wody między naczyniami I i II nie wpływa na wyrównywanie się poziomów cieczy.
3. Chcąc wyznaczyć wartość ciśnienia w wodzie na dnie naczyń, dodajemy ciśnienie atmosferyczne do hydrostatycznego opisanego wzorem: $p_h=\rho\cdot g\cdot h$. Całkowite ciśnienie opiszemy zależnością: $p_c=\rho\cdot g\cdot h+p_{atm.}$. Wartość ciśnienia hydrostatycznego jest 2 razy większa w naczyniu II niż w naczyniu I (bo wysokość słupa cieczy jest 2 razy większa), ale po dodaniu ciśnienia atmosferycznego, które dla obu naczyń jest takie samo, całkowite ciśnienie nie będzie 2 razy większe: $p_{c1}=\rho\cdot g\cdot 2+p_{atm}$; $p_{c2}=\rho\cdot g\cdot 4+p_{atm}$. Zatem: $2p_{c1}\neq p_{c2}$.

Zadanie 79.1.



Ocena poprawności wszystkich zdań wymaga analizy rysunku.
Ciśnienie słupów cieczy na zaznaczonym linią poziomie można wyrazić wzorem: $p=\rho\cdot g\cdot h$, gdzie przez h oznaczono wysokości słupów cieczy w obu rurkach mierzone od wskazanego poziomu.
Zgodnie z prawem Pascala ciśnienia w obu rurkach na poziomie wskazanym poziomą linią są jednakowe.
1. Ponieważ ciśnienia na wskazanym poziomie są jednakowe, to iloczyny $\rho\cdot h$ dla obu cieczy są równe (wielkości te są więc odwrotnie proporcjonalne). Wyższy słup odpowiada mniejszej gęstości cieczy. Gęstości obu cieczy spełniają związek $\rho_1>\rho_2$.
2. Opisana metoda pozwala wyznaczać gęstość cieczy przy dowolnych (różnych) średnicach obu pionowych rurek, ponieważ we wzorze $\rho_2=\rho_1\dfrac{h_1-h_3}{h_2-h_3}$ nie występują pola powierzchni przekroju poprzecznego (ciśnienie nie zależy od wielkości powierzchni).
3. Po umieszczeniu naczynia w windzie poruszającej się z przyspieszeniem o wartości a w górę, można wyznaczyć gęstości cieczy, ponieważ będzie obowiązywał wzór $p=\rho\cdot(g+a)\cdot h$ i w każdej chwili wypadkowe przyspieszenie, działające na obie ciecze w obu rurkach, będzie wprawdzie większe od wartości przyspieszenia ziemskiego g, ale jednakowe).

Zadanie 79.2.



Ciśnienia hydrostatyczne słupów cieczy na tym poziomie można wyrazić wzorem: $p=\rho\cdot g\cdot h$, gdzie przez h oznaczono wysokości słupów cieczy w obu rurkach mierzone od wskazanego poziomu (patrz rysunek).
Zgodnie z prawem Pascala ciśnienia w obu rurkach na poziomie wskazanym poziomą linią są jednakowe, prawdziwy, zatem jest związek: $\rho_1\cdot g\cdot(h_1-h_3)+p_{atm}=\rho_2\cdot g\cdot(h_2-h_3)+p_{atm}$

Po uproszczeniu i przekształceniu wzór przyjmuje postać: $\rho_2=\rho_1\dfrac{h_1-h_3}{h_2-h_3}$

Zadanie 79.3.

Ciśnienia słupów cieczy (na poziomach powierzchni swobodnej cieczy w naczyniach) można wyrazić wzorem: $\rho_1\cdot g\cdot(h_2-h_1)$ oraz $\rho_2\cdot g\cdot(h_3-h_4)$ (patrz rysunek).
Równość ciśnień wywieranych przez obie ciecze wynika z prawa Pascala.
Ponieważ na zewnątrz panuje ciśnienie atmosferyczne, a wewnątrz rurki ciśnienie powietrza jest równe p, to na poziomach powierzchni swobodnej cieczy w obu naczyniach prawdziwy jest związek: $p+(h_2-h_1)\cdot\rho_1\cdot g=p_{atm}=p+(h_3-h_4)\cdot\rho_2\cdot g$.

Zadanie 80.1.
Tuż po odpadnięciu plastikowego fragmentu wysokość słupa wody w naczyniu była taka sama jak przed. Ciśnienie hydrostatyczne na dnie naczynia było zatem również takie samo:
$p = \rho \cdot g \cdot h$,
gdzie ρ – gęstość wody, g – wartość przyspieszenia ziemskiego, h – wysokość słupa wody.
Siła parcia wody na dno naczynia przed odpadnięciem plastikowego fragmentu wynosiła:
$F_0 = p \cdot S$,
gdzie $S = 100\ \mathrm{cm}^2$ jest polem powierzchni dna naczynia.
Siła parcia wody na dno naczynia tuż po odpadnięciu plastikowego fragmentu była równa:
$F_1 = p \cdot (S - S_{\mathrm{otw}})$,
gdzie $S_{\mathrm{otw}} = 4\ \mathrm{cm}^2$ jest polem powierzchni otworu w dnie naczynia.
Masa wskazywana przez wagę jest w opisanej sytuacji wprost proporcjonalna do siły parcia wody na dno naczynia, a współczynnikiem proporcjonalności jest wartość przyspieszenia ziemskiego g.
Przed odpadnięciem plastikowego fragmentu waga wskazywała masę $m_0 = 1\ \mathrm{kg}$, spełniającą relację: $F_0 = p \cdot S = m_0 \cdot g$,
natomiast tuż po jego odpadnięciu waga wskazywała masę m_1, spełniającą relację:
$F_1 = p \cdot (S - S_{\mathrm{otw}}) = m_1 \cdot g$.
Dzieląc stronami powyższe dwie relacje, otrzymuje się: $\frac{m_1}{m_0} = \frac{S - S_{\mathrm{otw}}}{S}$,
stąd: $m_1 = \frac{S - S_{\mathrm{otw}}}{S} \cdot m_0 \quad \left[\frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{cm}^2} \cdot \mathrm{kg} = \mathrm{kg}\right]$,
gdzie $S = 100\ \mathrm{cm}^2$ – pole powierzchni dna naczynia, $S_{\mathrm{otw}} = 4\ \mathrm{cm}^2$ – pole powierzchni otworu w dnie, $m_0 = 1\ \mathrm{kg}$ – masa wskazywana przez wagę przed odpadnięciem plastikowego fragmentu.

$$m_1 = \frac{100 - 4}{100} \cdot 1 = 0{,}96\ \mathrm{kg}.$$

Zadanie 80.2.
W miarę upływu czasu wysokość słupa wody i ciśnienie hydrostatyczne na dnie malało. Malała więc także wartość siły działającej na wodę wypływającą przez otwór, a woda osiągała coraz mniejszą prędkość. Gdyby wypływający przez otwór w dnie strumień wody skierować do góry (np. za pomocą rurki), to powinien on osiągnąć maksymalną wysokość taką samą, jaka w danym momencie jest wysokość słupa wody w naczyniu (tak jak w naczyniach połączonych). Z kolei skierowany do góry strumień wody może osiągnąć tym większą wysokość, im większa jest jego prędkość. Wynika stąd, że im mniejsza wysokość słupa wody w naczyniu, tym mniejsza jest prędkość wypływu wody przez otwór w dnie.

Zadanie 81.
Wpływ ciśnienia atmosferycznego na ciśnienie w obu naczyniach był taki sam. Ciśnienie hydrostatyczne na dnie naczynia zależy od wysokości słupa wody nad dnem, a więc w obu naczyniach było ono takie samo. Ponieważ pole powierzchni dna w obu naczyniach było takie samo i wynosiło $S_{\mathrm{I}} = S_{\mathrm{II}} = S = a^2$, więc wartości sił nacisku wody na dna obu naczyń również były takie same: $F_{\mathrm{I}} = F_{\mathrm{II}} = F = p \cdot S$,

gdzie p jest ciśnieniem na dnie każdego z naczyń.
Na pierwszy rzut oka wydaje się to paradoksalne, ponieważ ciężar wody w drugim naczyniu jest mniejszy niż w pierwszym. Trzeba jednak zauważyć, że zgodnie z prawem Pascala ciśnienie rozchodzi się jednakowo we wszystkich kierunkach, a więc ma wpływ nie tylko na siłę, z jaką woda działa na dno, ale także na ścianki boczne. W naczyniu II ciężar wody jest wprawdzie mniejszy niż w I, ale na siłę nacisku wody na dno naczynia składa się także pionowa składowa siły oddziaływania między wodą, a ścianką ukośną.

Zadanie 82.1.
1. Ciśnienie hydrostatyczne wody rośnie wraz ze wzrostem wysokości słupa wody. Im głębiej jest dzwon, tym większe jest ciśnienie.
2. Siła wyporu jest tym większa, im większa jest objętość ciała zanurzonego w cieczy. Gdy dzwon wraz w powietrzem w jego wnętrzu się zanurza, to maleje objętość powietrza. Gdy maleje objętość ciała zanurzonego, to maleje wartość siły wyporu.
3. Gdyby średnia gęstość dzwonu (stali oraz powietrza w jego wnętrzu) była mniejsza od gęstości wody, to jego całkowite zanurzenie nie byłoby możliwe.

Zadanie 82.2.
Dzwon znajduje się pod wodą oraz jest zawieszony na linie. Na dzwon ten działają 3 siły: ciężar $\vec{Q}$, siła wyporu $\vec{F_w}$ oraz naciągu liny $\vec{N}$. Suma sił wyporu oraz naciągu liny jest równa ciężarowi. Siła wypadkowa ma więc wartość równą zeru.

Zadanie 82.3.
Należy naszkicować zmiany ciśnienia w zależności od głębokości. Na wykresie musi być widoczne, że ciśnienie na powierzchni wody wynosi 1000 hPa. Nie musi być zaznaczone końcowe ciśnienie
Wykres może być liniowy, bo zmiana ciśnienia wywołana zmianą temperatury jest dużo mniejsza od zmiany wywołanej głębokością pod powierzchnią wody.

Zadanie 82.4.
Obliczenie ciśnienia na głębokości 300 m pod powierzchnią wody:

$$p_2 = \rho_w \cdot g \cdot H + p_0 = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 300\ \text{m} + 10^5\ \text{Pa} = 3{,}1 \cdot 10^6\ \text{Pa}$$

Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego w postaci:

$$\frac{p_0 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}.$$

Zastosowanie wzoru na objętość powietrza w dzwonie w postaci: $V_1 = S \cdot h$ oraz $V_2 = S \cdot x$.

Obliczenie wysokości słupa powietrza w dzwonie: $S \cdot x = S \cdot h \cdot \dfrac{p_0 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1}$

$$x = 2{,}5\ \text{m} \cdot \frac{10^5\ \text{Pa} \cdot 277\ \text{K}}{3{,}1 \cdot 10^6\ \text{Pa} \cdot 293\ \text{K}} = 0{,}076\ \text{m}.$$

Zadanie 83.1.
Cząsteczki obu gazów w zbiornikach wykonują chaotyczne ruchy postępowe. Po otwarciu zaworu znika bariera rozdzielająca oba gazy, co umożliwia ich wzajemne przenikanie. Dzięki temu możliwe jest wymieszanie się po pewnym czasie obu gazów. Zjawisko wzajemnego przenikania i mieszania się gazów nazywamy dyfuzją.

Zadanie 83.2.
Cząsteczki obu gazów w zbiornikach wykonują chaotyczne ruchy postępowe od zderzenia do zderzenia. Średnia energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek jest proporcjonalna do temperatury bezwzględnej gazu (w skali Kelwina).
Zatem im wyższa jest temperatura gazu, tym większa jest energia kinetyczna cząsteczek, a także większa wartość średniej ich prędkości. Dlatego szybkość mieszania się (wzajemnego przenikania/dyfuzji) obu gazów w zbiornikach w wyższej temperaturze będzie większa.

Zadanie 83.3.
Stan gazu w naczyniu opisuje równanie Clapeyrona: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, które można przekształcić do postaci: $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$, gdzie przez *n* oznaczono liczbę moli gazu.
Ponieważ łączna liczba moli obu gazów w obu zbiornikach jest równa: $n = n_1 + n_2$, to po podstawieniu powyższego wzoru, w odniesieniu do n_1 *i* n_2, można otrzymać zależność:

$$n = \frac{p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2}{R \cdot T}.$$

Zadanie 83.4.
Stan gazu w naczyniu opisuje równanie Clapeyrona: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$.
Ponieważ łączna objętość obu zbiorników jest równa $V_1 + V_2$, a całkowita liczba moli obu gazów jest równa: $n = n_1 + n_2$, to równanie Clapeyrona opisujące stan gazu w naczyniach przyjmie postać: $p_k \cdot (V_1 + V_2) = (n_1 + n_2) \cdot R \cdot T$.
Po przekształceniu wzór na ciśnienie końcowe przyjmuje postać: $p_k = \frac{(n_1 + n_2) \cdot R \cdot T}{V_1 + V_2}$.
Ponieważ liczby moli obu gazów nie są znane, należy wyznaczyć z równania Clapeyrona $n_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T}$ oraz $n_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R \cdot T}$.
Po podstawieniu tych związków do wzoru $p_k = \frac{(n_1 + n_2) \cdot R \cdot T}{V_1 + V_2}$ można otrzymać wzór: $p_k = \frac{p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$, z którego można obliczyć ciśnienie końcowe gazów.

$$p_k = \frac{2{,}5 \cdot 10^5 \cdot 0{,}5 + 4 \cdot 10^5 \cdot 0{,}2}{0{,}5 + 0{,}2} = 0{,}293 \text{ MPa} \approx 0{,}3 \text{ MPa} \qquad \left[\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3 + \text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{m}^3 + \text{m}^3} = \text{Pa} \right]$$

Zadanie 84.1.
Ciepło molowe gazu to ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 mola dowolnego gazu o 1 K. Definicja ciepła molowego dotyczy wszystkich gazów, ponieważ ich ogrzewanie przebiega w podobny sposób.
Dla gazów ciepło właściwe zależy od rodzaju przemiany gazowej, dlatego wprowadzono pojęcie ciepła molowego przy stałym ciśnieniu C_p (ciepło molowe w przemianie izobarycznej) i przy stałej objętości C_v (ciepło molowe w przemianie izochorycznej). Ogrzewanie gazu przy stałym ciśnieniu wymaga dostarczenia większych ilości ciepła, ponieważ podczas takiego ogrzewania gaz wykonuje także pracę związaną ze wzrostem jego objętości i w związku z tym dla tego samego gazu zawsze prawdziwa jest relacja $C_p > C_V$.

Zadanie 84.2.

Ciepło molowe gazu to ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 mola dowolnego gazu o 1 K. Definicja ciepła molowego dotyczy wszystkich gazów, ponieważ ich ogrzewanie (prowadzące do wzrostu energii wewnętrznej) przebiega w podobny sposób.

Energia wewnętrzna gazu jednoatomowego jest sumą energii kinetycznych ruchu postępowego tworzących go atomów i nie zależy od ich masy atomowej.

Dla gazów złożonych z cząsteczek 2- lub więcej atomowych nie możemy już zakładać, że energia wewnętrzna jest wyłącznie sumą energii kinetycznych ruchu postępowego cząsteczek. W takich wypadkach istotny wkład do energii wewnętrznej gazu wnoszą inne rodzaje ruchu cząsteczek, takie jak ruch obrotowy lub oscylacyjny.

Wszystkie rodzaje cząsteczek gazu mogą uczestniczyć w ruchu postępowym. Dodatkowo dla cząsteczek gazów 2- lub wieloatomowych możliwy jest ruch obrotowy (cała cząsteczka wiruje wokół osi) oraz ruch drgający, polegający na zbliżaniu się i oddalaniu atomów wewnątrz cząsteczki. Liczbę wszystkich możliwych niezależnych rodzajów ruchu cząsteczki określa jej liczba stopni swobody. Zatem im większa liczba atomów w cząsteczce gazu, tym ciepło molowe tego gazu jest większe.

1. Ciepło molowe gazów jednoatomowych nie zależy od masy atomowej tego gazu.
2. Gazy wieloatomowe mają zawsze większe ciepło molowe niż gazy jednoatomowe.
3. Ciepło molowe gazu nie rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia gazu podczas przemiany, ponieważ jest wielkością charakterystyczną i stałą dla gazu.

Zadanie 84.3.

Ciepło molowe gazu to ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 mola dowolnego gazu o 1 K. Dla gazów ciepło molowe zależy od rodzaju przemiany gazowej, dlatego wprowadzono pojęcie ciepła molowego przy stałym ciśnieniu C_p (ciepło molowe w przemianie izobarycznej) i przy stałej objętości C_v (ciepło molowe w przemianie izochorycznej). Ogrzewanie gazu przy stałym ciśnieniu wymaga dostarczenia większych ilości ciepła, ponieważ podczas takiego ogrzewania gaz wykonuje także pracę związaną ze wzrostem objętości i dlatego dla tego samego gazu zawsze prawdziwa jest relacja $C\text{p} > C_V$.

Podczas ogrzewania gazu przy stałej objętości gaz nie wykonuje pracy i całe dostarczone ciepło wykorzystane jest na zwiększenie energii kinetycznej ruchu postępowego drobin gazu.

Zadanie 85.1.

Pracę wykonaną przez silnik należy obliczyć jako pole figury ograniczonej wykresem przemian cyklu A–B–C–A. Pole to jest różnicą pól pod wykresem B–C i wykresem C–A.

$W = W_{\text{B–C}} - W_{\text{C–A}}$

Pole pod krzywą B–C jest równe podanej pracy w przemianie izotermicznej $W_{\text{B–C}} = 2773\ \text{J}$, a pole pod wykresem C–A można obliczyć jak pole prostokąta:

$$W_{\text{C–A}} = (2000 - 1000)\cdot 10^2 \cdot (0{,}04 - 0{,}02) = 2000\ \text{J} \quad \left[\text{Pa}\cdot\text{m}^3 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\cdot\text{m}^3 = \text{N}\cdot\text{m} = \text{J}\right]$$

$$W = W_{\text{B–C}} - W_{\text{C–A}} = 2773\ \text{J} - 2000\ \text{J} = 773\ \text{J}.$$

Zadanie 85.2

1. Przemiana A–B jest izochoryczna. Objętość gazu jest stała, a dwukrotny wzrost ciśnienia oznacza dwukrotny wzrost temperatury bezwzględnej gazu, ponieważ $\frac{p}{T} = const$.

Temperatura bezwzględna jest wyrażana w kelwinach (K) i jej wartość nie jest proporcjonalna do temperatury wyrażonej w stopniach Celsjusza (°C).

2. Przemiana B–C jest izotermiczna. Temperatura gazu jest stała, czyli nie zmienia się także energia wewnętrzna gazu. Z I zasady termodynamiki wynika, że jeżeli gaz wykonuje pracę i nie zmienia swojej energii wewnętrznej, to musi pobierać ciepło.
3. Przemiana C–A jest izobaryczna. Ciśnienie gazu jest stałe, a objętość gazu jest wprost proporcjonalna do temperatury $\frac{V}{T} = const.$ Podczas przemiany objętość i temperatura gazu maleją. Zmniejszenie temperatury oznacza zmniejszenie energii wewnętrznej gazu.

Zadanie 85.3.

Należy zastosować wzór na sprawność silnika cieplnego: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ i po przekształceniu wzoru obliczyć ciepło pobrane przez silnik: $Q_1 = \frac{Q_2}{1-\eta} = \frac{5000}{1-0{,}134} \approx 5774\ \mathrm{J}$.

Zadanie 86.1.

Dla określonej masy gazu można zapisać równanie Clapeyrona: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ i wyrazić liczbę moli jako iloraz masy gazu przez masę molową: $n = \frac{m}{\mu}$.

Równanie przyjmie wtedy postać: $p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$.

Po przekształceniu można uzyskać wzór: $m = \frac{\mu \cdot p \cdot V}{R \cdot T}$.

Z wykresu można odczytać, że w stanie A ciśnienie i temperatura dwutlenku węgla były równe odpowiednio $p = 3 \cdot 10^5$ Pa, oraz $V = 0{,}1\ \mathrm{m}^3$.
Temperatura gazu w kelwinach jest równa $T = 293$ K (20 + 273 = 293).
Masa molowa dwutlenku węgla jest równa 44 g (odpowiednie dane dotyczące mas atomowych węgla i tlenu można odczytać z układu okresowego w zestawie *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki.*

Po podstawieniu wartości liczbowych do wzoru: $m = \frac{\mu \cdot p \cdot V}{R \cdot T}$,

obliczona masa gazu jest równa:

$$m = \frac{44 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0{,}1}{8{,}31 \cdot 293} = 0{,}542\ \mathrm{kg} \quad \left[\frac{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}} \cdot \mathrm{Pa} \cdot \mathrm{m}^3}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot \mathrm{K}} = \frac{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}} \cdot \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} \cdot \mathrm{m}^3}{\frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot \mathrm{K}} = \mathrm{kg} \right]$$

$m = 0{,}542\ \mathrm{kg} \approx 0{,}54\ \mathrm{kg}$

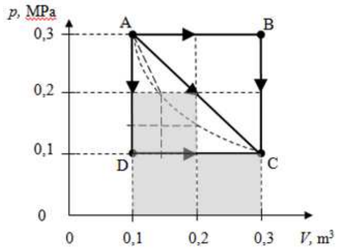
Zadanie 86.2.

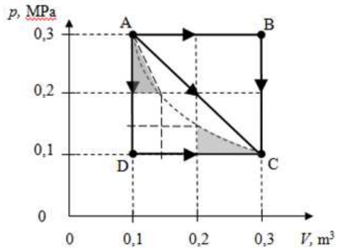
Praca wykonana przez gaz podczas rozprężania jest równa polu figury po wykresem zależności $p(V)$.
Pole figury pod odcinkiem AC jest większe od pola figury pod krzywą AC.
Z wykresu wynika więc, że gdyby gaz poddano izotermicznemu rozprężaniu (linia przerywana), to wykonana przez gaz praca w porównaniu z pracą WAC byłaby mniejsza. Podczas tej przemiany temperatura gazu jest stała, zatem pobiera on ciepło z otoczenia.

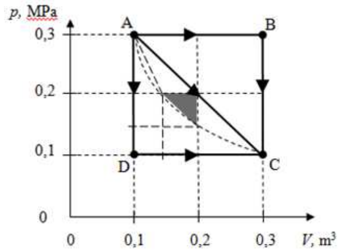
Zadanie 86.3.

Praca wykonana przez gaz podczas rozprężania jest równa polu powierzchni figury pod izotermą, obliczanej jako iloczyn zmian ciśnienia i objętości.

Aby oszacować to pole powierzchni, należy podzielić figurę pod fragmentem izotermy AC na 3 jednakowe „kwadraty” (oznaczone w obliczeniach przez $W_{\square}$), do których należy dodać 2 jednakowe „trójkąty” i odjąć trzeci „trójkąt” (patrz poniższe wykresy). Następnie obliczyć pola zacienionych figur.







$W_{\square}$ = 0,1 m^3·0,1 MPa
$W_{\square}$ = 10 kJ

W_1 = 0,5·0,1 m^3·0,05 MPa
W_1 = 2,5 kJ

W_2 = 0,5·0,05 m^3·0,05 MPa
W_2 = 1,25 kJ

Praca wykonana przez gaz podczas rozprężania będzie równa:
$W \approx 3 \cdot W_{\square} + 2 \cdot W_1 - W_2 \approx 30$ kJ + 5 kJ – 1,25 kJ ≈ 33,75 kJ

Zadanie 87.1.

Praca efektywna wykonana przez gaz w jednym cyklu jest równa polu powierzchni wewnątrz przedstawionego wykresu, czyli:

$$W = \frac{1}{2}(2p_0 - p_0)(2V_0 - V_0) = \frac{1}{2}p_0V_0 .$$

Stwierdzenie 1. oznaczałoby, że ciepło pobierane przez gaz w jednym cyklu byłoby w całości zamieniane na pracę, a więc byłoby to sprzeczne z II zasadą termodynamiki. Równości pobranego ciepła i wykonanej pracy nie zabrania natomiast pierwsza zasada termodynamiki. W opisanym przypadku ciepło pobierane przez gaz w jednym cyklu musi być większe niż praca efektywna wykonana przez gaz w jednym cyklu $\frac{1}{2}p_0 \cdot V_0$.

Zadanie 87.2.

Praca efektywna wykonana przez gaz w jednym cyklu jest równa polu powierzchni wewnątrz wykresu: $W = \frac{1}{2}(2p_0 - p_0)(2V_0 - V_0) = \frac{1}{2}p_0V_0$.

Ciepło pobierane przez gaz w jednym cyklu jest równe:

$$Q = C_V \cdot n \cdot (T_B - T_A) + C_p \cdot n \cdot (T_C - T_B),$$

gdzie n – liczba moli gazu, C_V – ciepło molowe w przemianie izochorycznej, C_p – ciepło molowe w przemianie izobarycznej, T_A, T_B, T_C – temperatury w punktach A, B, C cyklu.

Z równania stanu gazu doskonałego (równania Clapeyrona) w punktach A, B, C cyklu:

$$p_0 \cdot V_0 = n \cdot R \cdot T_A$$
$$2p_0 \cdot V_0 = n \cdot R \cdot T_B$$
$$2p_0 \cdot 2V_0 = n \cdot R \cdot T_C$$

(R – uniwersalna stała gazowa).

Oznaczając $T_A = T_0$ można stwierdzić, że $T_B = 2T_0$ oraz $T_C = 4T_0$. Po uwzględnieniu tego, wzór na ciepło pobrane przez gaz w jednym cyklu przyjmuje postać:

$\Delta Q = C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0$.

Sprawność cyklu wynosi natomiast:

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \cdot V_0}{C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0} = \frac{\frac{1}{2} n \cdot R \cdot T_0}{C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0} = \frac{\frac{1}{2} R}{C_V + 2C_p} = \frac{R}{2C_V + 4C_p}.$$

Zadanie 88.1.

Gaz pobiera ciepło, gdy rośnie jego temperatura lub gdy wykonuje pracę kosztem dostarczonego ciepła. Gaz oddaje ciepło do otoczenia, gdy jego temperatura maleje.

W sytuacji przedstawionej na wykresie gaz:

– pobiera ciepło podczas przemian A → B oraz B → C,

– oddaje ciepło podczas przemiany C → A.

Zadanie 88.2.

Należy zauważyć, że opisana przemiana jest izochoryczna, w której ciepło molowe gazu wynosi: $C_v = \frac{3}{2} R$.

Ciśnienie gazu określone przez punkt B na wykresie jest 5 razy większe od ciśnienia gazu określonego przez punkt A. Przemiana jest izochoryczna, więc temperatura gazu w stanie B jest 5 razy większa niż temperatura gazu w stanie A.

Przyrost temperatury gazu w tej przemianie wynosi $\mathit{\Delta} T_{A-B} = 1200\,\mathrm{K}$.

Obliczenie ciepła pobranego przez gaz: $Q_{A-B} = \frac{3}{2} R \cdot n \cdot \Delta T_{A-B}$

$$Q_{A-B} = \frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot 2\,\mathrm{mole} \cdot 1200\ \mathrm{K} = 29{,}9\ \mathrm{kJ}.$$

Zadanie 88.3.

Sprawność cyklu jest równa stosunkowi efektywnej pracy wykonanej przez gaz do ciepła dostarczonego do gazu. Efektywna praca wykonana przez gaz jest równa polu wewnątrz figury na wykresie. Do obliczenia pola figury wewnątrz wykresu niezbędna jest znajomość objętości gazu w punkcie A. Skorzystamy z równania Claperyona: $p_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$.

Obliczenie objętości w punkcie A przemiany:

$$V_A = \frac{n \cdot R \cdot T}{p_A} \qquad \left[\frac{\mathrm{mol} \cdot \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot \mathrm{K}}{\mathrm{Pa}} = \frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^3}} = \mathrm{m}^3 \right]$$

$$V_A = \frac{2 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{200 \cdot 10^3} \mathrm{m}^3 = 2{,}49 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}^3$$

Aby oszacować pracę wykonaną przez gaz, należy obliczyć kratki wewnątrz figury zakreślonej przez przemiany gazu na wykresie.

Pole wewnątrz kratki o bokach o długościach V_1 oraz p_1 wynosi W_1 = 4980 J. Takich „kratek” jest 5,6, więc praca wykonana przez gaz wynosi $W = 27{,}9$ kJ .

Gaz pobiera ciepło podczas przemiany izotermicznej i jest ono równe wykonanej pracy: $Q_{B\text{-}C} = 27{,}9\ \mathrm{kJ} + 19{,}9\ \mathrm{kJ} = 47{,}8\ \mathrm{kJ}$.

Gaz pobiera również ciepło w przemianie izochorycznej i jest ono równe $Q_{A\text{-}B} = 29{,}9\ \mathrm{kJ}$.

Ciepło pobrane przez gaz: $Q_{A\text{-}B} + Q_{B\text{-}C} = Q_{pobr} = 77{,}7$ kJ .

Sprawność cyklu: $\eta = \frac{W}{Q_{pobr}} = \frac{27{,}9\ \text{kJ}}{77{,}7\ \text{kJ}} = 35{,}9\ \%$.

Zadanie 89.1.

Jeżeli opisując stany gazu (2) i (4) we współrzędnych $p(V)$, poprowadzimy przez nie izotermę, oznacza to, że gaz w tych stanach musi mieć tę samą temperaturę. Temperatura gazu w stanie (1) wynosi 280 K.

Chcąc obliczyć temperaturę gazu w stanie (2), wystarczy zauważyć, że przemiana 1 → 2 jest przemianą izobaryczną.

W przemianie tej objętość wzrosła 3 razy, więc z równania stanu gazu doskonałego wynika, że temperatura również wzrosła 3 razy.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 \cdot p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1}$$

Z powyższego wynika, że temperatura w stanie (2) wynosi T_2 = 3·280 K = 840 K.

Zadanie 89.2.

Energia wewnętrzna zależy od parametrów gazu w danym stanie. Mając do dyspozycji układ $p(V)$ w prosty sposób możemy obliczyć wartość tej energii dla poszczególnych stanów korzystając z zależności: $U = \frac{3}{2} pV$.

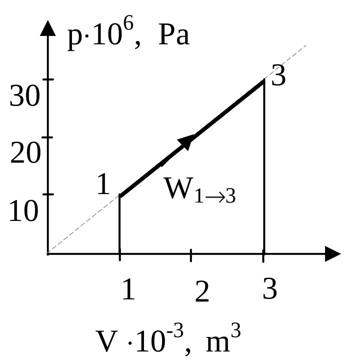
Wartości ciśnienia i objętości odczytamy z wykresu.

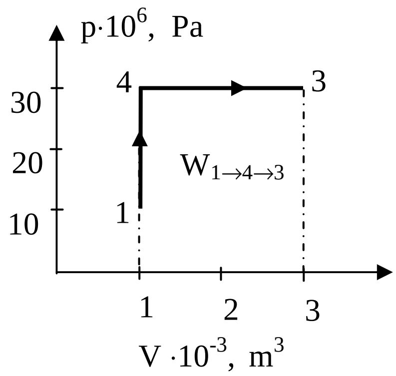
Natomiast zmiana energii wewnętrznej zależy od stanu początkowego (1) i końcowego (3) i jest różnicą energii wewnętrznych pomiędzy tymi stanami $\Delta U = U_3 - U_2$.

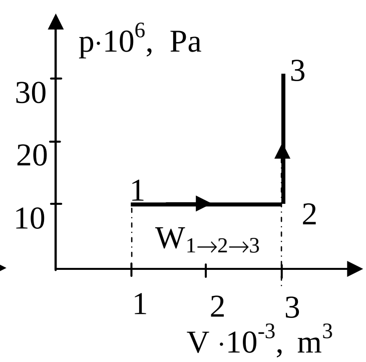
W związku z tym dla każdego ze sposobów przeprowadzenia gazu ze stanu (1) do (3) zmiana ta jest taka sama.

Zadanie 89.3.

1. Przejście ze stanu (1) do stanu (2) odpowiada rozprężaniu izobarycznemu. Gaz w tym procesie pobiera ciepło, natomiast przejście ze stanu (2) do stanu (3) to ogrzewanie izochoryczne, gaz nie wykonuje pracy, natomiast pobiera ciepło.
2. Bezpośrednie przejście ze stanu (1) do (3) nie jest izoprzemianą, natomiast przejście ze stanu (1) do stanu (4) jest przemianą izochoryczną, w przemianie tej objętość pozostaje stała, więc nie jest to proces rozprężania izochorycznego.
3. Praca wykonana przez gaz jest liczbowo równa polu powierzchni zawartemu pomiędzy wykresem przemiany a osią objętości.







Z wykresów widać, że $W_{1\to2\to3} < W_{1\to3} < W_{1\to4\to3}$.

Zadanie 90.1.

W rozwiązaniu zadania przyjmiemy następujące oznaczenia: T_1= 40°C, T_2= 5°C, natomiast temperaturę na styku miedzi i stali oznaczmy jako T_3. Grubości warstw miedzi i stali: Δx_1 = 5 cm i Δx_2 = 2 cm. Pole powierzchni S = 1 m^2. Do tak przyjętych oznaczeń można zapisać szybkości przepływu ciepła przez warstwy jako:

$$\frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = k_1 \cdot S \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta x_1} = k_1 \cdot S \cdot \frac{(T_1 - T_3)}{\Delta x_1} \text{ dla miedzi,}$$

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = k_2 \cdot S \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta x_2} = k_2 \cdot S \cdot \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x_2} \text{ dla stali.}$$

Dla stanu stacjonarnego, w którym $\frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t}$ otrzymujemy równanie z niewiadomą T_3.

$$k_2 \cdot S \cdot \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x_2} = k_1 \cdot S \cdot \frac{(T_1 - T_3)}{\Delta x_1}$$

Po podstawieniu danych liczbowych i wcześniejszej zamianie jednostek otrzymamy: T_3 = 288,8 K.

Teraz można obliczyć szybkość przepływu ciepła przez warstwy: $\frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = 22140 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 90.2.

Na podstawie tabeli stwierdzamy, że współczynniki przewodzenia ciepła dla słomy i korka wynoszą odpowiednio 0,08 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s \cdot K \cdot m}}$ i 0,17$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s \cdot K \cdot m}}$. Wobec tego współczynnik dla korka jest ponad 2-krotnie większy niż dla słomy. Z tekstu wstępnego wynika, że materiały o małej wartości współczynnika przewodzenia ciepła są dobrymi izolatorami cieplnymi, natomiast im większy jest współczynnik, tym ciało jest lepszym przewodnikiem cieplnym. Porównując wartości współczynników dla słomy i korka stwierdzamy, że słoma ma lepsze właściwości, jeśli chodzi o izolację cieplną.

Zadanie 91.

Gęstość ziarenka piasku, czyli gęstość kwarcu należy obliczyć z definicji gęstości: $\rho = \frac{m_{\mathrm{kwarcu}}}{V_{\mathrm{kwarcu}}}$.

Masa kwarcu jest równa masie piasku w naczyniu m_{p}, a objętość kwarcu jest równa objętości naczynia V_1, pomniejszonej o objętość wody V_2, którą można wlać do pełna do naczynia wypełnionego piaskiem. Woda wypełni przestrzeń pomiędzy ziarenkami piasku, wypierając powietrze. Wyniki obliczeń znajdują się w tabeli.

Instrukcja	Wynik
Zważyć puste naczynie (m_1).	84 g
Nasypać piasek do naczynia do pełna.	---------------------
Zważyć naczynie z piaskiem (m_2).	327 g
Obliczyć masę piasku (m_{p}).	m_{p} = 327 g – 84 g = 243 g
Wlać wodę do naczynia z piaskiem do pełna.	---------------------
Zważyć naczynie z piaskiem i wodą (m_3).	372 g
Obliczyć masę wody (m_{w}).	m_{w} = 372 g – 327 g = 45 g
Obliczyć objętość wlanej wody (V_2).	$V_2 = \frac{m_{\mathrm{w}}}{\rho_{\mathrm{w}}} = \frac{45\ \mathrm{g}}{1 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}} = 45\ \mathrm{cm}^3$
Obliczyć gęstość ziarenka piasku (kwarcu).	$\rho = \frac{m_{\mathrm{p}}}{V_1 - V_2} = \frac{243\ \mathrm{g}}{(150-45)\ \mathrm{cm}^3} = 2{,}31 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$

Zadanie 92.1.
Pojemność cieplną kalorymetru zdefiniowano w treści zadania, jako $m_k \cdot c_k$, gdzie m_k to masa kalorymetru wyrażona w [kg], a c_k to ciepło właściwe kalorymetru wyrażone w $\left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}\right]$.

Jednostką pojemności cieplnej kalorymetru jest zatem: $\left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot \mathrm{kg}\right] = \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}\right]$.

Aby wyrazić ją w jednostkach podstawowych układu SI, należy uwzględnić, że 1 J = 1 N·1 m, czyli 1 J = $\frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s^2}}$.

Zatem $\left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}\right] = \left[\frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s^2}} \cdot \frac{1}{\mathrm{K}}\right] = \left[\frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{K \cdot s^2}}\right]$.

Zdefiniowana w treści zadania, jako $m_k \cdot c_k$, pojemność cieplna kalorymetru po przemnożeniu przez różnicę temperatur wyraża ciepło pobrane lub oddane przez kalorymetr.
Zatem powyższe wyrażenie $m_k \cdot c_k$ określa ilość ciepła potrzebną do ogrzania kalorymetru o 1 kelwin (lub stopień Celsjusza).

Zadanie 92.2.
Podczas wykonywania doświadczenia i pracy grzałek w kalorymetrach istotne jest, by obie grzałki dostarczyły jednakowe ilości ciepła do obu cieczy w tym samym czasie. Można to osiągnąć zasilając obie grzałki napięciem stałym lub przemiennym.
Warunek pracy grzałek przez cały czas doświadczenia ze stałą mocą, nie gwarantuje dostarczenia przez obie grzałki jednakowych ilości ciepła do obu cieczy w tym samym czasie.

Zadanie 92.3.
Szeregowe połączenie identycznych grzałek gwarantuje, że ciepła dostarczone przez obie grzałki do wody i oleju są jednakowe.
Można to zapisać, porównując oba ciepła pobrane w doświadczeniu i uwzględniając, że ogrzewają się ciecze i kalorymetry, za pomocą wzoru:

$$(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot \Delta t_w = (m_o \cdot c_o + m_k \cdot c_k) \cdot \Delta t_o \ .$$

Po przekształceniu ciepło oleju wyraża się wzorem:

$$c_o = \frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot \Delta t_w - m_k \cdot c_k \cdot \Delta t_o}{m_o \cdot \Delta t_2} \ .$$

Zadanie 92.4.
1. Dostarczone przez obie grzałki ilości ciepła są jednakowe. Ponieważ ciecze ogrzewają się podobnie jak i kalorymetry do różnych temperatur (mają różne ciepła właściwe), dostarczone ciepła podzielą się w różny sposób między ciecz i kalorymetr. Podczas pracy grzałek w tym samym czasie <u>obie ciecze</u> w kalorymetrach, niezależnie od ich mas, nie pobiorą więc jednakowych ilości ciepła.
2. Oba kalorymetry, zawierające jednakowe masy wody i oleju, podczas pracy grzałek w tym samym czasie nie pobierają jednakowych ilości ciepła, ponieważ ciepła właściwe obu cieczy są różne, zatem ogrzeją się do różnych temperatur.
3. Obie grzałki połączone równolegle zamiast szeregowo dostarczają również jednakowe ilości ciepła w tym samym czasie do obu cieczy, więc oba sposoby wyznaczania ciepła

właściwego oleju (przy połączeniu szeregowym i równoległym grzałek) są takie same. Wartość wyznaczonego ciepła właściwego oleju w obu przypadkach będzie taka sama.

Zadanie 92.5.
Wyznaczenie różnicy temperatur cieczy (Δt_w lub Δt_o) wiąże się z odejmowaniem od siebie dwóch zmierzonych różnych wartości temperatur.
Ponieważ każda z tych wartości temperatur obarczona jest niepewnością pomiarową, to w najmniej korzystnym przypadku (pomiaru jednej wartości z nadmiarem, a drugiej z niedomiarem) niepewność różnicy temperatur jest równa podwojonej niepewności wyznaczenia temperatury dla tej cieczy.
(Uzasadnienie może odwoływać się również do metody najmniej korzystnego przypadku lub do metody obliczania niepewności dla zmiennej będącej sumą lub różnicą zmiennych).

Zadanie 92.6.
Masy obu cieczy nadal mają wpływ na niepewność wyznaczenia ciepła właściwego, mimo że można je we wzorze $c_o = \frac{m_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w}{m_o \cdot \Delta t_o}$ uprościć, ponieważ występują we wzorze na ciepło właściwe oleju (oraz we wzorach na ciepła pobrane przez ciecze).
Podczas wykonywania doświadczenia obie ciecze zawsze trzeba zważyć (mimo że w ostatecznym wzorze nie występują) z określonymi niepewnościami, aby upewnić się, że ich masy są jednakowe, zatem istnieje ryzyko wyznaczenia ich mas z określoną niepewnością.

Zadanie 93.1.
Należy starannie nanieść punkty na wykresie, pamiętać o zaznaczeniu niepewności i narysować prostą najlepszego dopasowania.

Zadanie 93.2.
Należy zauważyć, że dla tego samego czasu t gliceryna i woda pobrały taką samą ilość ciepła oraz że masa wody i gliceryny była taka sama.
$Q_g = Q_w \Rightarrow m_g \cdot c_g \cdot (t_g - t_0) = m_w \cdot c_w \cdot (t_w - t_0), m_g = m_w$
Jedyną nieznaną wielkością jest ciepło właściwe wody, pozostałe wielkości należy odczytać z wykresu i odszukać w treści zadania.

$$c_w = \frac{c_g \cdot (t_g - t_0)}{(t_w - t_0)} \quad \left[\frac{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot{}^\circ\mathrm{C}}\cdot{}^\circ\mathrm{C}}{{}^\circ\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot{}^\circ\mathrm{C}}\right]$$

$$c_w = \frac{2400 \cdot (21{,}5 - 20)}{(20{,}8 - 20)} = 4500 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot{}^\circ\mathrm{C}}$$

Zadanie 93.3.

$$\frac{c_{w(obliczone)} - c_{w(tablicowe)}}{c_{w(tablicowe)}} \cdot 100\% = \frac{4500 - 4200}{4200} \cdot 100\% = \frac{300}{4200} \cdot 100\% = 7{,}14\%$$

Zadanie 93.4.
Należy zwrócić uwagę, na ciała biorące udział w wymianie ciepła podczas doświadczenia, w którym:
1. nie uwzględniamy strat ciepła do otoczenia,

2. nie uwzględniamy ciepła pobranego przez kalorymetr.
Aby zmniejszyć różnicę między wartością obliczoną i tablicową, należy zmniejszyć straty ciepła do otoczenia, czyli należy poprawić izolację pomiędzy ściankami naczynia wewnętrznego i zewnętrznego kalorymetru.

Zadanie 93.5.
Należy skorzystać ze wzoru na pobrane przez ciecz ciepło $Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$ i przekształcić go do postaci $c_w = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$.
Ponieważ obie ciecze mają tę samą masę oraz pobrały taką samą ilość ciepła, a przyrost temperatury wody jest mniejszy niż gliceryny, to ma ona większe ciepło właściwe.

Zadanie 94.1.
Czynność 1. Doświadczenie należy rozpocząć od przygotowania naczynia kalorymetrycznego z mieszadełkiem, po czym trzeba zważyć to naczynie wraz z mieszadełkiem.
Czynność 2. Po zważeniu kalorymetru z mieszadełkiem należy wlać do niego 15 cm^3 wody podgrzanej do temperatury 80°C, po czym należy nałożyć przykrywkę i włożyć do kalorymetru termometr.
Czynność 3. Po wykonaniu powyższych czynności należy przystąpić do dokonywania pomiarów. Notować, co 0,5 minuty temperaturę, przez ok. 15 minut.
Czynność 5. Po wykonaniu pomiarów dla wody, należy wykonać te same czynności, zastępując wodę gliceryną.

Zadanie 94.2.
Z tekstu wstępnego wynika, że gęstość gliceryny można obliczyć z zależności:

$$c_g = \frac{m_w \cdot c_w \cdot t_w}{m_g \cdot t_g},$$

Gdzie: m_g, m_w to masy tej samej objętości gliceryny i wody, t_g, t_w – czasy stygnięcia gliceryny i wody od temperatury początkowej T_1 do końcowej T_2, a c_g i c_w ciepła właściwe odpowiednio gliceryny i wody.

Korzystając z definicji gęstości: $\rho = \frac{m}{V}$,

należy obliczyć masę wody (m_w = 15 g) i gliceryny (m_g = 19,5 g).
Z wykresu można odczytać czasy stygnięcia wody i gliceryny od temperatury 75°C do temperatury 30°C, t_w = 12 min – 4 min = 8 min i t_g = 9,5 min –3,5 min = 6 min.
Uzyskane wyniki należy podstawić do wzoru opisującego zależność:

$$c_g = \frac{m_w \cdot c_w \cdot t_w}{m_g \cdot t_g} = 2275 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}.$$

Zadanie 94.3.
Niepewność względną należy obliczyć z zależności:

$$\frac{\Delta c_g}{c_t} = \frac{c_t - c_d}{c_t},$$

gdzie c_t oznacza wartość teoretyczną ciepła właściwego gliceryny odczytaną z tablic, natomiast c_d to wartość ciepła właściwego otrzymana w doświadczeniu.

Należy podstawić dane liczbowe i wynik podać w procentach $\frac{\Delta c_g}{c} = 0{,}047 = 4{,}7\%$.

Zadanie 94.4.
1. Szybkość, z jaką stygnie ciecz, zależy od jej masy i od rodzaju cieczy. Dwie ciecze o tej samej objętości stygną w tym samym zakresie temperatur w różnych przedziałach czasu. Ciecz o cieple właściwym większym stygnie wolniej niż ciecz o mniejszym cieple właściwym.
2. Jako cieczy wzorcowej w doświadczeniu możemy używać dowolnej cieczy, której ciepło właściwe jest nam znane. Między innymi możemy używać jako cieczy wzorcowej wody. Jednak nie jest to jedyna ciecz możliwa do analizy w doświadczeniu.
3. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że ciała o mniejszym cieple właściwym stygną szybciej niż te, których ciepło właściwe jest większe (przy tej samej objętości ciał).

Zadanie 95.1.
W warunkach przedstawionych w treści zadania gaz ulegnie przemianie izochorycznej. Dla przemiany tej spełniony jest warunek: $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_k}{T_k}$.

Ciśnienie końcowe powietrza można zatem przedstawić równaniem:

$$p_k = \frac{p_0 \cdot T_k}{T_0} \quad \left[\frac{\text{hPa} \cdot \text{K}}{\text{K}} = \text{hPa}\right]$$

$$p_k = \frac{1000 \cdot 298}{293} \approx 1017\,\text{hPa} .$$

Zadanie 95.2.
Energia naładowanego kondensatora jest równa $E_c = \frac{C \cdot U^2}{2}$. Po dołączeniu kondensatora do grzałki kondensator ulegnie rozładowaniu, przy czym w obwodzie będzie płynął prąd elektryczny. Prąd płynąc przez grzałkę, spowoduje wykonanie pracy i wydzielenie ciepła. Ciepło wydzielone w grzałce spowoduje ogrzanie gazu, powodując wzrost jego temperatury. Ciepło pobrane przez powietrze: $Q = m \cdot c_V \cdot \Delta T$.

Zatem energia naładowanego kondensatora będzie równa ciepłu pobranemu przez powietrze.

$$\frac{C \cdot U^2}{2} = m \cdot c_V \cdot \Delta T ,$$

skąd po przekształceniu równania: $c_V = \frac{C \cdot U^2}{2 \cdot m \cdot \Delta T} \quad \left[\frac{\text{F} \cdot \text{V}^2}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \frac{\frac{\text{C}}{\text{V}} \cdot \text{V}^2}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \frac{\text{C} \cdot \text{V}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right]$

Masa powietrza w butelce $m = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$,

czyli: $c_V = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 40^2}{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 5} = 1333{,}3\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Zadanie 95.3.
W momencie zamknięcia obwodu kondensatora z grzałką napięcie pomiędzy okładkami kondensatora ma największą wartość, w związku z czym w obwodzie popłynie przez moment prąd elektryczny o maksymalnej wartości. Ponieważ natężenie prądu, $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, zatem w chwili początkowej zmiana ładunku na okładkach kondensatora ΔQ będzie największa.

Rozładowywanie kondensatora spowoduje zmniejszanie się napięcia między okładkami kondensatora.
Zmniejszanie tego napięcia spowoduje, że w tych samych odstępach czasu ładunek przepływający w obwodzie będzie coraz mniejszy, granicznie dążąc do zera. Zatem napięcie również w miarę upływu czasu będzie granicznie dążyć do zera.

Zadanie 95.4.
1. Ilość ciepła dostarczonego do powietrza zależy jedynie od energii zgromadzonej w kondensatorze. Zatem opór grzałki nie ma wpływu na ilość dostarczonego ciepła.
2. Przy połączeniu szeregowym kondensatorów pojemność zastępcza jest zawsze mniejsza, od pojemności kondensatora, o najmniejszej pojemności elektrycznej. Zatem połączenie szeregowe dowolnej ilości kondensatorów o pojemnościach mniejszych od 10 000 μF, nie pozwoli uzyskać baterii kondensatorów o pojemności 10 000 μF.
3. Proces ładowania (rozładowanego) kondensatora polega na przeniesieniu elektronów z jednej okładki kondensatora na drugą. Jedna z nich jest naładowana dodatnio, a druga ujemnie ładunkami o takiej samej wartości. Zatem całkowity ładunek na obu okładkach naładowanego kondensatora jest równy zeru.

Zadanie 95.5.
W przedstawionym układzie pomiarowym straty energii są spowodowane przez:
- rozpraszanie ciepła do otoczenia,
- pobranie ciepła przez materiał, z którego wykonano butelkę,
- wydzielanie ciepła w przewodach zasilających grzałkę,
- pobranie ciepła przez spiralę grzałki,
- pobranie ciepła przez przewody doprowadzające,
- pobranie ciepła przez czujnik temperatury.

Zadanie 96.1.
A. Z doświadczeń życia codziennego wiadomo, że im temperatura wody jest wyższa, tym łatwiej jest usunąć brud z naczyń czy też ubrań. A usuwanie jest tym skuteczniejsze, im mniejsze jest napięcie powierzchniowe wody.
B. Nie zauważamy, żeby wielkość powierzchni wody w jeziorze miała istotny wpływ na poruszanie się owadów wykorzystujących napięcie powierzchniowe wody.
C. Doświadczenia prowadzone podczas badania napięcia powierzchniowego nie wskazują, że rodzaj naczynia wpływa na jego wielkość.
D. Siła zewnętrzna ma wpływ na wartość siły rozrywającej, ale nie na współczynnik napięcia powierzchniowego.

Zadanie 96.2.
Kropla wody wisi w polu grawitacyjnym oraz ma kontakt z kroplomierzem. Na kroplę działają więc tylko dwie siły: ciężar $\vec{Q}$ oraz siła napięcia powierzchniowego $\vec{F}$. Kropla jest nieruchoma, więc długości wektorów tych sił muszą być równe.

Zadanie 96.3.
Aby obliczyć współczynnik napięcia powierzchniowego wody, należy znać wartość siły rozrywającej kroplę F oraz długość krawędzi błony napięcia powierzchniowego l i skorzystać ze wzoru: $\sigma = \frac{F}{l}$.

Można zauważyć, że siła rozrywająca błonę napięcia powierzchniowego jest równa ciężarowi kropli.

Ciężar kropli wynosi: $Q = m \cdot g = \frac{1{,}4 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg}}{20} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 7 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{N}$.

Średnica rurki na fotografii jest 1,13 razy większa od średnicy przewężenia, więc średnica przewężenia wynosi 3,2 mm.
Obwód przewężenia jest równy długości krawędzi we wzorze na siłę napięcia powierzchniowego.
Długość tej krawędzi jest równa: $l = 2 \cdot \pi \cdot r = 3{,}14 \cdot 3{,}2\ \mathrm{mm} = 10\ \mathrm{mm}$.
Znając wartość siły napięcia powierzchniowego oraz długość błony, można wyznaczyć współczynnik napięcia powierzchniowego:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{7 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{N}}{10 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}} = 7 \cdot 10^{-2}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

Zadanie 96.4.
Aby wyznaczyć względną niepewność pomiarową współczynnika napięcia powierzchniowego, należy wzór na niepewność bezwzględną obustronnie podzielić przez współczynnik σ:

$$\frac{|\Delta\sigma|}{\sigma} = \frac{|\Delta l|}{l} + \frac{|\Delta m|}{m}.$$

Aby otrzymać niepewność względną wyznaczenia masy kropli, należy powyższy wzór przekształcić do postaci:

$$\frac{|\Delta m|}{m} = \frac{|\Delta\sigma|}{\sigma} - \frac{|\Delta l|}{l}.$$

Wstawiając dane do wzoru:

$$\frac{|\Delta m|}{m} = 10\,\% - 6\,\% = 4\,\%.$$

Zadanie 97.1.
Zjawisko parowania polega na przejściu substancji z fazy ciekłej do fazy lotnej, czyli pary. Parowanie zachodzi, gdy cząsteczka ma dostatecznie dużą energię kinetyczną, by wykonać pracę przeciwko siłom przyciągania między cząsteczkami cieczy.
Wzrastają wtedy odległości międzycząsteczkowe, wiąże się to jednak z koniecznością dostarczania energii/ciepła do cząsteczek.
Podczas skraplania zachodzi proces odwrotny, cząsteczki pary oddają energię do otoczenia, maleją odległości międzycząsteczkowe, wzrastają natomiast oddziaływania międzycząsteczkowe.

Zadanie 97.2.
1. Po odpowiednim ustawieniu i wyregulowaniu urządzenie klimatyzacyjne można wykorzystać również do ogrzewania pomieszczeń, ponieważ urządzenie to działa w taki sposób, że „przepompowując ciepło”, chłodzi jedno pomieszczenie, a ogrzewa drugie.
Jeżeli w pomieszczeniu mieszkalnym zostanie zainstalowany element skraplający urządzenia klimatyzacyjnego, a na zewnątrz umieszczony będzie element, w którym będzie parował czynnik roboczy, to podczas skraplania ciepło będzie oddawane do otoczenia i będzie ogrzewało pomieszczenie.
2. Długotrwała praca urządzenia klimatyzacyjnego nie pozwoli uzyskać w końcu w zamkniętym i izolowanym pomieszczeniu temperatury zera bezwzględnego, ponieważ każde urządzenie klimatyzacyjne pracujące w szczelnie zamkniętym i izolowanym

od otoczenia pomieszczeniu wymaga dostarczania energii elektrycznej z zewnątrz. Ogólny bilans energii wykazuje więc nadwyżkę.
Dlatego jeżeli obie części urządzenia klimatyzacyjnego uruchomimy na dłuższy czas w szczelnie zamkniętym i izolowanym od otoczenia pomieszczeniu, to temperatura powietrza w pomieszczeniu będzie zawsze rosła, a nie malała.
3. Doskonały czynnik roboczy (np. gaz doskonały) zastosowany w urządzeniu klimatyzacyjnym nie spowoduje, że sprawność urządzenia byłaby największa i nie trzeba by dostarczać energii z zewnątrz.
Żadne urządzenie nie może pracować w sposób ciągły bez dostarczania energii z zewnątrz.
Rzeczywista sprawność wszystkich urządzeń cieplnych jest zawsze mniejsza od jedności. Oznacza to, że część ciepła musi zostać przekazana do otoczenia.
Nie jest też możliwy samorzutny i niewymagający dostarczania energii z zewnątrz przepływ ciepła z ciała o temperaturze niższej do ciała o temperaturze wyższej. Byłoby to sprzeczne z zasadami termodynamiki.

Zadanie 97.3.
W treści zadania zapisano, że jednostka energii BTU (*British Thermal Unit*) jest ilością ciepła potrzebną do ogrzania 1 funta wody (1 funt = 0,4536 kg) o 1 stopień Fahrenheita.
Ponieważ $T_{\text{Fahrenheita}} = 32 + 1{,}8 \cdot T_{\text{Celsjusza}}$ przyrost temperatury w stopniach Farenheita można wyrazić następująco: $\Delta T_{°F} = \frac{5}{9}\Delta T_{°C}$.
Przyrost temperatury o 1°F jest równy przyrostowi temperatury o 5/9 °C, czyli także o 5/9 K.
Należy zauważyć, że w przeliczniku ΔT_F nie występuje wartość 32.
Ponieważ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ można zapisać, że: Q = 1 BTU = 1funt$\cdot c_w \cdot$1°F

$$1\ \text{BTU} = 1\ \text{funt} \cdot 0{,}4536\ \frac{\text{kg}}{\text{funt}} \cdot 4187\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{5}{9} \cdot 1\ \text{K} \approx 1055\ \text{J}) \quad \left[\text{funt} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{funt}} \cdot \frac{\text{J} \cdot}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \text{K} = \text{J}\right]$$

Jednostkę wartości chłodzenia $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ w watach można zatem wyrazić następująco:

$$1\ \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = \frac{1055\text{J}}{3600\text{s}} = 0{,}293\ \text{W} \approx 0{,}29\ \text{W}$$

Zadanie 97.4.
Każde urządzenie klimatyzacyjne pracujące w szczelnie zamkniętym i izolowanym od otoczenia pomieszczeniu wymaga dostarczania energii elektrycznej z zewnątrz.
Czynnikiem powodującym wzrost temperatury w takim pomieszczeniu jest również fakt, że podczas pracy każdego rzeczywistego urządzenia występują straty energii związane z tarciem, oporami ruchu itp., które powodują zamianę energii elektrycznej na ciepło.
Rzeczywista sprawność wszystkich urządzeń cieplnych jest zawsze mniejsza od jedności. Oznacza to, że część ciepła musi zostać przekazana do otoczenia/chłodnicy.
Dlatego jeżeli obie części urządzenia klimatyzacyjnego uruchomimy na dłuższy czas w szczelnie zamkniętym i izolowanym od otoczenia pomieszczeniu, to temperatura powietrza w pomieszczeniu wzrośnie, ponieważ ogólny bilans energii wykazuje nadwyżkę, w związku z dostarczaniem energii elektrycznej zapewniającej pracę pompy.

Zadanie 98.1.
1. Zmiana temperatury cieczy powoduje zmianę gęstości tej cieczy. Jeżeli każdy pływak pływa całkowicie zanurzony przy innej temperaturze cieczy, to pływaki muszą mieć różne gęstości. W takim razie pływaki, które mają taką samą objętość, muszą mieć różne masy.

2. Pływak nr 1 znajduje się najniżej. Gdy temperatura cieczy zmaleje, to jej gęstość wzrośnie i kolejne znajdujące się coraz niżej pływaki zaczynają się unosić. Pływak nr 1 jako ostatni zacznie się unosić przy najniższej temperaturze i największej gęstości cieczy, co oznacza, że jego gęstość jest największa.
3. Termometr Galileusza pokaże zmianę temperatury dopiero wtedy, gdy zmieni się temperatura cieczy znajdującej się w cylindrze termometru. Ponieważ ciecze stosowane w termometrze nie są dobrymi przewodnikami ciepła, to wyrównywanie temperatur otoczenia i termometru następuje powoli.

Zadanie 98.2.
Wykres przedstawia względne zmiany objętości cieczy wraz z temperaturą. Z wykresu można odczytać, że przy takiej samej zmianie temperatury objętość metanolu zmienia się bardziej niż objętość wody. Oznacza to, że zmiany gęstości metanolu także są większe i dzięki temu można zastosować więcej pływaków pozwalających dokładniej określić temperaturę.

Zadanie 98.3.
Pływak nr 3 swobodnie pływa w temperaturze 25°C, a pływak nr 2 w tej temperaturze tonie, co oznacza, że pływak nr 2 ma większą gęstość niż pływak nr 3. Pływak nr 2 będzie swobodnie pływał, gdy gęstość cieczy wzrośnie, co jest możliwe wtedy, gdy temperatura cieczy zmaleje. Na pływaku nr 2 powinna być zapisana temperatura o 5°C niższa, czyli 20°C.

Zadanie 98.4.
Należy odczytać z wykresu, że objętość 1 g wody w temperaturze 45°C jest 1,01 razy większa od objętości 1 g wody w temperaturze 4°C. Ponieważ objętość 1 g wody jest 1,01 razy większa, to jej gęstość w tej temperaturze jest 1,01 razy mniejsza. Gęstość wody w temperaturze 45°C jest równa: $d = \frac{1}{1{,}01} \cdot 1000 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \approx 990 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Zadanie 99.1.
1. Im mniejszą objętość zajmuje określona liczba moli gazu, tym średnie odległości między cząsteczkami gazu są mniejsze, więc oddziaływania międzycząsteczkowe są większe i mają większe znaczenie. W równaniu van der Waalsa widać to w dodawanym do ciśnienia gazu wyrazie $n^2 \cdot \frac{a}{V^2}$, który przy tej samej liczbie moli gazu n jest tym większy im mniejszą objętość V zajmuje gaz.
2. Każda cząsteczka zajmuje pewną objętość, więc im więcej jest moli (a zatem i cząsteczek) gazu w jednostce objętości, tym większa objętość jest zajmowana przez cząsteczki. Stosunek objętości zajmowanej przez cząsteczki gazu do całej objętości, w której się znajdują jest zatem większy i dlatego objętość zajmowana przez cząsteczki gazu jest istotniejsza. W równaniu van der Waalsa widać to w odejmowanym od objętości zajmowanej przez gaz wyrazie $n \cdot b$. Im większa liczba moli gazu, tym większy jest ten wyraz.
3. Im mniejszą objętość zajmuje określona liczba moli gazu, tym stosunek objętości zajmowanej przez cząsteczki do całej objętości, w której się znajdują, jest większy, więc istotniejsza jest objętość zajmowana przez cząsteczki gazu.

Zadanie 99.2.
Możemy skorzystać z faktu, że w równaniu van der Waalsa oba składniki sumy w nawiasie, w którym znajduje się stała a, muszą mieć ten sam wymiar, czyli wymiar ciśnienia i wykonać następujący rachunek:

$$\left[\frac{\mathrm{Pa}\cdot(\mathrm{m}^3)^2}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot\mathrm{m}^6}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^5}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{mol}^2}\right].$$

Można także wyrazić stałą a przez wszystkie pozostałe wielkości w równaniu van der Waalsa i na tej podstawie wykonać rachunek na jednostkach:

$$a=\frac{V^2\cdot R\cdot T}{n\cdot(V-n\cdot b)}-\frac{p\cdot V^2}{n^2}$$

$$\left[\frac{(\mathrm{m}^3)^2\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}\cdot\mathrm{K}}{\mathrm{mol}\cdot(\mathrm{m}^3-\mathrm{mol}\cdot\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{mol}})}-\frac{\mathrm{Pa}\cdot(\mathrm{m}^3)^2}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{m}^6\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{m}^3}-\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot(\mathrm{m}^3)^2}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{J}}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^5}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{mol}^2}\right].$$

Ponieważ w kolejnym zadaniu podane są wartości liczbowe stałych a i b wraz z jednostkami, więc również na tej podstawie można wyrazić stałą a w jednostkach podstawowych układu SI:

$$\left[\frac{\mathrm{Pa}\cdot\mathrm{m}^6}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot\mathrm{m}^6}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^5}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{mol}^2}\right].$$

Zadanie 99.3.

W celu obliczenia temperatury dwutlenku węgla T_W z równania van der Waalsa należy przekształcić to równanie tak, aby po jego lewej stronie znajdowała się temperatura i podstawić dane liczbowe:

$$T_\mathrm{W}=\frac{(p+n^2\cdot\frac{a}{V^2})\cdot(V-n\cdot b)}{n\cdot R}\quad\left[\frac{\mathrm{Pa}\cdot\mathrm{m}^3}{\mathrm{mol}\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot\mathrm{m}^3}{\mathrm{mol}\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}}=\frac{\mathrm{J}}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}}=\mathrm{K}\right]$$

$$T_\mathrm{W}=\frac{\left(101325+1^2\cdot\frac{0{,}365}{0{,}0224^2}\right)\cdot\left(0{,}0224-1\cdot 0{,}0000428\right)}{1\cdot 8{,}31}\approx 274{,}6\,\mathrm{K}.$$

Analogicznie można obliczyć temperaturę dwutlenku węgla T_C z równania Clapeyrona:

$$T_\mathrm{C}=\frac{p\cdot V}{n\cdot R}\quad\left[\frac{\mathrm{Pa}\cdot\mathrm{m}^3}{\mathrm{mol}\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot\mathrm{m}^3}{\mathrm{mol}\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}}=\frac{\mathrm{J}}{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}}=\mathrm{K}\right]$$

$$T_\mathrm{C}=\frac{101325\cdot 0{,}0224}{1\cdot 8{,}31}\approx 273{,}1\,\mathrm{K}.$$

Na tej podstawie możemy oszacować błąd względny temperatury obliczonej z równania stanu gazu doskonałego w stosunku do temperatury obliczonej z równania van der Waalsa:

$$\frac{|T_\mathrm{C}-T_\mathrm{W}|}{T_\mathrm{W}}=\frac{|273{,}1-274{,}6|}{274{,}6}\approx 0{,}55\,\%.$$

Zadanie 100.1.

Zarówno gęstość wody, jak i innych substancji, zależy od temperatury. Jednak woda jest wyjątkowa. W przypadku większości cieczy gęstość ich maleje wraz ze wzrostem temperatury. Woda stanowi odstępstwo od tej reguły. Największą gęstość osiąga w temperaturze 4°C. Dalsze ogrzewanie lub oziębianie wody powoduje zmniejszanie jej gęstości. Odstępstwo to nazywamy anomalną własnością wody. Drugą nie do końca wyjaśnioną anomalną własnością wody jest jej zamarzanie. Woda o wyższej temperaturze zamarza szybciej.

Zadanie 100.2.
1. Gęstość lodu jest mniejsza od gęstości wody, dlatego góry lodowe mogą pływać po powierzchni wody częściowo zanurzone.
2. Akweny wodne nie zamarzają całkowicie, woda przy dnie ma największą gęstość, czyli temperatura wynosi 4°C, dlatego ryby mogą przeżyć zimę, pływając przy dnach akwenów.
3. Po wstawieniu do zamrażalnika woda o temperaturze wyższej zamarza szybciej niż woda o temperaturze niższej, jeżeli objętości wody w obu przypadkach są takie same.

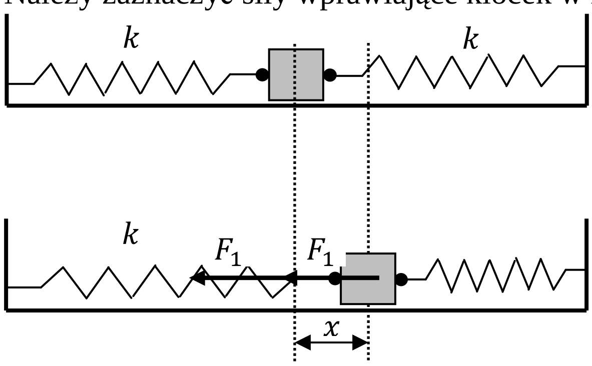
Zadanie 100.3.
1. Proces parowania wody znajdującej się w pojemniku zachodzi z jej powierzchni. Można temu zapobiec poprzez szczelne przykrycie pojemnika.
2. Styropianowa podstawka, na której można ustawić naczynie stanowić będzie izolację cieplną od podłoża, natomiast nie wyeliminuje procesu parowania cieczy z otwartego naczynia.
3. Okrycie bocznych ścian styropianem spowoduje izolację cieplną tych ścian, natomiast nie zapobiegnie parowaniu wody z powierzchni.
4. Warstwa folia aluminiowej, na której ustawiono naczynie stanowić będzie swego rodzaju warstwę izolacyjną natomiast nie wyeliminuje procesu parowania.

Zadanie 100.4.
Masę wody, którą należy dolać do naczynia, obliczymy z bilansu cieplnego.
Temperatura końcowa mieszaniny ma odpowiadać temperaturze, w której woda ma największą gęstość. Zgodnie z tekstem wstępnym temperatura ta wynosi t_k = 4°C.
Ilość ciepła pobranego przez wodę o temperaturze t_2 = 1°C jest równa ilości ciepła, którą odda woda o temperaturze t_1 = 10°C.
Bilans cieplny ma postać $m_1 \cdot c_w \cdot (t_1 - t_k) = m_2 \cdot c_w \cdot (t_k - t_2)$, co po przekształceniu daje:

$$m_2 = \frac{m_1(t_1 - t_k)}{t_k - t_2} \qquad \left[\frac{\mathrm{g} \cdot {}^\circ\mathrm{C}}{{}^\circ\mathrm{C}} = \mathrm{g}\right]$$

Po podstawieniu danych liczbowych szukana masa wody m_2 = 400 g.

Zadanie 103.3.
Należy zaznaczyć siły wprawiające klocek w ruch.



Siły działające ze strony obu sprężyn mają tę samą wartość, gdyż zmiana długości obu jest taka sama. Ponieważ jedna z nich jest rozciągnięta a druga ściśnięta, to zwroty obu sił są również takie same. Tak więc ich wypadkowa jest większa, niż gdy sprężyny były połączone jedna za drugą. Oznacza to, że ten układ sprężyn ma większą stałą *k* niż poprzednio:
$F = 2 \cdot F_1 = 2 \cdot k \cdot x = k_1 \cdot x \Rightarrow k_1 = 2k,$
czyli zgodnie ze wzorem: $f = \frac{1}{2 \cdot \pi}\sqrt{\frac{k_1}{m}}$ częstotliwość drgań wzrośnie.

Zadanie 104.1.
Pod działaniem siły *F* pojedyncza sprężyna wydłuża się o *x*, co można zapisać $F = -k \cdot x$, gdzie *k* to współczynnik sprężystości. Dla układu dwóch sprężyn połączonych jak na rysunku zależność należy zapisać $F = -k_2 \cdot 2x$, gdzie k_2 jest współczynnikiem sprężystości zastępczej sprężyny, natomiast każda ze sprężyn wydłuża się o *x*.
Z powyższych zależności otrzymujemy $k = 2 \cdot k_2$, z czego wynika, że $k_2 = 0{,}9\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$.
Okres drgań ciężarka zawieszonego na dwóch sprężynach połączonych szeregowo możemy obliczyć ze wzoru: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_2}} = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$.

Zadanie 104.2.
Drgania ciężarka zawieszonego na sprężynie są drganiami harmonicznymi, jeżeli pominiemy opory ruchu (drgania nie będą gasnące i amplituda będzie stała w czasie).
Drgania te będą zmienne okresowo, natomiast siła *F* jest proporcjonalna do wychylenia:
$F = -k \cdot x$.

Zadanie 104.3.
Całkowitą energię mechaniczną określa zależność $E = \frac{1}{2} k \cdot A^2$, gdzie *A* oznacza amplitudę drgań, natomiast *k* współczynnik sprężystości.
W związku z tym spośród wymienionych wielkości fizycznych, energia ta zależy jedynie od amplitudy drgań.

Zadanie 105.
Należy wyznaczyć $\sin(\omega \cdot t) = \frac{x}{A}$ i $\cos(\omega \cdot t) = \frac{y}{A}$ i podstawić do jedynki trygonometrycznej:
$\sin^2(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t) = \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{A^2} = 1$,
co prowadzi do równania okręgu $x^2 + y^2 = A^2$,
lub wykazać, że współrzędne *x* i *y* punktu spełniają podane równanie okręgu:
$x^2 + y^2 = (A \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 + (A \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 = A^2 \cdot (\sin^2(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t)) = A^2$.

Zadanie 106.
W celu rozwiązania zadania porównaj liczbę okresów drgań spoczywającego wahadła w danym czasie *t* z liczbą okresów wahadła poruszającego się w górę przez czas $\frac{t}{2}$ z przyspieszeniem o wartości *a* oraz przez czas $\frac{t}{2}$ z opóźnieniem o wartości *a*.

Dla wahadła matematycznego o długości *l* przy małych wychyleniach z położenia równowagi okres drgań podczas spoczynku wynosi $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, gdzie *g* jest wartością przyspieszenia ziemskiego. Okres drgań tego wahadła podczas ruchu w górę z przyspieszeniem o wartości *a* wynosi $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$, natomiast podczas ruchu w górę z opóźnieniem o wartości *a* jest równy $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$. Czas ruchu windy można oznaczyć przez *t*. Liczba okresów drgań spoczywającego wahadła w czasie *t* wynosi: $n = \frac{t}{T} = \frac{t}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}} = \frac{t \cdot \sqrt{g}}{2\pi \cdot \sqrt{l}} = 2w \cdot \sqrt{g}$,

gdzie $w = \frac{t}{4\pi \cdot \sqrt{l}}$ jest pomocniczą wielkością używaną w celu uproszczenia rachunków. Liczba okresów drgań wahadła poruszającego się w górę z przyspieszeniem o wartości *a* w czasie $\frac{t}{2}$ jest równa: $n_1 = \frac{\frac{t}{2}}{T_1} = \frac{\frac{t}{2}}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}} = \frac{t \cdot \sqrt{g+a}}{4\pi \cdot \sqrt{l}} = w \cdot \sqrt{g+a}$,

natomiast liczba okresów drgań wahadła poruszającego się w górę z opóźnieniem o wartości *a* w czasie $\frac{t}{2}$ wynosi: $n_2 = \frac{\frac{t}{2}}{T_2} = \frac{\frac{t}{2}}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}} = \frac{t \cdot \sqrt{g-a}}{4\pi \cdot \sqrt{l}} = w \cdot \sqrt{g-a}$.

Sprawdzając relację między *n* oraz $n_1 + n_2$ (porównując lewą i prawą stronę):

$\mathrm{L} = n \qquad \mathrm{P} = n_1 + n_2$

$\mathrm{L} = 2w \cdot \sqrt{g} \qquad \mathrm{P} = w \cdot \sqrt{g+a} + w \cdot \sqrt{g-a}$

w > 0, więc można przez nie podzielić obie strony:

$\mathrm{L} = 2\sqrt{g} \qquad \mathrm{P} = \sqrt{g+a} + \sqrt{g-a}$

Obie strony są dodatnie, więc można je podnieść do kwadratu:

$\mathrm{L} = 4g \qquad \mathrm{P} = (g+a) + (g-a) + 2 \cdot \sqrt{g+a} \cdot \sqrt{g-a}$

$\mathrm{L} = 4g \qquad \mathrm{P} = 2g + 2 \cdot \sqrt{g^2 - a^2}$

Obie strony można podzielić przez 2:

$\mathrm{L} = 2g \qquad \mathrm{P} = g + \sqrt{g^2 - a^2}$

Od obu stron można odjąć *g*:

$\mathrm{L} = g \qquad \mathrm{P} = \sqrt{g^2 - a^2}$

Widać stąd, że L > P, a zatem $n > n_1 + n_2$.

Z powyższych rachunków wynika, że liczba drgań wahadła zegara poruszającego się w windzie była mniejsza niż liczba drgań tego wahadła w takim samym czasie podczas spoczynku, co oznacza, że zegar poruszający się w opisany sposób w windzie odmierzył mniej czasu, czyli spóźnił się.

Zadanie 107.1.

Należy zauważyć, że struny w obu gitarach nastrojone są na tę samą częstotliwość i jednocześnie mają tę samą długość. Zatem po porównaniu równań opisujących drgania obu strun otrzymamy: $\frac{F_1}{\mu_1} = \frac{F_2}{\mu_2}$.

Analizując podane w treści pojęcie gęstości liniowej struny, można dojść do wniosku, że jest to masa pewnej długości struny do tejże długości. Ponieważ masa pewnej długości struny jest równa iloczynowi objętości i gęstości, a z kolei objętość struny jest iloczynem jej długości i pola przekroju poprzecznego, można zapisać że:

$$\mu = \frac{m}{l} = \frac{V \cdot d}{l} = \frac{S \cdot l \cdot d}{l} = S \cdot d\ ,$$

czyli wyrazić gęstość liniową poprzez pole przekroju i gęstość.

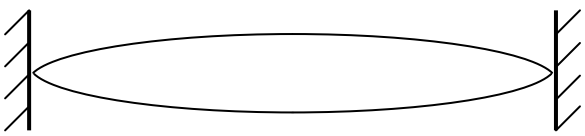
Wstawiając powyższą zależność do równania: $\frac{F_1}{\mu_1} = \frac{F_2}{\mu_2}$,

otrzymamy równanie, $\frac{F_1}{S_1 \cdot d_1} = \frac{F_2}{S_2 \cdot d_2}$

i po dokonaniu przekształceń oraz wstawieniu zależności między gęstościami i polami przekroju: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot S_2 \cdot 7 \cdot d_2}{S_2 \cdot d_2} = 3{,}5$.

Zadanie 107.2.

W strunie zamocowanej z obu końców tak, jak w gitarze, przy powstaniu fali stojącej o częstotliwości podstawowej, zawsze w miejscach zamocowania struny powstają węzły fali stojącej, a na środku jej długości strzałka fali stojącej (rysunek poniżej). Długość struny jest zatem równa połowie długości fali stojącej, czyli zmiana siły naciągu struny nie spowoduje zmiany długości fali.



Zadanie 108.1.

1. Membrana w głośniku jest poruszana przez cewkę dzięki występowaniu siły elektrodynamicznej działającej na cewkę znajdującą się w polu magnetycznym.
2. Każda przemiana energii jest związana z jej stratami. W głośniku prąd płynący przez cewkę powoduje wydzielenie w niej ciepła będącego energią straconą.
3. Każda fala akustyczna rozchodząca się w powietrzu jest falą podłużną.

Zadanie 108.2.

We wnętrzu rury powstaje fala stojąca, która przy zamkniętym końcu rury tworzy węzeł, a przy jej wylocie strzałkę fali stojącej. Odległość pomiędzy węzłem i najbliższą jej strzałką fali stojącej jest równa $\frac{1}{4}$ długości fali, zatem długość rury $l = \frac{3}{4}\lambda$.

Długość fali określa równanie $\lambda = \frac{v}{f}$, zatem: $f = \frac{3 \cdot v}{4 \cdot l}$.

Po wstawieniu wartości i dokonaniu obliczeń:

$$f = \frac{3 \cdot 340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \cdot 0{,}8\ \text{m}} = 318{,}75\ \text{Hz}\ .$$

Zadanie 108.3.
Membrana z cewką zawieszona jest na sprężystych elementach (zawieszeniu górnym i resorze), stanowi zatem układ drgający. Każdy układ drgający posiada pewną charakterystyczną dla niego częstotliwość drgań własnych. Gdy częstotliwość drgań pobudzających jest zgodna z częstotliwością drgań własnych, dochodzi do wzmocnienia amplitudy drgań – rezonansu. Z tego właśnie powodu amplituda drgań membrany osiąga maksymalną wartość dla częstotliwości 100 Hz.

Zadanie 109.
Należy zbadać, jakie częstotliwości odbiera obserwator, gdy pociąg się do niego zbliża i gdy się oddala. Na tej podstawie oraz na podstawie podanego w treści zakresu częstotliwości słyszanych przez człowieka można ocenić prawdziwość relacji.
Gdy pociąg się zbliża obserwator odbiera częstotliwość:

$$f_z = f\frac{v}{v - v_{max}} = 4 \cdot \frac{340}{340 - 88{,}9} = 5{,}42 \quad \left[\text{kHz}\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{kHz}\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{kHz}\right].$$

Gdy się oddala:

$$f_z = f\frac{v}{v + v_{max}} = 4 \cdot \frac{340}{340 + 88{,}9} = 3{,}17 \quad \left[\text{kHz}\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{kHz}\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{kHz}\right].$$

Odpowiedź: Relacja jest nieprawdziwa. Syrena pociągu była cały czas słyszalna dla obserwatora.
II sposób
Można obliczyć, z jaką prędkością powinien poruszać się pociąg, by odbierana częstotliwość przekroczyła zakres słyszalności.

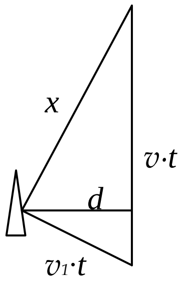
$$f_{max} = f\frac{v}{v - v_p} \Rightarrow f_{max} \cdot \left(v - v_p\right) = f \cdot v \ \Rightarrow f_{max} \cdot v - f_{max} \cdot v_p = f \cdot v$$

$$f_{max} \cdot v - f \cdot v = f_{max} \cdot v_p \Rightarrow \cdot\ v_p = \frac{v(fmax - f)}{f_{max}}$$

$$v_p = \frac{f_{max} \cdot v}{f} - v = \frac{16000 \cdot 340}{4000} - 340 = 255\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 918\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Odpowiedź: Relacja jest nieprawdziwa, z tak wielką prędkością nie porusza się żaden pociąg.

Zadanie 110.1.
Motorówka porusza się z prędkością o wartości $v = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Droga, jaką pokonała ona w czasie t, równa będzie $v \cdot t$ w kierunku równoległym do osi łódki wędkarza. Jednocześnie prędkość fal wzbudzanych przez płynące motorówki, rozchodzących się po powierzchni wody wynosi $v_1 = 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ i drogę pokonaną przez falę możemy obliczyć ze wzoru $v_1 \cdot t$. Szukana przez nas odległość oznaczona została na poniższym rysunku przez x.



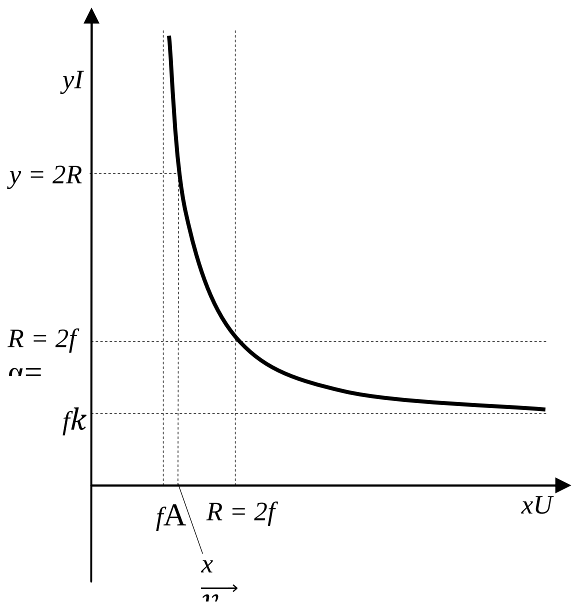
Z porównania pola trójkąta liczonego:
1. wysokość wynosi d a podstawa $v \cdot t$ oraz
2. wysokość wynosi x i podstawie $v_1 \cdot t$ otrzymujemy: $\frac{v \cdot t \cdot d}{2} = \frac{v_1 \cdot t \cdot x}{2}$.
Po podstawieniu danych i skróceniu obliczamy x:

$$x = \frac{v \cdot d}{v_1} = \frac{10 \cdot 10}{2} = 50$$

$x = 50$ m.

Zadanie 110.2.
1. W momencie, gdy motorówka mija wędkarza, porusza się tak, że wektor jej prędkości jest równoległy do toru jej ruchu. Jednocześnie fala dźwiękowa emitowana jest izotropowo (w każdą stronę). Najkrótsza odległość między motorówką, a wędkarzem jest w tym momencie prostopadła do toru ruchu motorówki. Obserwator w tym momencie słyszy dźwięk, który był wysłany nieco wcześniej. Wówczas prędkość motorówki ma niezerową składową w kierunku obserwatora (motorówka mija wędkarza, a dźwięk dociera do niego z opóźnieniem). Z efektu Dopplera wiadomo, że w sytuacji, gdy źródło zbliża się do obserwatora częstotliwość odbieranego dźwięku jest wyższa niż nadawanego, zatem różna od 100 Hz.
2. Woda jest ośrodkiem gęstszym niż powietrze, zatem prędkość rozchodzenia się fali dźwiękowej, która jest falą mechaniczną wzrasta.

Zadanie 111.1.
Ponieważ w opisanej sytuacji na ekranie musi powstać obraz rzeczywisty, zatem odległość przedmiotu od zwierciadła x, musi być większa od ogniskowej zwierciadła, czyli $\frac{R}{2}$, a mniejsza od R (dla x mniejszego od $\frac{R}{2}$ powstanie obraz pozorny niemożliwy do obserwacji na ekranie). Dla x z przedziału od $\frac{R}{2}$ do R powstanie obraz rzeczywisty powiększony w odległości większej od $2R$, natomiast dla x z przedziału R do $2R$ powstanie oraz pomniejszony pomiędzy ogniskiem i środkiem krzywizny zwierciadła niemożliwy do obserwacji w opisanej sytuacji.



Sytuację tę przedstawia graficzna interpretacja równania zwierciadła (wykres ogranicza się jedynie do części dotyczącej obrazów rzeczywistych).

Zadanie 111.2.
Ekran znajduje się w odległości 2·R od zwierciadła, zatem $y = 2 \cdot R$.

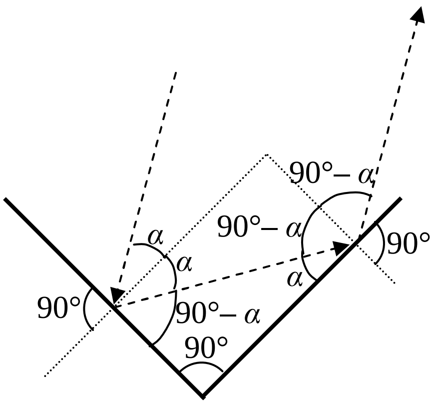
Ponieważ $f = \frac{R}{2}$, zatem $\frac{2}{R} = \frac{1}{x} + \frac{1}{2 \cdot R}$.

Czyli $x = \frac{2 \cdot R}{3}$.

Powiększenie $p = \frac{y}{x} = \frac{2 \cdot R}{\frac{2 \cdot R}{3}} = 3$.

Zadanie 112.
Należy zwrócić uwagę, na najważniejszą cechę lusterka bocznego, o której mówi treść zadania – *ma zapewnić jak największe pole widzenia*. Obraz ten powinien być zawsze obrazem prostym. Tę własność ma zwierciadło wypukłe. Obraz otrzymywany w takim zwierciadle jest zawsze pomniejszony i prosty.
Można też skorzystać z wykresu $y(x)$ zależności odległości obrazu od zwierciadła y od odległości przedmiotu x i potrzebne cechy odczytać z tego wykresu.

Zadanie 113.1.

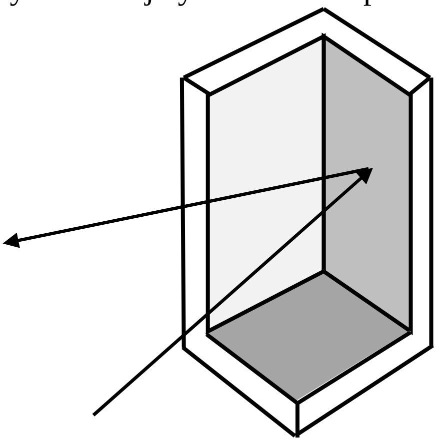


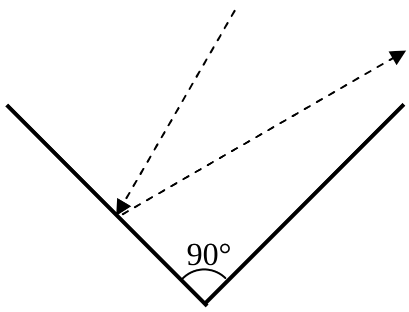
Podczas odbić od obu zwierciadeł musi być spełnione prawo odbicia (kąt padania promienia światła na dane zwierciadło równy jest kątowi odbicia, a także promień padający, prosta prostopadła do powierzchni odbijającej oraz promień odbity leżą we wspólnej płaszczyźnie). Dalszy bieg promienia światła z zaznaczonymi kątami padania i odbicia oraz innymi kątami został pokazany na rysunku.
Jak widać z rysunku, podczas odbicia od pierwszego zwierciadła kąt padania i kąt odbicia są równe α, natomiast podczas odbicia od drugiego zwierciadła kąt padania i kąt odbicia są równe $90° - \alpha$. Suma kątów wewnętrznych przy zmianach kierunku promienia jest równa $\alpha + \alpha + (90° - \alpha) + (90° - \alpha) = 180°$, czyli promień wychodzący będzie równoległy do wchodzącego i będzie biegł w przeciwną stronę.

Zadanie 113.2.
W pewnych szczególnych przypadkach promień światła może po odbiciu od jednego albo dwóch zwierciadeł zostać odbity w kierunku, z którego padł, ale muszą być spełnione odpowiednie warunki. Jeżeli promień padnie na jedno ze zwierciadeł prostopadle do jego płaszczyzny, to odbije się od niego i pobiegnie w przeciwną stronę tą samą drogą, co promień padający.
Inną możliwością jest odbicie od dwóch zwierciadeł w taki sposób, że płaszczyzna padania promienia jest prostopadła do płaszczyzn obu tych zwierciadeł.

Zadanie 113.3.

1. Jeżeli impuls laserowy przemierza podwójną odległość do retroreflektora na Księżycu (droga tam i z powrotem) w czasie t, to odległość do tego retroreflektora wynosi $d = \frac{c \cdot t}{2}$, gdzie c jest prędkością światła. Jak widać, wyznaczana odległość jest proporcjonalna do czasu przelotu impulsów laserowych w obie strony, więc im mniejsza niepewność pomiaru czasu Δt, tym mniejsza niepewność wyznaczenia odległości Δd.
2. Wykorzystując opisany wcześniej retroreflektor zbudowany ze zwierciadeł płaskich, można znaleźć przykład pokazujący, że wychodzący promień nie musi być równoległy do promienia wchodzącego. Może się tak zdarzyć na przykład, gdy promień padnie na jedno zwierciadło pod pewnym kątem (nie prostopadle do płaszczyzny tego zwierciadła) i po odbiciu od niego nie padnie na żadne inne zwierciadło. Przykłady takiej sytuacji przedstawiono na poniższym rysunku trójwymiarowo i w przekroju poprzecznym.



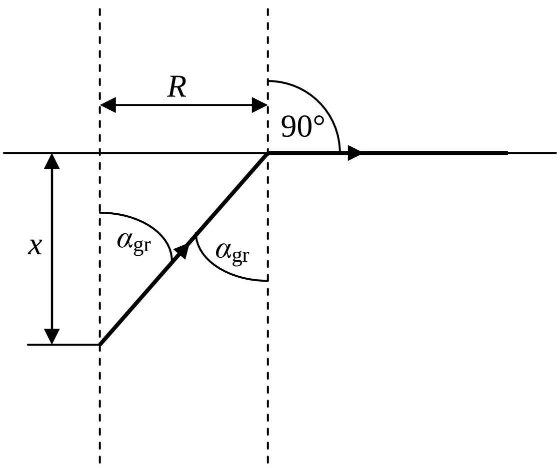


rysunek dwóch zwierciadeł w przekroju poprzecznym (płaszczyzny obu zwierciadeł prostopadłe do płaszczyzny rysunku)

3. Retroreflektory odbijają padające na nie światło, więc nie mogą świecić w całkowitej ciemności. Przedmioty, o których mowa w bieżącym zdaniu są widoczne przy zupełnym braku światła dzięki wcześniejszemu naświetleniu i opierają się na zupełnie innym zjawisku.

Zadanie 114.1.

Powstanie okna Snella związane jest ze zjawiskiem załamania światła przy jego przejściu z wody do powietrza i związanym z nim zjawiskiem całkowitego wewnętrznego odbicia. Dla opisanej sytuacji można wykonać pomocniczy rysunek, na którym R jest promieniem okna Snella, x głębokością, na jakiej znajduje się nurek a α_{gr} granicznym kątem padania światła, dla którego kąt załamania $\beta = 90^\circ$.



Warunek graniczny dla zajścia całkowitego wewnętrznego odbicia opisany jest równaniem

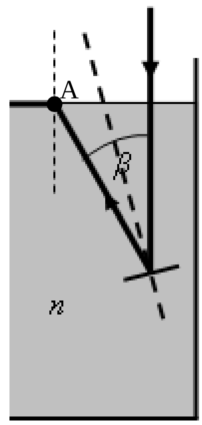
$$\sin \alpha_{gr} = \frac{1}{n}.$$

Zatem po wstawieniu za n do powyższego równania podanej w treści wartości współczynnika załamania wody można obliczyć (korzystając z tablic matematycznych lub kalkulatora) kąt padania światła $\alpha \approx 49^\circ$.

Zadanie 114.2.

1. Kąt α_{gr}, dla którego zachodzi zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, jest w opisanej sytuacji wielkością stałą. Zatem wraz ze zmianą głębokości x, na jakiej znajduje się nurek, zmieni się również promień R okna Snella.
2. Ponieważ przy przejściu światła słonecznego z powietrza do wody światło przechodzi z ośrodka o mniejszym współczynniku załamania do ośrodka o większym współczynniku załamania, to kąt załamania jest zawsze mniejszy od kąta padania. Zatem światło wnika do wody niezależnie od wartości kąta padania.
3. Przy dużej głębokości akwenu wodnego światło odbite od powierzchni wody i kierujące się w głąb akwenu wodnego ulegnie rozproszeniu i pochłonięciu w wodzie. Natomiast w akwenach o małej głębokości dotrze ono do dna akwenu, umożliwiając jego obserwację.

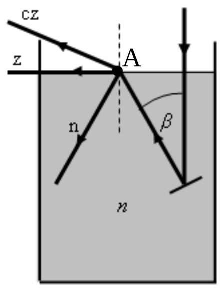
Zadanie 115.1.



1. Jeżeli na rysunku ilustrującym bieg promienia dorysujemy normalną do powierzchni lusterka (linia przerywana) to widać, że lusterko powinno być skręcone o kąt 0,5β, a nie o kąt β.
Można to także zauważyć, analizując, o jaki kąt skręcono normalną padania.

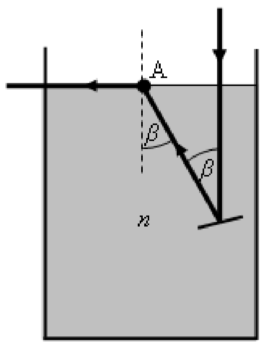
2. Jeżeli lusterko będzie ustawione poziomo, to możliwe jest, by promień odbity lasera był równoległy do promienia padającego.

3. Zastąpienie jednobarwnej wiązki światła lasera wiązką światła białego może spowodować rozszczepienia promienia światła na granicy ośrodków, ponieważ różne barwy będą się załamywać pod różnymi kątami na granicy ciecz–powietrze.



Możliwa jest więc np. taka sytuacja, że po skierowaniu wiązki światła białego podczas rozszczepienia na granicy ciecz– powietrze promień światła o barwie zielonej, oznaczony przez (z), będzie „ślizgał się” po powierzchni granicznej, promień o barwie czerwonej (cz) przejdzie do powietrza, a dla promienia o barwie niebieskiej (n) wystąpi całkowite wewnętrzne odbicie w cieczy.

Zadanie 115.2.



Sytuacja przedstawiona na rysunku dotyczy zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.
Kąt padania promienia na powierzchnię graniczną (cieczy i powietrza) jest równy β (kąty naprzemianległe wewnętrzne).
Kąt załamania jest w przypadku biegu promienia przedstawionego na rysunku (ślizgającego się wzdłuż powierzchni cieczy) równy 90°.

Prawo załamania można więc zapisać: $\dfrac{n_p}{n} = \dfrac{\sin\beta}{\sin 90^\circ}$,

gdzie przez n_p oznaczono bezwzględny współczynnik załamania powietrza, a przez n bezwzględny współczynnik załamania cieczy.
Ponieważ współczynnik załamania powietrza jest równy $n_p = 1$, wzór przyjmie postać:

$\dfrac{1}{n} = \sin\beta$, zatem $n = \dfrac{1}{\sin\beta}$.

Współczynnik załamania cieczy można więc obliczyć ze wzoru $n = \dfrac{1}{\sin\beta}$.

Zadanie 115.3.

Jeżeli promień pada na granicę dwóch ośrodków od strony ośrodka optycznie gęstszego to załamuje się od normalnej padania (kąt załamania jest większy od kąta padania) i spełniony jest wtedy warunek $n_2 < n$.

Jeżeli bezwzględny współczynnik załamania cieczy zostanie odpowiednio dobrany (dostatecznie duży), to kąt padania staje się kątem granicznym, taka sytuacja zachodzi dla bezwzględnego współczynnika załamania cieczy równego n.

Jeżeli bezwzględny współczynnik załamania cieczy będzie jeszcze większy ($n_1 > n$), to nastąpi całkowite wewnętrzne odbicie.

Zadanie 115.4.

Kąt padania promienia na powierzchnię graniczną (cieczy i powietrza) jest równy β (kąty naprzemianległe wewnętrzne).

Kąt padania na powierzchnię boczną naczynia jest równy 90° – β, a kąt załamania dla sytuacji granicznej jest równy 90°.

Załamanie na granicy ciecz – szkło opisuje więc wzór:

$$\frac{n_{nacz}}{n} = \frac{\sin\left(90^\circ - \beta\right)}{\sin 90^\circ}.$$

Po przekształceniach otrzymamy: $\frac{n_{nacz}}{n} = \cos\beta$ i dalej $n_{nacz} = n \cdot \cos\beta$.

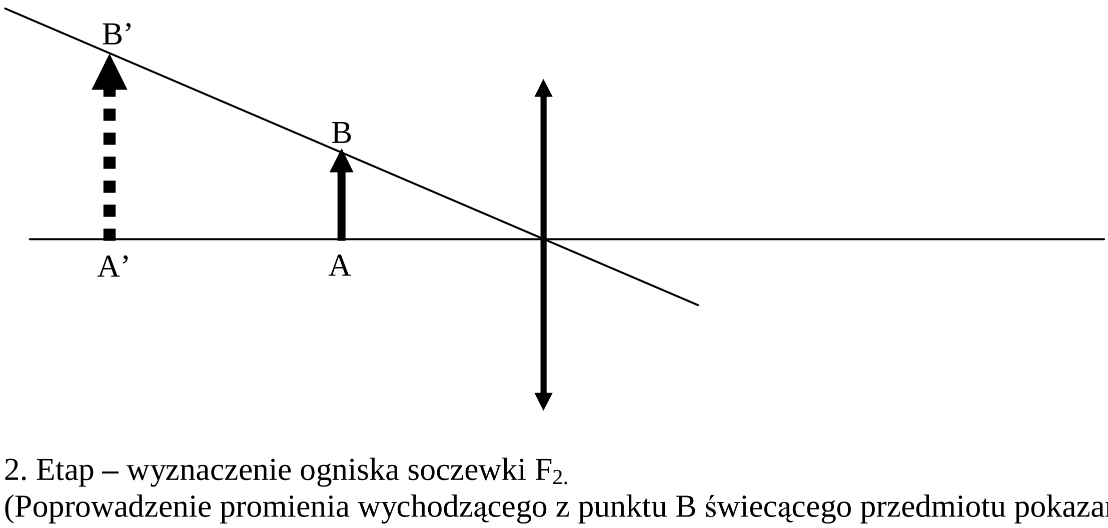
Z tablic odczytujemy cos 40º = 07660 oraz podstawiamy wartości liczbowe do wzoru $n_{nacz} = n \cdot \cos\beta$ i obliczamy współczynnik załamania n = 1,61·0,7660 = 1,23.

Wewnętrzne odbicie na bocznej ściance naczynia zajdzie dla bezwzględnego współczynnika załamania materiału naczynia spełniającego warunek $n \leq 1{,}23$.

Zadanie 116.

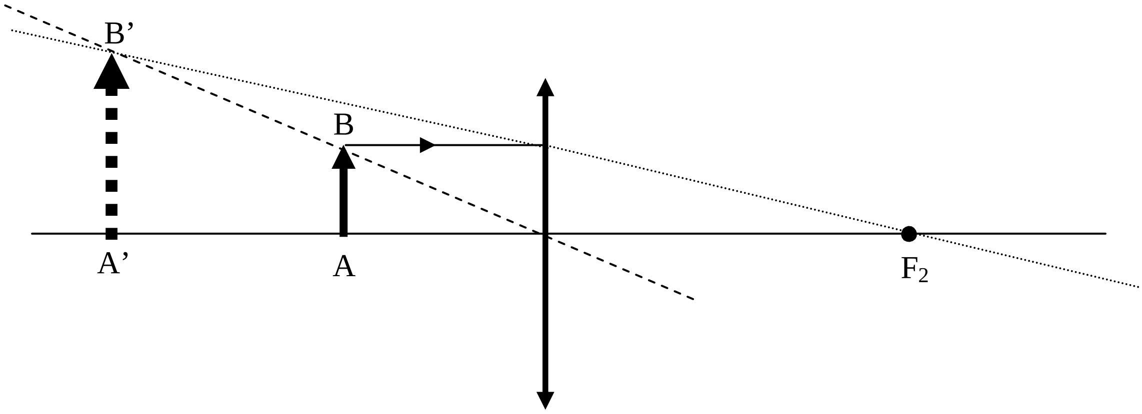
1. Etap – wyznaczenie położenia soczewki.

(Poprowadzenie promienia pokazanego na rysunku linią ciągłą i narysowanie soczewki prostopadle do osi głównej w punkcie przecięcia promienia i osi).



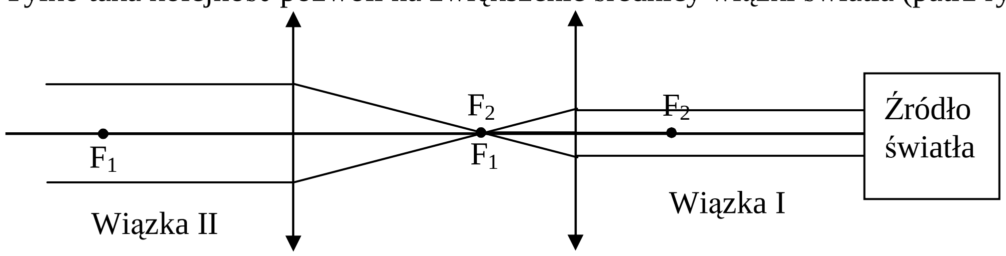
2. Etap – wyznaczenie ogniska soczewki F_2.

(Poprowadzenie promienia wychodzącego z punktu B świecącego przedmiotu pokazanego na rysunku linią ciągłą, narysowanie przedłużenia promienia załamanego do punktu B’ pokazanego na rysunku linią kropkowaną,narysowanie przedłużenia do przecięcia z główną osią optyczną w celu wyznaczenia ogniska F_2).



Zadanie 117.

Soczewki należy ustawić w odległości równej sumie obu ogniskowych, czyli 24 cm.
Świecący punkt powstający w ognisku F_2 po skupieniu wiązki I będzie wtórnym źródłem światła umieszczonym w ognisku kolejnej soczewki skupiającej.
Po przejściu wiązki światła I otrzymamy kołową wiązkę światła II o większej średnicy.
Istotne jest, by światło przechodziło najpierw przez soczewkę o krótszej ogniskowej, a dopiero potem przez soczewkę o dłuższej ogniskowej.
Tylko taka kolejność pozwoli na zwiększenie średnicy wiązki światła (patrz rysunek).

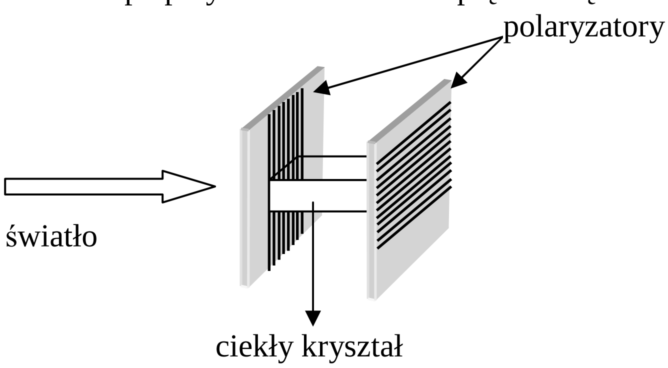


Zadanie 118.

Wśród wymienionych przyrządów optycznych jedynie siatka dyfrakcyjna i pryzmat rozszczepiają światło białe, przy czym dla siatki dyfrakcyjnej światło o barwie czerwonej jest silniej odchylone od pierwotnego kierunku niż światło fioletowe. Natomiast dla pryzmatu światło o barwie fioletowej ulega silniejszemu odchyleniu niż światło o barwie czerwonej. Zatem przyrządem jest siatka dyfrakcyjna.

Zadanie 119.

1. Światło widzialne ulega polaryzacji, jest więc falą poprzeczną – polaryzacji ulegają tylko fale poprzeczne. Skoro światło ulega temu zjawisku, jest falą poprzeczną.
2. Zjawisko polaryzacji wykorzystano przy budowie ekranów LCD (*liquid crystal display*). Ciekłe kryształy mają bardzo interesującą właściwość – skręcają płaszczyznę polaryzacji światła a po przyłożeniu do nich napięcia skręcenie płaszczyzny polaryzacji nie występuje.



Wyświetlacz ciekłokrystaliczny składa się z dwóch polaryzatorów, których kierunki polaryzacji są do siebie prostopadłe. Między nimi umieszczony jest ciekły kryształ (każdy kryształ to jeden piksel na wyświetlaczu). Gdy do kryształu nie przyłożymy napięcia, skręca on płaszczyznę polaryzacji i światło przechodzi przez układ. Po przyłożeniu napięcia skręcenie płaszczyzny polaryzacji nie wystąpi i światło nie przejdzie. Na ekranie widzimy jasne i ciemne piksele, z których powstaje obraz.
3. Ustawiamy polaryzator i analizator tak, że ich wyróżnione kierunki są do siebie równoległe. Jeżeli obrócimy analizator o kąt $\alpha = 315°$ względem wyróżnionego kierunku polaryzatora to natężenie światła za analizatorem będzie 2-krotnie mniejsze niż przed nim.
Należy skorzystać z wykresu ilustrującego prawo Malusa zamieszczonego w treści zadania i odczytać natężenie światła dla kąta $\alpha = 315°$.

Zadanie 120.1.
Stałą siatki dyfrakcyjnej można obliczyć z zależności $n \cdot \lambda = d \cdot sin\alpha$, gdzie d to stała siatki, n – rząd widma, natomiast λ długość fali światła padającego na siatkę dyfrakcyjną.

Po przekształceniu otrzymamy $d = \frac{n \cdot \lambda}{\sin\alpha}$.

Z wykresu należy wybrać jeden punkt, odczytać jego współrzędne i odpowiadający mu rząd widma, np. $n = 1$, $\lambda = 750$ nm i $\sin \alpha = 0{,}15$. Po podstawieniu wybranych danych stała siatki:

$$d = \frac{1 \cdot 750 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{m}}{0{,}15} = 5 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{m}.$$

Zadanie 120.2.
Z wykresu należy odczytać sinus kąta ugięcia widma II rzędu dla długości fali 370 nm, $\sin \alpha = 0{,}15$. Tej samej wartości $\sin \alpha$ odpowiada długość fali 750 nm dla widma pierwszego rzędu.

Zadanie 121.1.
Na podstawie tekstu wstępnego minimalną odległość kątową pomiędzy ciałami, aby były rozróżnialne, należy obliczyć z zależności $\varphi = 1{,}22 \cdot \frac{\lambda}{d}$. Pamiętając o zamianie jednostek oraz uwzględniając, że średnica soczewki wynosi $d = 6$ cm, wielkość $\varphi = 1{,}14 \cdot 10^{-5}$ rad.

Zadanie 121.2.

Minimalną odległość kątową pomiędzy ciałami należy obliczyć ze wzoru $\varphi = 1{,}22 \cdot \frac{\lambda}{d}$.

Aby można było zobaczyć jak najwięcej szczegółów, należy dążyć do zmniejszenia kąta φ. W związku z tym przy użyciu soczewki o określonej średnicy (mianownik ułamka jest stały) należy używać światła o mniejszej długości fali.

Im mniejsza długość fali λ, tym ułamek $\frac{\lambda}{d}$ jest mniejszy.

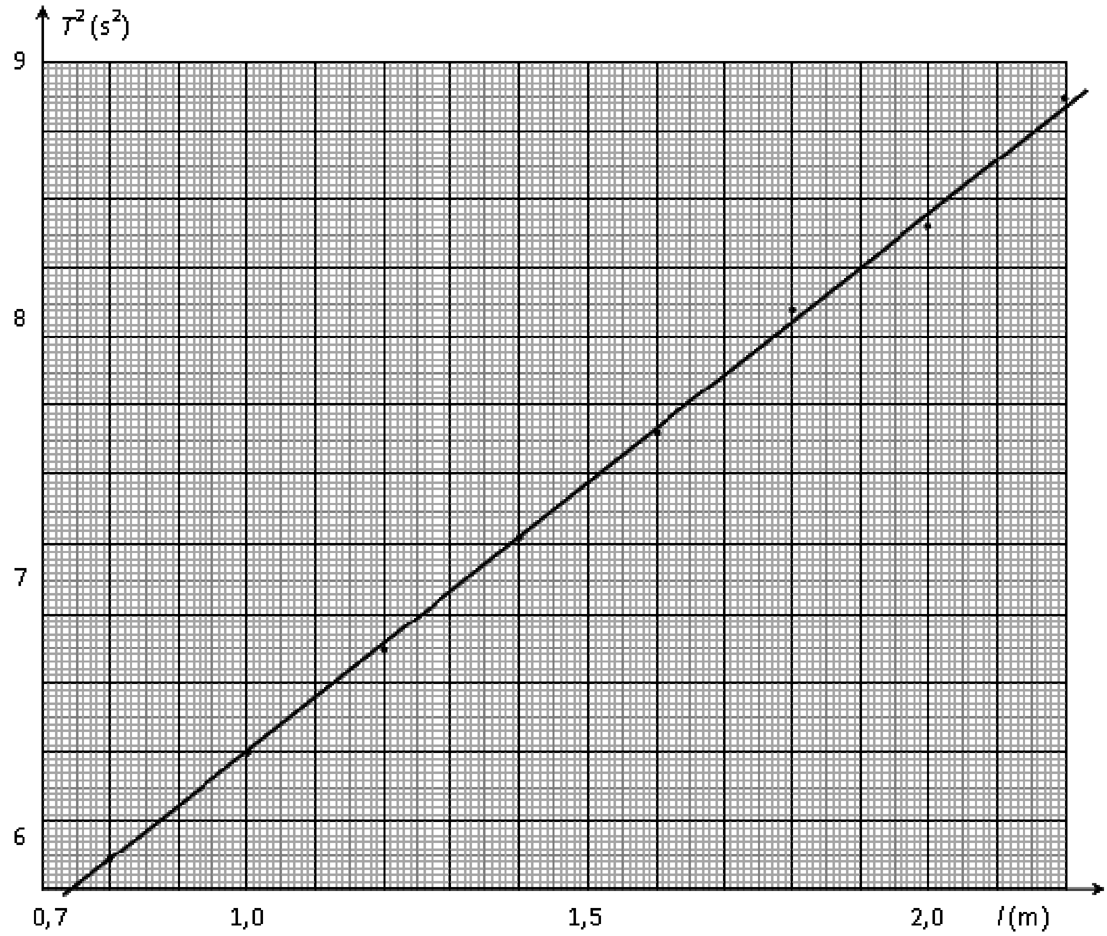
Światło o barwie niebieskiej ma mniejszą długość fali niż światło o barwie żółtej, więc użycie światła o barwie niebieskiej pozwala na dokładniejsze obserwacje.

Zadanie 122.1.
Kulka wahadła wisi w polu grawitacyjnym oraz ma kontakt tylko z jednym ciałem – nicią. Na kulkę działają więc tylko dwie siły: ciężkości $\vec{Q}$ oraz reakcja nici na naciąg $\vec{R}$.

Siła ciężkości $\vec{Q}$ skierowana jest pionowo w dół, a siła reakcji $\vec{R}$ skierowana jest wzdłuż nici. Wypadkowa tych sił jest równa zeru w położeniu równowagi. W pozostałych położeniach jest siłą wypadkową powodującą ruch drgający kulki wahadła.

Zadanie 122.2.
Podane w zestawie *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny (…)* wyrażenie na okres wahań wahadła matematycznego jest prawdziwe przy założeniu niewielkiej amplitudy wahań wahadła. Wówczas siła wypadkowa jest proporcjonalna do wychylenia i ruch wahadła na charakter drgań harmonicznych.
Dlatego należy wahadło wychylić o niewielki kąt.

Zadanie 122.3.
Należy wyskalować osie tak, aby można było zaznaczyć wszystkie punkty pomiarowe. Po wyskalowaniu osi naniesiono na wykres punkty pomiarowe.



Następnie należy narysować prostą najlepszego dopasowania. Rysujemy ją tak, aby przechodziła w pobliżu możliwie największej liczby punktów, i aby lokalnie liczba punktów leżących po obu jej stronach była jednakowa (prostą rysujemy za pomocą przeźroczystej linijki).
Odczytanie danych pomiarowych z wykresu polega na wybraniu współrzędnych leżących na prostej najlepszego dopasowania. Powinno się wybierać punkty leżące w górnej połowie prostej. Taki sam błąd w odczycie wielkości l oraz T^2 w dolnej oraz górnej części wykresu spowoduje większy błąd w wyniku dla danych z dolnej części wykresu.

W podanym przykładzie rozwiązania wybrano: $l = 1{,}5\ \mathrm{m}$ oraz $T^2 = 5{,}95\ \mathrm{s}^2$.

Wzór na okres wahań wahadła matematycznego $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ należy przekształcić do postaci: $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$.

Po wstawieniu do tego wyrażenia danych odczytanych z wykresu otrzymano:

$$g = 4\pi^2 \frac{1{,}5\ \mathrm{m}}{5{,}95\ \mathrm{s}^2} = 9{,}94\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Zadanie 122.4.

Aby obliczyć wartość przyspieszenia ziemskiego, należy skorzystać ze wzoru: $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$.

Po wstawieniu danych do wzoru otrzymano: $g = 9{,}86\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Do obliczenia niepewności względnej wartości przyspieszenia ziemskiego skorzystamy z podanego wzoru na niepewność bezwzględną. Należy przekształcić go do postaci:

$$\frac{|\Delta g|}{g} = \left(\left|\frac{\Delta l}{l}\right| + 2\left|\frac{\Delta T}{T}\right| \right).$$

Po wstawieniu danych do wzoru otrzymujemy:

$$\frac{|\Delta g|}{g} = \left(\left|\frac{2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{1\,\mathrm{m}}\right| + 2\left|\frac{0{,}02\ s}{2\ s}\right| \right) = 0{,}022 = 2{,}2\%.$$

Zadanie 122.5.

Aby obliczyć wartość przyspieszenia ziemskiego, należy skorzystać ze wzoru: $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$.

Należy sprawdzić, która z wielkości jest większa, czy $l + \Delta l$, czy $(T + \Delta T)^2$.

Okazuje się, że większy wpływ ma pomiar czasu dlatego, że wartość przyspieszenia ziemskiego zależy od kwadratu okresu wahań wahadła, natomiast jest tylko wprost proporcjonalna do jego długości.

Zadanie 123.1.

Zjawisko, którego dotyczy zadanie, polega na pobudzaniu do drgań wahadła przez okresowo zmienną siłę zewnętrzną, czyli jest to zjawisko rezonansu mechanicznego. Zjawisko to zachodzi, gdy częstotliwość siły wymuszającej jest zbliżona do częstotliwości drgań własnych układu.

Zadanie 123.2.

Należy wykorzystać związek tangensa kąta nachylenia α wykresu do osi poziomej z przyspieszeniem ziemskim. Można zauważyć, że: tg $\alpha = \frac{T^2}{l}$, a następnie obliczyć iloraz $\frac{T^2}{l}$.

Teraz skorzystaj ze wzoru na okres drgań wahadła matematycznego: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ i oblicz g:

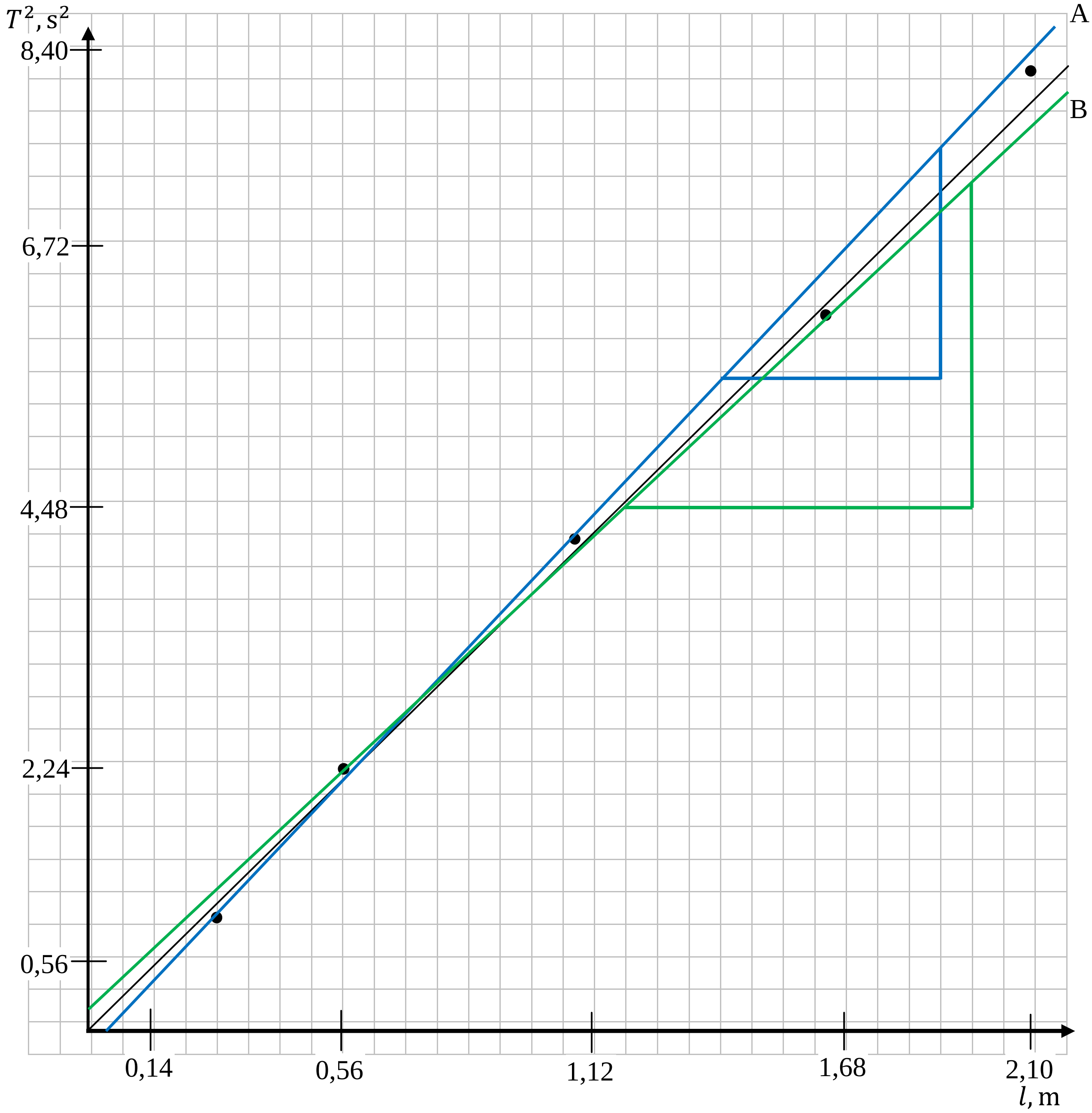
$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \Rightarrow gT^2 = 4\pi^2 l$$

$$\mathrm{g} = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}.$$

Zauważ, że $\frac{l}{T^2} = \frac{1}{\text{tg}\,\alpha}$ czyli g $= 4\pi^2 \cdot \frac{1}{\text{tg}\,\alpha} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2}{\text{tg}\,\alpha}$.

Skorzystaj z wykresu i oblicz $\text{tg}\,\alpha = \frac{5{,}32}{1{,}4} = 3{,}8$ (możesz wybrać inny punkt na wykresie) a następnie oblicz wartość przyspieszenia ziemskiego: $g = \frac{4 \cdot 3{,}14^2}{3{,}8} = 10{,}38\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
Uwaga: jeżeli wstawiłeś za $\pi = 3{,}141$ lub przybliżenie jeszcze bardziej dokładne, to otrzymasz wynik $g = 10{,}39\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 123.3.
Należy zgodnie z poleceniem poprowadzić przez punkty pomiarowe proste o najmniejszym i największym nachyleniu. Zauważ, że we wzorze $g = \frac{4\pi^2}{\text{tg}\,\alpha}$, tg α jest w mianowniku.
Zatem największe nachylenie (linia A) dotyczy najmniejszego przyspieszenia g_{min} i analogicznie najmniejsze nachylenie (linia B) dotyczy największego przyspieszenia g_{max}.



Wykorzystaj związek tangensa kąta nachylenia wykresu do osi poziomej z przyspieszeniem ziemskim. Postępuj tak jak w zadaniu 123.2. i oblicz g_{max} i g_{min}.

$g_{max} = \frac{4 \cdot 3{,}14^2}{\frac{2{,}8}{0{,}77}} = 10{,}85\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $g_{min} = \frac{4 \cdot 3{,}14^2}{\frac{1{,}96}{0{,}49}} = 9{,}86\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Następnie oblicz niepewność maksymalną pomiaru.

$\Delta g = \frac{g_{max} - g_{min}}{2} = \frac{10{,}85 - 9{,}86}{2} = 0{,}495\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Zadanie 123.4.

Odszukaj w opisie doświadczenia ten etap, w którym polegamy wyłącznie na naszych zmysłach – nie posługujemy się żadnymi przyrządami pomiarowymi.

Ma to miejsce wtedy, gdy dokonujemy oceny, czy okres drgań wahadła sprężynowego jest równy okresowi wahadła matematycznego. Ocena ta jest obarczona bardzo dużym błędem, a więc i długość nici l wahadła wyznaczona została niedokładnie.

Zadanie 123.5.

Zauważ, że przyspieszenie grawitacyjne na Ziemi i Księżycu ma różne wartości. Okres drgań wahadła można obliczyć, korzystając ze wzoru $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Wynika z tego, że aby to samo wahadło matematyczne na Ziemi i Księżycu wykonywało drgania o jednakowym okresie, musi mieć inną długość.

Zadanie 124.1.

Należy wybrać:

- bawełnianą nitkę – ponieważ jest nierozciągliwa,
- koralik z naturalnego korala – gdyż jest dostatecznie ciężki i jego rozmiary są małe,
- statyw, na którym należy przywiązać nitkę z przywiązanym do jej końca koralem,
- stoper do pomiaru okresu drgań,
- długą linijkę do pomiaru długości wahadła (używając długiej linijki, popełnimy mniejszy błąd przy pomiarze długości niż w przypadku pomiaru ekierką).

Zadanie 124.2.

Okres drgań wahadła użytego przez Kasię wyraża wzór $T = 2 \cdot \pi\sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$.

Na wykresie przedstawiono zależność $T^2(R)$, co po przekształceniu wzoru daje:

$$T^2 = \frac{6 \cdot \pi^2}{g} \cdot R.$$

Współczynnik kierunkowy otrzymanej prostej to $a = \frac{6 \cdot \pi^2}{g}$.

Na podstawie wykresu można obliczyć współczynnik kierunkowy $a = 6\frac{\text{s}^2}{\text{m}}$.

Po podstawieniu danych: $g = \frac{6 \cdot \pi^2}{a} = 9{,}86\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 124.3.
Na podstawie tabeli można stwierdzić, że okres drgań wahadła o długości 50 cm wynosi 1,4 s. Korzystając z zależności $\sin\alpha = \frac{x_{\max}}{l}$, należy obliczyć maksymalne wychylenie wahadła z położenia równowagi, czyli amplitudę drgań $x_{max} \approx 4{,}4$ cm.
Chcąc narysować wykres, należy opisać i wyskalować osie.

Zadanie 124.4.
1. Zależność $T = 2\pi\sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$, pozwalającą obliczyć okresy drgań wahadła fizycznego opisanego w zadaniu, możemy zastosować w przypadku wychylenia wahadła z położenia równowagi o małe kąty. Przy kątach większych nie można stosować takiego przybliżenia.
2. Na podstawie tekstu wstępnego można stwierdzić, że wahadło matematyczne o długości 25 cm ma okres drgań równy 0,996 s, natomiast wahadło fizyczne w kształcie krążka o średnicy 25 cm ma okres drgań 0,86 s.
3. Zależności $T = 2 \cdot \pi\sqrt{\frac{3 \cdot R}{2 \cdot g}}$, dla wahadła w kształcie krążka, nie można stosować dla osi obrotu prostopadłej do powierzchni krążka i przechodzącej przez punkt leżący w połowie jego promienia, gdyż zmiana osi obrotu powoduje zmianę momentu bezwładności wahadła.

Zadanie 125.1.
Można wykorzystać okresowe wahania poziomu wody w wężu tak jak dla wahadła.
Należy pamiętać o powtórzeniach pomiaru.
W tym celu wykonujemy następujące czynności:
1. wprowadzenie w niewielkie drgania słupa wody w wężu,
2. pomiar wielokrotnego, np. 3-krotnego, okresu drgań słupa wody w wężu.

Zadanie 125.2.
Korzystamy z analogii do drgań oscylatora harmonicznego. Wypadkowa siła działająca na słup wody jest proporcjonalna do różnicy poziomów (x) wody w ramionach węża, w czasie drgań słupa cieczy.
Jej wartość możemy obliczyć z definicji siły parcia, korzystając z zależności: $F_p = \rho \cdot g \cdot x \cdot S$.
Siła ta odpowiada, co do wartości, sile sprężystości opisanej wzorem: $F_s = k \cdot x$.
Po porównaniu sił otrzymujemy:
$\rho \cdot g \cdot x \cdot S = k \cdot x$ i po skróceniu x:
$\rho \cdot g \cdot S = k$
Wzór na okres drgań oscylatora opisujemy zależnością: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$,
gdzie l długość słupa wody w wężu, m_1 oznacza całkowitą masę wody w wężu i możemy ją zastąpić wzorem: $m_1 = \rho \cdot S \cdot l$.
Po podstawieniu za k i m_1 otrzymujemy: $l = \frac{g \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}$.

Zadanie 125.3.
Wykonanie pomiaru wielu okresów drgań zwiększa dokładność wyznaczenia jednego okresu. Powinno się też pamiętać o dokładności użytych przyrządów pomiarowych oraz eliminacji oporów ruch. Z powyższego wynika, że aby zwiększyć dokładność wyznaczenia długości słupa cieczy, należy wybrać dwie z poniższych odpowiedzi.
1. Wykonanie wielokrotnego pomiaru okresu drgań.

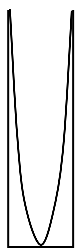
2. Użycie dokładniejszego stopera lub zastosowanie np. fotokomórki do pomiaru czasu.
3. Użycie węża o większym przekroju, co spowoduje zmniejszenie oporów przepływu.
4. Wprawienie słupa w drgania o większej amplitudzie, wtedy mniejszy będzie błąd obserwacji położenia maksymalnego wychylenia.
5. Użycie krótszego węża, wtedy zmniejszają się opory przepływu.

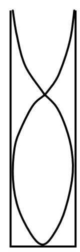
Zadanie 125.4.
Siłę wymuszającą ruch harmoniczny ciała w funkcji czasu opisuje równanie $F=F_o sin\omega t$, zatem nie jest ona stała w czasie, a siłę wymuszającą ruch harmoniczny ciała w funkcji wychylenia opisuje równanie $F = -kx$, zatem jest ona proporcjonalna do wychylenia ciała z położenia równowagi.

Zadanie 126.1.
Pierwsza harmoniczna – ton podstawowy ma najmniejszą częstotliwość i największą długość fali. Z wykresu można odczytać, że jest ona równa ok. 500 Hz. Znając częstotliwość i prędkość fali, należy obliczyć jej długość: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{500\,\text{Hz}} \approx 0{,}68\,\text{m}$.

Probówkę należy potraktować jak piszczałkę zamkniętą z jednej strony. Przy dnie probówki powstaje węzeł, a na otwartym końcu strzałka fali stojącej. W probówce mieści się $\frac{1}{4}$ długości fali tonu podstawowego, co pozwala obliczyć długość probówki $l = \frac{1}{4}\lambda \approx 0{,}17$ m.

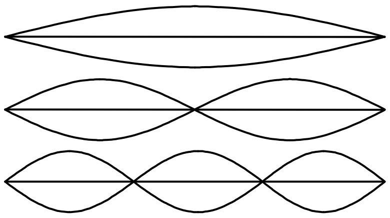
Zadanie 126.2.
Należy narysować pierwszą i drugą falę stojącą w probówce. W obu przypadkach węzeł fali musi znajdować się na dnie probówki, a strzałka na otwartym końcu probówki.


pierwsza harmoniczna


druga harmoniczna

Długość probówki jest równa $\frac{1}{4}$ długości fali stojącej o częstotliwości podstawowej oraz $\frac{3}{4}$ długości fali stojącej o drugiej częstotliwości harmonicznej (patrz rysunek), dlatego druga harmoniczna ma 3 razy mniejszą długość fali i 3 razy większą częstotliwość od tonu podstawowego.
Uwaga: fale dźwiękowe są podłużne, a na rysunkach pokazane są schematycznie jako „stojące fale poprzeczne” w celu wyraźnego ukazania położenia węzłów i strzałek.

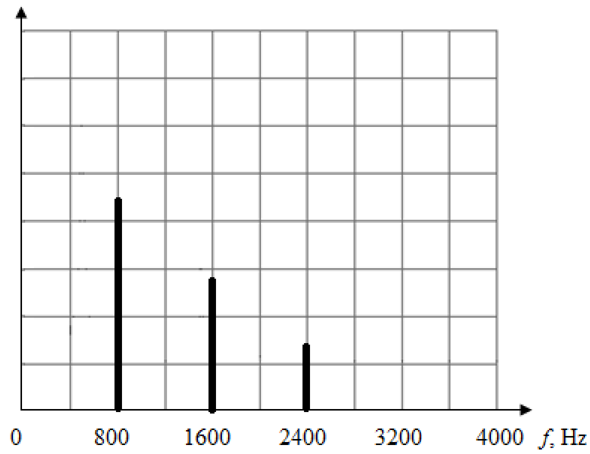
Zadanie 126.3.
Fala stojąca powstająca na strunie gitary musi mieć węzły na końcach struny. Pierwsza harmoniczna ma 1 strzałkę między węzłami, druga – 2 strzałki i węzeł, trzecia – 3 strzałki i 2 węzły (patrz rysunek).



Długości kolejnych fal harmonicznych $\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1$ oraz $\lambda_3 = \frac{1}{3}\lambda_1$

Ze wzoru $f = \frac{v}{\lambda}$ można obliczyć częstotliwości kolejnych fal, które są równe: f_1 = 800 Hz, $f_2 = 2 \cdot f_1$ = 1600 Hz, $f_3 = 3 \cdot f_1$ = 2400 Hz.

Należy wyskalować i opisać oś częstotliwości, następnie narysować widmo (patrz rysunek).



Zadanie 126.4.
W celu wyznaczenia prędkości dźwięku w powietrzu należy zmierzyć długość probówki. Następnie należy wytworzyć dźwięk poprzez dmuchnięcie nad wylotem probówki i zarejestrować widmo dźwięku przy pomocy komputerowego oscyloskopu. Po odczytaniu częstotliwości tonu podstawowego, należy obliczyć prędkość dźwięku po przekształceniu wzoru $\lambda = \frac{v}{f}$ do postaci $v = \lambda \cdot f$.

Zadanie 127.1.
Idiofon (kamerton) jest instrumentem muzycznym, w którym powstanie fala stojąca taka, że na wysokości h kamertonu mieści się $\frac{1}{4}$ długości fali($h = 0{,}25 \cdot \lambda$). Długość fali odpowiadającej tonowi podstawowemu, będzie więc 4-krotnie dłuższa od długości idiofonu, co można zapisać wzorem $h = \frac{\lambda}{4}$.
Zatem niezbędnym przyrządem do wyznaczenia długości fali (pośrednio częstotliwości) będzie dostępny metr krawiecki.
W celu wyznaczenia częstotliwości należy skorzystać z zależności: $\lambda = 4h$, $f = \frac{v}{\lambda}$
i po podstawieniu otrzymujemy: $f = \frac{v}{4h}$.

Zadanie 127.2.
Częstotliwość fal jest wielkością, która zależy od generatora drgań. W tej sytuacji jest nim (generatorem) idiofon, zatem dla tego kamertonu i powietrza częstotliwość jest taka sama.

Zadanie 127.3.
W celu narysowania wykresu należy obliczyć długości fal odpowiadające wysokościom idiofonów, korzystając z zależności: $\lambda = 4 \cdot h$.
Jednostkową wysokością będzie idiofon o wysokości h_2, zatem długości fal będą wynosić odpowiednio: $\lambda_1 = 16h_2$, $\lambda_2 = 4h_2$, $\lambda_3 = 8h_2$, $\lambda_4 = 12h_2$.

Zadanie 127.4.
Rezonans akustyczny to zjawisko polegające na wzmocnieniu amplitudy drgań własnych w sytuacji, gdy częstotliwości drgań wymuszonych i własnych mają tę samą bądź zbliżoną wartość.
1. Ponieważ idiofony mają tę samą wysokość, zatem częstotliwości dźwięków generowane przez idiofony będą sobie równe.
2. Oblepienie betonem powoduje zmianę masy drgającego ramienia idiofonu, co wpływa na zmianę częstotliwości jego drgań, ponieważ właściwości sprężyste nie ulegają zmianie.
3. Rezonans akustyczny, to zjawisko polegające na wzmocnieniu amplitudy drgań własnych w sytuacji, gdy częstotliwości drgań wymuszonych i własnych mają tę samą bądź zbliżoną wartość.

Zadanie 127.5.
Korzystamy z zależności podanej w treści zadania: $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$
oraz wzoru na prędkość rozchodzenia się fali $v = \lambda \cdot f$.
Ponadto, mając na uwadze, że w idiofonie powstaje fala stojąca, możemy skorzystać z zależności: $\lambda = 4 \cdot h$.
Następnie stosujemy wzór na gęstość $\rho = \frac{m}{V}$ oraz objętość prostopadłościanu $V = S \cdot h$.
Po podstawieniu otrzymujemy wzór: $S = \frac{16hmf^2}{E}$.

Zadanie 128.1.
1. W metalach mogą rozchodzić się zarówno drgania podłużne, jak i poprzeczne, ponieważ występują silne oddziaływania międzycząsteczkowe i możliwe jest rozchodzenie się zaburzeń (przekazywanie drgań między cząsteczkami) w postaci drgań zarówno podłużnych jak i poprzecznych.
2. Na strunie powstają fale stojące, które mają węzły w punktach zamocowania struny. Oznacza to, że na długości struny l musi się mieścić całkowita wielokrotność połówek długości fali, czyli $l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$.
Długość fali o częstotliwości podstawowej wytworzonej w drgającej strunie, jest więc równa podwojonej długości struny, czyli 1296 mm.
3. Zmienne napięcie wytwarzane w cewce pomiarowej powstaje dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej, ponieważ ruch stalowej struny w pobliżu cewki z namagnesowanym rdzeniem zmienia strumień magnetyczny przenikający przez wnętrze cewki, indukując w niej zmienne napięcie.

Zadanie 128.2.
Częstotliwość podstawowa, z jaką drga teraz krótszy odcinek struny w porównaniu z częstotliwością, z jaką początkowo drgała cała struna, jest 4 razy większa, ponieważ podzielono ją w stosunku 1 : 3 i krótszy jej odcinek, który pobudzono do drgań ma teraz długość ¼ długości struny.

Zadanie 128.3.

A. W celu sprawdzenia słuszności wzoru $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ należy pobudzać do drgań strunę, obciążając ją kolejnymi ciężarkami, by zmieniać wartość siły naprężającej strunę F oraz mierzyć i zapisywać kolejne częstotliwości, z jaką drga struna.
Dysponując takimi danymi, można potem, korzystając ze wzoru $v_{\mathrm{k}} = \lambda \cdot f_{\mathrm{k}}$, sprawdzić poprawność wzoru $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

Sprawdzenia tego można dokonać poprzez sprawdzenie, czy iloraz $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{F_{\mathrm{k}}}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{k \cdot m \cdot g}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{m}}$ jest stały dla kolejnych wartości $k = 1, 2, 3$ … lub podstawić za $v_{\mathrm{k}} = \lambda \cdot f_{\mathrm{k}}$ i sprawdzić ilorazy $\frac{f_{\mathrm{k}}}{\sqrt{F_{\mathrm{k}}}}$.

Kolejność istotnych czynności podczas doświadczenia powinna być więc następująca:
1. obciążanie struny przez zawieszanie kolejnych ciężarków o masach m,
2. pobudzanie struny do drgań po zawieszaniu kolejnych ciężarków,
3. pomiary częstotliwości drgań struny dla kolejnych obciążeń struny,
4. zapisanie (w tabeli) wartości obciążeń i odpowiadających im częstotliwości,
5. obliczenie kolejnych prędkości dźwięku w strunie ze wzoru $v_{\mathrm{k}} = \lambda \cdot f_{\mathrm{k}}$,
6. sprawdzenie poprawności wzoru (*) np.: poprzez sprawdzenie, czy iloraz $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{F_{\mathrm{k}}}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{k \cdot m \cdot g}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{m}}$ jest stały dla $k = 1, 2, 3$ …

Wskazane jest również dla ułatwienia późniejszych obliczeń, przygotowanie tabeli i zapisanie w niej wartości obciążeń i odpowiadających im częstotliwości.
B. Należy przed wykonaniem doświadczenia przygotować tabelę zawierającą kolumny z następującymi nazwami:
1. Masa obciążników m (lub liczba obciążników k),
2. Częstotliwości drgań (f),
3. Siła obciążająca (F),
4. Prędkość dźwięku (v),
5. Wartość $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{F_{\mathrm{k}}}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{k \cdot m \cdot g}}$ lub $\frac{v_{\mathrm{k}}}{\sqrt{m}}$ (w zależności od przyjętej metody sprawdzenia).

Zadanie 128.4.

Wyrażenie $v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}$ można zapisać, korzystając z definicji gęstości $\rho = \frac{m}{V}$ oraz ze wzoru na objętość walca $V = S \cdot l$ (struna jest walcem o długości l i powierzchni przekroju poprzecznego S) jako:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{V}\cdot S}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{S\cdot l}\cdot S}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{l}}}$$

Ułamek $\frac{m}{l}$ jest masą odcinka struny o długości jednego metra, czyli gęstością liniową struny oznaczoną przez μ.

Zatem wyrażenie $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ jest równe wyrażeniu $v = \sqrt{\frac{F}{\rho\cdot S}}$.

Zadanie 128.5.

Długość, prędkość i częstotliwość fali można powiązać wzorem $\lambda = \frac{v}{f}$.

Po przekształceniu możemy zapisać $f = \frac{v}{\lambda}$.

Wstawiając $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ do powyższego wzoru, można otrzymać $f = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{\lambda}$.

Ponieważ długość struny l można powiązać z długością fali λ wzorem $l = n\cdot\frac{\lambda}{2}$, można zapisać po przekształceniu, że $\lambda = \frac{2l}{n}$, gdzie n = 1, 2, 3 …

Wzór $f = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{\lambda}$ przyjmie zatem postać $f_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

Zadanie 129.1.
Zwróć uwagę na poprawne opisanie osi oraz poprawne jednostki – na osi poziomej długość wyrażana w centymetrach, zaś na pionowej częstotliwość wyrażana w hercach. Osie powinny być wyskalowane w taki sposób, aby wykres zajmował większość dostępnego miejsca oraz żeby łatwo było odmierzać i zaznaczać położenia punktów doświadczalnych i ich niepewności. Punkty pomiarowe powinny być połączone gładką krzywą przechodzącą w pobliżu wszystkich punktów.

Zadanie 129.2.
Dla drgań struny o częstotliwości podstawowej na długości struny l znajduje się połowa długości fali $l = \frac{\lambda}{2}$, natomiast związek między długością fali λ, częstotliwością f oraz prędkością rozchodzenia się fali w strunie v jest następujący: $v = f\cdot\lambda$. Wiążąc ze sobą powyższe wyrażenia (wyliczając λ z jednego spośród nich i podstawiając do drugiego) otrzymujemy: $v = 2l\cdot f$.
Korzystając z tego wyrażenia, możemy obliczyć średnią wartość prędkości oraz oszacować jej niepewność metodą podaną w treści zadania.
Dla poszczególnych pomiarów obliczone prędkości dźwięku są następujące:

$$v_1 = 2l_1 \cdot f_1 = 2 \cdot 0{,}2 \cdot 890 = 356\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = 2l_2 \cdot f_2 = 2 \cdot 0{,}4 \cdot 440 = 352\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = 2l_3 \cdot f_3 = 2 \cdot 0{,}6 \cdot 300 = 360\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_4 = 2l_4 \cdot f_4 = 2 \cdot 0{,}8 \cdot 220 = 352\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Średnia wartość prędkości wynosi zatem:

$$v = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4} = 355\,\frac{\text{m}}{\text{s}},$$

a jej niepewność oszacowana metodą podaną w treści zadania

$$\Delta v = v_3 - v = 360\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 355\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Zadanie 129.3.
Skorzystaj z wyrażenia wiążącego długość drgającej części struny z numerem harmonicznej oraz odpowiednią długością fali, a także z wyrażenia wiążącego częstotliwość z długością fali i prędkością rozchodzenia się fali. Wyrażenia te należy odpowiednio ze sobą połączyć.
Oznaczając przez l długość drgającej części struny, n numer harmonicznej, λ długość fali poprawny jest związek: $l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$ (na długości struny znajduje się całkowita wielokrotność połowy długości fali).
Pomiędzy długością fali λ, częstotliwością f oraz prędkością rozchodzenia się fali w strunie v zachodzi natomiast relacja: $f = \frac{v}{\lambda}$.
Wiążąc ze sobą powyższe wyrażenia (wyliczając λ z jednego spośród nich i podstawiając do drugiego), otrzymuje się następującą zależność:

$$f = \frac{n \cdot v}{2l}.$$

Zadanie 129.4.
Dla drgań struny o częstotliwości podstawowej zachodzi związek: $v = 2l \cdot f$, gdzie v jest prędkością rozchodzenia się fali w strunie, l długością struny, natomiast f częstotliwością.
Aby zwiększyła się wysokość dźwięku (częstotliwości drgań struny) przy takiej samej długości drgającej części struny, musi zwiększyć się prędkość rozchodzenia się fali w strunie, a zatem prawidłowe jest uzasadnienie B. Z kolei prędkość dźwięku w strunie zwiększa się pod wpływem zwiększenia siły naciągu, więc poprawne jest stwierdzenie 1.

Zadanie 129.5.
Zastanów się, w jaki sposób wykonać odpowiedni rachunek liczbowy, dysponując jedynie kalkulatorem prostym nie pozwalającym obliczać pierwiastków wyższego rzędu niż kwadratowe. Można także ewentualnie posłużyć się zestawem *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny (…)*.
Klawisz DIS/ES znajduje się o 6 klawiszy w lewo od klawisza A, więc częstotliwość dźwięku DIS/ES jest równa:

$$f_{\mathrm{DIS/ES}} = \frac{f_{\mathrm{A}}}{\left(\sqrt[12]{2}\right)^6} = \frac{f_{\mathrm{A}}}{\sqrt{2}} = \frac{440\ \mathrm{Hz}}{\sqrt{2}} = 311{,}1\ \mathrm{Hz}\,.$$

Można także skorzystać z faktu, że klawisz DIS/ES znajduje się o 3 klawisze w prawo od zaznaczonego po lewej stronie rysunku klawisza C, więc częstotliwość dźwięku DIS/ES jest równa:

$$f_{\mathrm{DIS/ES}} = \left(\sqrt[12]{2}\right)^3 f_{\mathrm{C}} = \sqrt[4]{2}\ f_{\mathrm{C}} = \sqrt{\sqrt{2}} \cdot 261{,}6\ \mathrm{Hz} = 311{,}1\ \mathrm{Hz}\,.$$

Oba powyższe rachunki można wykonać za pomocą kalkulatora prostego, z którego korzystanie jest dozwolone podczas egzaminu maturalnego. Wartość liczbową $\sqrt{2}$ można także określić na podstawie dostępnych w czasie egzaminu tablic funkcji trygonometrycznych w zestawie *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny (…).*

Zadanie 130.1.

Wybór przyrządów i materiałów służących do wyznaczania wartości konkretnej wielkości fizycznej uwarunkowany jest przez ich dostępność. Zwróć uwagę na rodzaj badanej wielkości oraz konieczną ilość użytych przedmiotów.

W sytuacji opisanej w zadaniu w zestawie nie ma linijki (czy innego przyrządu do pomiaru długości), zatem do wykorzystania jest pomiar kąta na tarczy Kolbego z użyciem półkrążka i lasera, jako źródła światła.

Zadanie 130.2.

Sposób 1. Wykorzystanie zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.

Trzeba zapisać wszystkie czynności konieczne do wyznaczenia badanej wielkości. W związku z tym należy precyzyjnie skierować promień lasera na wypukłą część półkrążka tak, aby promień światła laserowego biegł wzdłuż promienia krążka.

Względny współczynnik załamania można obliczyć, korzystając ze wzoru: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21}$, gdzie α – kąt padania, β – kąt załamania.

Na koniec musimy pamiętać o powtórzeniu pomiaru, w celu uniknięcia błędów, w tym błędów grubych.

Sposób 2. Wykorzystanie zjawiska załamania.

1. Zamocowanie na tarczy Kolbego półkrążka w taki sposób, aby jego środek pokrywał się ze środkiem tarczy.
2. Skierowanie wiązki laserowej na środkową cześć płaskiej ściany półkrążka prostopadle do niej (kąt padania promienia równy 0^{o}) i obserwowanie biegu promienia załamanego.
3. Zwiększanie kąta padania światła laserowego o 20° i odczytanie odpowiadającego mu kąta załamania.
4. Zwiększamy następnie kąt o 20° i ponownie odczytujemy kąt załamania.
5. Pomiary powtarzamy, zwiększając za każdym razem kąt padania światła w powietrzu o kolejne 20°.

Zadanie 130.3.

Korzystamy z prawa załamania $\frac{\sin\,\alpha}{\sin\,\beta} = \frac{n_2}{n_1}$, gdzie α – kąt padania, β – kąt załamania.

Przez n_2, n_1 oznaczmy bezwzględne współczynniki załamania powietrza i materiału, z którego wykonano soczewkę.

Zakładając, że w zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia kąt załamania β = 90° oraz n_2 = 1, otrzymujemy:

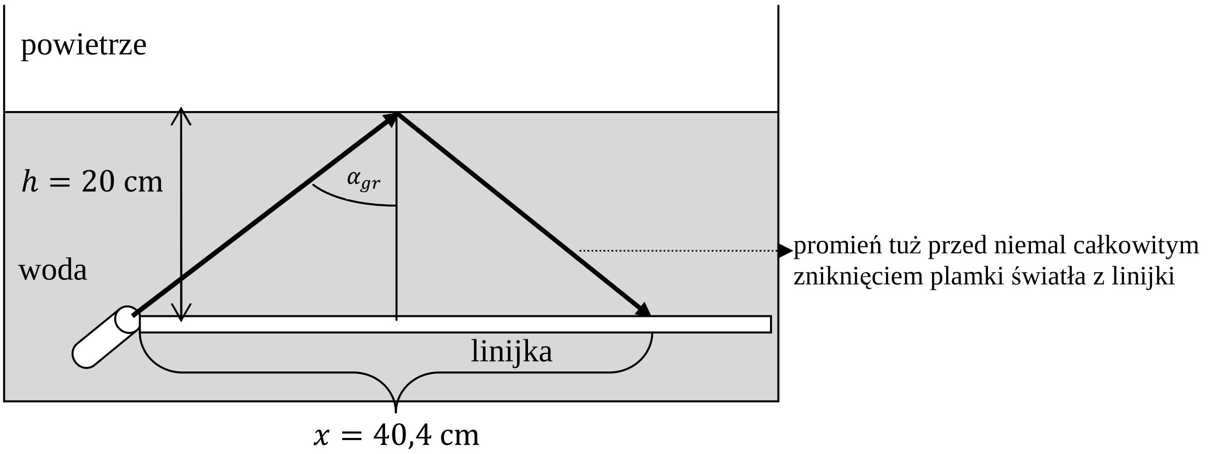
$\sin\alpha_{gr} = \frac{1}{n}$.

Zadanie 130.4.
Należy skorzystać z prawa załamania. Rysunek musi uwzględniać załamanie na pierwszej i drugiej ściance soczewki odpowiednie dla właściwości optycznych ośrodków powietrza i materiału, z którego wykonano element tarczy Kolbego (w przypadku przejścia promienia światła z ośrodka optycznie rzadszego, do ośrodka optycznie gęstszego załamanie następuje do prostopadłej padania i odwrotnie).

Zadanie 131.1.
Na rysunku światło pada na granicę ośrodków optycznie gęstszego i rzadszego od strony ośrodka optycznie gęstszego. Ponieważ nie doszło do załamania światła na granicy ośrodków, należy wnioskować, że wystąpiło zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.

Zadanie 131.2.
Gdy światło przechodzi z ośrodka optycznie gęstszego do rzadszego i kąt padania jest większy od kąta granicznego α_{gr}, występuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia. Gdy zmniejszamy kąt padania, maleje również kąt odbicia. W chwili, gdy kąt padania osiągnie wartość graniczną α_{gr}, kąt załamania osiągnie wartość maksymalną, czyli równą $\beta = 90°$.

Zadanie 131.3.
Należy wykorzystać związek współczynnika załamania i kąt granicznego. $\sin\alpha_{gr} = \frac{1}{n_w} \Rightarrow n_w = \frac{1}{\sin\alpha_{gr}}$.



Na podstawie rysunku można obliczyć $\sin\alpha_{gr} = \frac{x}{2l}$,
gdzie: $l = \sqrt{\left(\frac{x}{2}\right)^2 + h^2}$, $l = \sqrt{20{,}2^2 + 20^2}$, $l = 28{,}43$ cm, $\sin\alpha_{gr} = \frac{20{,}2}{28{,}43} = 0{,}71$
Stąd współczynnik załamania $n_w = \frac{1}{\sin\alpha_{gr}} = \frac{1}{0{,}71} = 1{,}41$.

Zadanie 131.4.
Pytanie dotyczy warunków wystąpienia zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.
Należy więc sprawdzić, czy warunki te są spełnione. Jednym z warunków jest przechodzenie światła z ośrodka optycznie gęstszego do rzadszego. Ponieważ nie jest on spełniony, zjawisko nie wystąpi.

Zadanie 131.5.
Należy skorzystać ze wzoru na niepewność względną i pamiętać o podaniu wyniku z żądaną dokładnością.

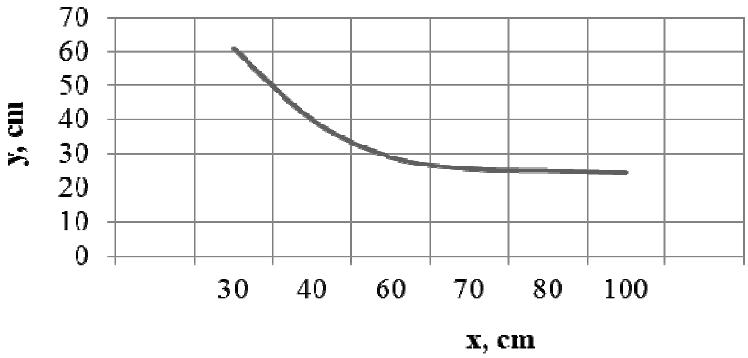
$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{0,01}{1,14} \cdot 100\% = 0,709\% = 0,71\%$$

Zadanie 132.1.
Należy stwierdzić, że obraz tej samej wielkości powstaje w odległości równej podwójnej ogniskowej. Z tabeli można odczytać, że dla x = 40 cm i y = 40 cm powiększenie wynosi:

$$p = \frac{|y|}{x} = 1.$$

Można zatem zapisać, że f = 20 cm.

Zadanie 132.2.
Należy zwrócić uwagę na poprawne opisanie osi oraz poprawne jednostki (oś pozioma – odległość przedmiotu od soczewki, oś pionowa – odległość obrazu od soczewki). Punkty pomiarowe należy połączyć gładką krzywą przechodzącą w pobliżu wszystkich punktów.



Za pomocą soczewki skupiającej można otrzymać obraz powiększony rzeczywisty, gdy przedmiot ustawimy w odległości x od soczewki spełniającej warunek: $f < x < 2f$. Powyższy wykres obejmuje zakres odległości od 30 cm do 100 cm. W związku z tym obrazy rzeczywiste powiększone otrzymamy, gdy 30 cm < x < 40 cm.

Zadanie 132.3.

Powiększenie należy obliczyć ze wzoru: $p = \left|\frac{y}{x}\right|$,

gdzie x to odległość przedmiotu od soczewki, zaś y – odległość powstałego obrazu od soczewki. Na podstawie tabeli można stwierdzić, że dla wartości x = 60 cm i y = 29 cm, powiększenie wynosi p_1 = 0,483.

Następnie korzystając z równania soczewki: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$,

oraz pamiętając, że $\frac{1}{f} = 5\ \text{D}$ trzeba obliczyć, jaka jest wartość y odpowiadająca odległości przedmiotu od soczewki x = 60 cm. Zatem:

$$y = \frac{x - f}{f \cdot x} = 0,3\ \text{m} = 30\ \text{cm}.$$

Powiększenie odpowiadające wartościom teoretycznym wynosi $p_2 = \left|\frac{y}{x}\right| = 0{,}5.$

Niepewność względną można obliczyć z zależności danej równaniem: $\frac{\Delta p}{p_2} = \frac{p_2 - p_1}{p_2}$,
gdzie p_2 oznacza wartość teoretyczną, natomiast p_1 to wartość otrzymana w doświadczeniu. Ostatecznie należy podstawić dane liczbowe i wynik podać w procentach $\frac{\Delta p}{p_2} = 3{,}3\%.$

Zadanie 132.4.
Współczynnik załamania materiału, z którego wykonano soczewkę, można obliczyć korzystając ze wzoru soczewkowego: $\frac{1}{f} = (n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$,
gdzie R_1 i R_2 to promienie krzywizny soczewki.
Dla soczewki płasko-wypukłej $\frac{1}{R_1} \to 0$, więc równanie soczewki wzór soczewkowy przyjmuje postać: $\frac{1}{f} = (n-1)\cdot\frac{1}{R_2}$.
Po uwzględnieniu danych liczbowych n = 1,6.

Zadanie 133.1.
Należy skorzystać z równania soczewki: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$,
do którego za x i y należy wstawić równania przedstawione w treści zadania:
$x = \frac{d-l}{2}$ oraz $y = \frac{d+l}{2}$.

Po wykonaniu odpowiednich przekształceń otrzymamy: $f = \frac{d^2 - l^2}{4\cdot d}$.

Zadanie 133.2.
Równanie $f = \frac{d^2 - l^2}{4\cdot d}$ należy doprowadzić do postaci: $4\cdot d\cdot f = d^2 - l^2$,
a następnie do postaci: $l^2 = d(d - 4\cdot f)$.
Ponieważ l^2 jest dodatnie, d również jest dodatnie, zatem wyrażenie w nawiasie $d - 4\cdot f$, musi mieć wartość dodatnią, czyli $d > 4\cdot f$.

Zadanie 133.3.
W celu obliczenia ogniskowej dla poszczególnych pomiarów należy do równania przedstawionego w treści zadania $f = \frac{d^2 - l^2}{4\cdot d}$ wstawić odpowiednio wybrane wartości z tabeli.

Na przykład dla pomiaru 1. d = 98,5 cm, l = 42 cm, czyli: $f_1 = \frac{(98{,}5)^2 - (42)^2}{4\cdot 42}\text{cm} \approx 20{,}15\,\text{cm}$.
Analogicznych obliczeń należy dokonać dla pozostałych pomiarów.

Średnia wartość ogniskowej soczewki: $f_{śr} = \frac{20{,}15 + 19{,}92 + 20{,}06}{3}\ \text{cm} \approx 20{,}04\ \text{cm}$

Zadanie 133.4.
Względna niepewność pomiaru odległości soczewki od ekranu y_2 jest równa niepewności pomiaru (w omawianej sytuacji Δy = 0,5 cm) do wartości mierzonej y_2.
Dla przeprowadzonych pomiarów niepewność ta będzie najmniejsza dla pomiaru 3., ponieważ wartość y_2 jest dla tego pomiaru największa.

Zadanie 133.5.
Soczewki skupiające w sytuacji opisanej w zadaniu tworzą obrazy rzeczywiste, które można obserwować na ekranie. Można zatem zmierzyć odległość od soczewki, w jakiej postają te obrazy. Soczewki rozpraszające tworzą obrazy pozorne, których nie można obserwować na ekranie, zatem nie można zmierzyć odległości obrazu od soczewki.

Zadanie 134.1.
Długość fali świetlnej emitowanej przez laser należy obliczyć ze wzoru: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin\alpha$,
gdzie d oznacza stałą siatki, n = 1 (prążek pierwszego rzędu), natomiast sin α – to sinus kąta ugięcia prążka pierwszego rzędu.

Stałą siatki d można wyrazić jako liczbę rys przypadającą na 1 mm, czyli $d = \frac{1\text{mm}}{100} = 10^{-5}\,\text{m}$.

Dla małych kątów ugięcia można zapisać: $\sin\alpha = tg\alpha = \frac{x}{l}$, gdzie x = 0,11 m (odległość pomiędzy prążkami zerowego i pierwszego rzędu), natomiast l = 1,5 m (odległość pomiędzy siatką dyfrakcyjną i ekranem).

Długość fali można wyrazić jako: $\lambda = \frac{d \cdot \sin\alpha}{n} = \frac{d \cdot x}{n \cdot l}$,

co po podstawieniu danych liczbowych daje wynik: $\lambda = \frac{10^{-5} \cdot 0{,}11}{1 \cdot 1{,}5} \approx 733 \cdot 10^{-9} = 733$ nm.

Zadanie 134.2.
Maksymalny rząd widma można obliczyć z zależności: $\frac{n \cdot \lambda}{d} = \sin\alpha$.

Uwzględniając warunek $\sin\alpha \leq 1$, p otrzymamy zależność $\frac{n \cdot \lambda}{d} \leq 1$, z czego wynika, że:

$n \leq \frac{d}{\lambda}$.

Podstawiając dane liczbowe, można obliczyć n = 13 (n ma być liczbą naturalną).
Należy obliczyć liczbę wszystkich jasnych prążków. W obrazie dyfrakcyjnym po dwóch stronach prążka zerowego znajduje się po 13 prożków jasnych, należy pamiętać, że prążek zerowy również jest jasny.
Tak więc liczba jasnych prążków k będzie równa $k = n + n + 1 = 2n + 1 = 27$.

Zadanie 134.3.
Chcąc wykazać, że na ekranie będą widoczne prążki maksymalnie 5 rzędu, należy pokazać, że prążka 6 rzędu na ekranie nie będzie. W tym celu można obliczyć sinus kąta ugięcia jasnego prążka rzędu 5 z zależności:

$$\frac{n \cdot \lambda}{d} = \sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{5 \cdot 730 \cdot 10^{-9}}{10^{-5}} = 0{,}365$$

i odczytać z tabeli tg α = 0,392, następnie obliczyć sinus kąta ugięcia prążka rzędu 6,

$$\sin\alpha_1 = \frac{6 \cdot 730 \cdot 10^{-9}}{10^{-5}} = 0{,}438$$

i odczytać z tabeli tg α_1 = 0,488.

Następnie należy skorzystać z zależności $tg\alpha = \frac{x}{l}$, gdzie l = 1,5 m (odległość ekranu od siatki dyfrakcyjnej) i obliczyć x_5 = 0,59 m (odległość pomiędzy prążkami rzędu zerowego i piątego) oraz x_6 = 73,2 cm (odległość pomiędzy prążkami rzędu zerowego i szóstego). Szerokość ekranu można ustalić z informacji w tekście wstępnym y_1 = 130 cm. Po obliczeniu $2 \cdot x_5 = 2 \cdot 59$ cm = 118 cm stwierdzamy, że na ekranie widoczny jest prążek 5 rzędu, natomiast $2 \cdot x_6 = 2 \cdot 73{,}2$ cm = 146,4 cm, więc prążek rzędu 6 znajduje się poza ekranem.

Zadanie 135.1.

1. Prążki interferencyjne uzyskane na ekranie w doświadczeniu dla odbiciowej siatki dyfrakcyjnej nie mogą być wielobarwne, ponieważ w doświadczeniu użyto światła laserowego o jednej określonej długości fali, które nie może ulec rozszczepieniu na różne barwy.
2. Wyniki doświadczeń podczas odbicia lub przejścia światła lasera przez płytę użytą jako siatka dyfrakcyjna, będą takie same, ponieważ w obu przypadkach użyto tej samej siatki dyfrakcyjnej, zatem liczba rys/mm (liczba szczelin/mm) jest taka sama.
3. Jeżeli światło wskaźnika laserowego przechodzi przez płytę, to jej ścieżki są traktowane jak szczeliny w siatce dyfrakcyjnej. Wiązka światła, padająca na nie zachowuje się tak, jak w przypadku szczelin w siatce dyfrakcyjnej.

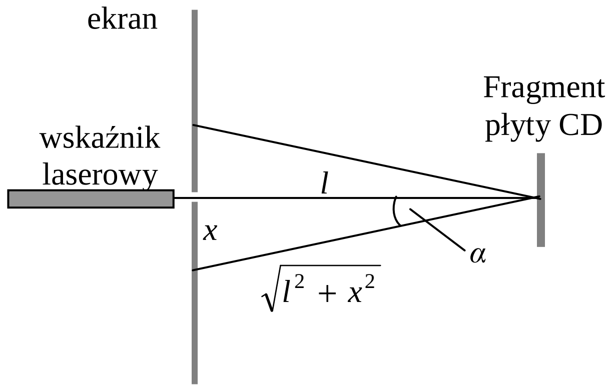
Zadanie 135.2.

Odległości między kolejnymi szczelinami w płycie CD są równe 1,6 μm. Oznacza to, że stała siatki d = 1,6 μm.
Pozostałe wartości, konieczne do wykonania obliczeń, znajdują się na rysunku (x = 37,3 cm, l = 80 cm).
Po zamianie jednostek (x = 0,373 m, l = 0,8 m) i podstawieniu wartości liczbowych (w jednostkach podstawowych układu SI) do wzoru $\lambda = \frac{d \cdot x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$ można zapisać:

$$\lambda = \frac{d \cdot x}{\sqrt{l^2 + x^2}} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}373}{\sqrt{(0{,}8)^2 + (0{,}373)^2}} \approx 676 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m} \approx 676\ \mathrm{nm} \quad \left[\frac{\mathrm{m} \cdot \mathrm{m}}{\sqrt{\mathrm{m}^2 + \mathrm{m}^2}} = \mathrm{m}\right].$$

Zadanie 135.3.

Korzystając z własności siatki dyfrakcyjnej, można zapisać wzór: $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$.
W sytuacji opisanej w zadaniu należy zastosować wzór dla prążków pierwszego rzędu n = 1, zatem wzór przyjmuje postać: $\lambda = d \cdot \sin\alpha$.



Konieczne jest jeszcze wyrażenie sinusa kąta przez znane wielkości x oraz l (patrz rysunek).

Korzystając z oznaczeń na rysunku, można zapisać: $\sin\alpha = \dfrac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$.

Ostatecznie wzór $\lambda = d\cdot\sin\alpha$ przyjmie postać: $\lambda = \dfrac{d\cdot x}{\sqrt{l^2+x^2}}$.

Zadanie 135.4.

Przy tej samej długości fali λ (to samo źródło światła) iloczyn $d\cdot\sin\alpha$ we wzorze musi być stały, zatem zmniejszenie wartości stałej siatki d (użycie płyty DVD o gęściej rozmieszczonych ścieżkach/rysach) musi spowodować wzrost wartości sin α, a więc w konsekwencji również wzrost kąta α, czyli większe ugięcie promienia.

Użycie w doświadczeniu płyty DVD zamiast płyty CD, przy takich samych ustawieniach (źródła światła, siatki dyfrakcyjnej i ekranu) spowodowałoby, że odległości x na ekranie, dla tego samego rzędu widma, byłyby większe, ponieważ dla gęściej rozmieszczonych szczelin w siatce dyfrakcyjnej ugięcie światła będzie większe.

Zadanie 135.5.

Sposób 1.

Błąd względny wyznaczenia długości fali światła wysyłanego przez laser można obliczyć ze wzoru: $\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda} = \dfrac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$, gdzie $\lambda_1 = \dfrac{d\cdot\sin\alpha}{n}$ oraz $\lambda_2 = \dfrac{d\cdot\operatorname{tg}\alpha}{n}$.

Konieczna jest zatem znajomość wartości sin α oraz tg α.

Ponieważ $\sin\alpha = \dfrac{x}{\sqrt{l^2+x^2}}$, to po zamianie jednostek i podstawieniu wartości $x = 0{,}373$ m oraz $l = 0{,}8$ m (w jednostkach podstawowych układu SI) otrzymamy

$$\sin\alpha = \frac{0{,}373}{\sqrt{(0{,}8)^2 + (0{,}373)^2}} = 0{,}4226 \left[\frac{\mathrm{m}}{\sqrt{\mathrm{m}^2 + \mathrm{m}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}} = 1\right]$$

Z zestawu *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny (…)* można odczytać, że kąt $\alpha \approx 25°$. Znając kąt α, można odczytać z *Karty (…)* wartość cos 25° = 0,9063, a następnie obliczyć tg 25° = 0,4663.

Następnie najprościej jest obliczyć długości fal λ_1 oraz λ_2, przyjmując w obu przypadkach $n = 1$.

$$\lambda_1 = \frac{d\cdot\sin\alpha}{n} = \frac{1{,}6\cdot 10^{-6}\cdot 0{,}4226}{1} = 676{,}16\ \text{nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{d \cdot \mathrm{tg}\alpha}{n} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}4663}{1} = 746{,}08 \text{ nm}$$

Po podstawieniu długości fal do wzoru: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$ należy obliczyć błąd względny:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{746{,}08 - 676{,}16}{676{,}16} = 0{,}103 \approx 0{,}1 \quad \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}} = 1\right]$$

Zatem błąd względny $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 0{,}1$ ($\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 10\%$).

Sposób 2.

Błąd względny wyznaczenia długości fali światła wysyłanego przez laser można obliczyć ze wzoru: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$, gdzie $\lambda_1 = \frac{d \cdot \sin\alpha}{n}$ oraz $\lambda_2 = \frac{d \cdot \mathrm{tg}\alpha}{n}$.

Korzystając ze związków trygonometrycznych, można zapisać powyższe wzory w postaci: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\mathrm{tg}\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha}$ lub $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{\cos\alpha} - 1$.

Do dalszych obliczeń konieczna jest znajomość wartości tg α oraz sin α lub cos α.

Ponieważ $\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$, to po zamianie jednostek i podstawieniu wartości $x = 0{,}373$ m oraz $l = 0{,}8$ m (w jednostkach podstawowych układu SI) otrzymamy:

$$\sin\alpha = \frac{0{,}373}{\sqrt{(0{,}8)^2 + (0{,}373)^2}} = 0{,}4226$$

Z zestawu *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny (…)* można odczytać, że kąt $\alpha \approx 25°$. Znając kąt α, można odczytać z zestawu *Wybranych wzorów (…)* wartość cos 25° = 0,9063, a następnie obliczyć tg 25° = 0,4663.

Podstawienie odpowiednich wartości funkcji do wzoru: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\mathrm{tg}\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha}$ lub $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{\cos\alpha} - 1$ pozwala na obliczenie błędu względnego: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 0{,}1$ ($\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 10\%$).

Zadanie 136.1.

Prążki A i D znajdują się na ekranie na poziomej linii i dlatego najlepiej narysować opisany układ doświadczalny w widoku „z góry”.

Zadanie 136.2.

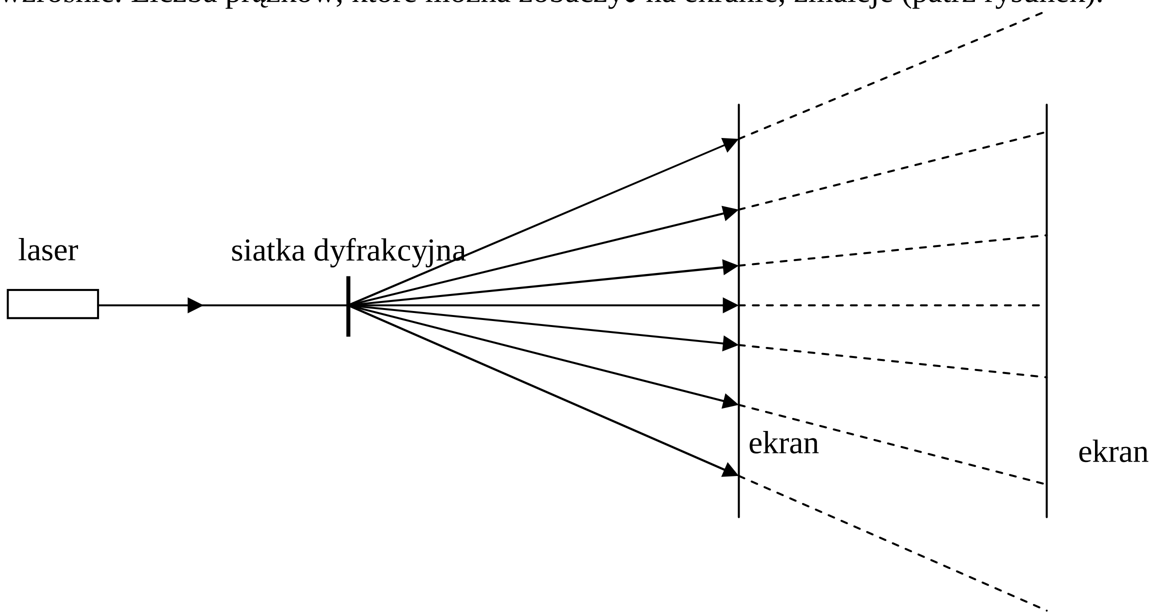
Siatka, której szczeliny są pionowe, wytwarza obraz składający się z prążków rozmieszczonych w poziomie, np. A i D. Siatka, której szczeliny są poziome, wytwarza prążki w pionie, np. B, A, C. Oznacza to, że szczeliny siatek są ustawione względem siebie prostopadle. Zgodnie ze wzorem: $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ siatka, której stała d jest mniejsza (większa liczba szczelin na 1 mm), wytwarza obraz złożony z prążków w większych odległościach od siebie. Stosunek odległości między prążkami rzędu $n = 0$ i $n = 1$ dla obu siatek jest równy $\frac{|AD|}{\left|\frac{1}{2}BC\right|} = \frac{8{,}5}{\frac{1}{2} \cdot 1{,}7} = \frac{8{,}5}{0{,}85} = 10$ i jest w przybliżeniu równy stosunkowi sinusów kątów, pod którymi widoczne są prążki pierwszego rzędu. Oznacza to, że stosunek liczby rys/mm także jest równy 10.

Zadanie 136.3.

1. Prążek B jest prążkiem pierwszego rzędu wytworzonym przez pierwszą siatkę i jest on widoczny pod mniejszym kątem niż prążek pierwszego rzędu D, wytworzony przez drugą siatkę. Ze wzoru: $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ wynika, że stała *d* dla pierwszej siatki jest większa. Liczba rys/mm jest odwrotnie proporcjonalna do stałej *d* $\left(d = \dfrac{1}{\text{liczba rys/mm}}\right)$, co oznacza, że liczba rys/mm dla pierwszej siatki jest mniejsza.
2. Od liczby rys/mm zależy stała siatki *d*, a od stałej siatki zależą kąty, pod którymi widoczne są prążki kolejnych rzędów. Gdy kąty te są mniejsze, to na ekranie można zobaczyć więcej prążków.
3. Wszystkie prążki znajdą się w jednej linii, jeżeli szczeliny obu siatek będą ustawione równolegle do siebie.

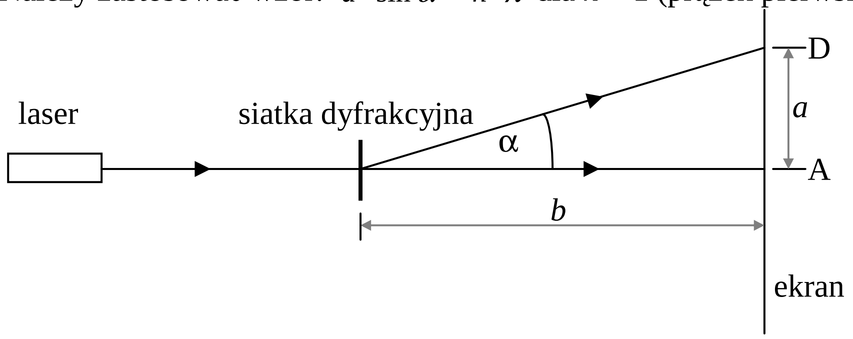
Zadanie 136.4.

Odległość ekranu od siatki nie ma wpływu na kąty ugięcia promieni. Dla tych samych kątów ugięcia i większej odległości ekranu od siatki odległość między prążkami na ekranie wzrośnie. Liczba prążków, które można zobaczyć na ekranie, zmaleje (patrz rysunek).



Zadanie 136.5.

Należy zastosować wzór: $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ dla $n = 1$ (prążek pierwszego rzędu).



Z danych można obliczyć $\sin\alpha = \dfrac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \dfrac{8,5}{\sqrt{8,5^2 + 25^2}} \approx 0,322$, oraz stałą siatki $d = \dfrac{n \cdot \lambda}{\sin\alpha} = \dfrac{1 \cdot 640 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}}{0{,}322} \approx 1{,}99 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m} \approx 2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}$.

Liczbę rys/mm obliczymy, dzieląc 1 przez stałą siatki wyrażoną w milimetrach:

$N = \dfrac{1}{2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mm}} = 500$ rys/mm .

Niepewność względna liczby rys/mm jest równa niepewności względnej stałej siatki $\dfrac{\Delta N}{N} = \dfrac{\Delta d}{d}$, ponieważ $N = \dfrac{1}{d}$.

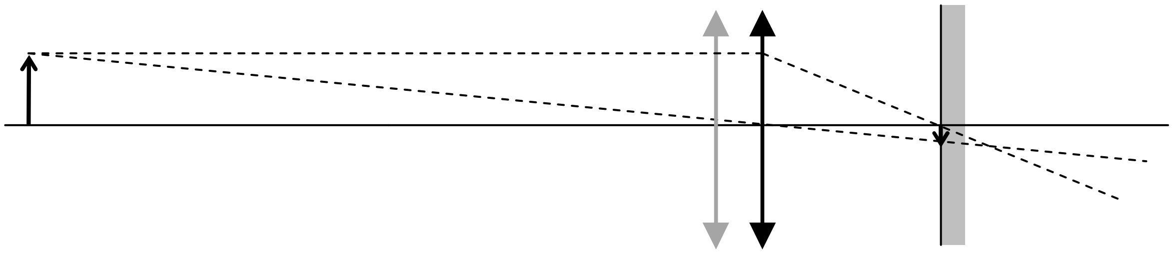
Niepewność względną liczby rys/mm należy obliczyć jako sumę niepewności względnych długości fali i sinusa kąta α: $\dfrac{\Delta N}{N} = \dfrac{\Delta d}{d} = \dfrac{\Delta\lambda}{\lambda} + \dfrac{\Delta(\sin\alpha)}{\sin\alpha} \approx \dfrac{10}{640} + 0{,}04 \approx 0{,}06$.

Niepewność bezwzględną należy obliczyć ze wzoru: $\Delta N = N \cdot 0{,}06 = 500 \cdot 0{,}06 = 30$ rys/mm.

Zadanie 137.1.

Gdy soczewka przesuwa się w stronę ekranu, to rośnie odległość przedmiotu od obrazu. W tej sytuacji obraz jest coraz mniejszy. Będzie on nieostry.

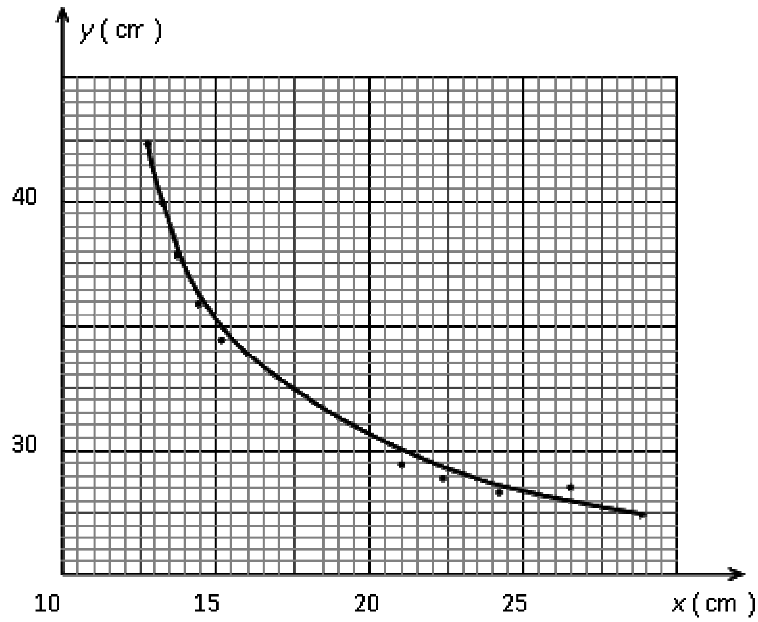
Można to sprawdzić, rysując bieg promieni światła po przesunięciu soczewki w stronę ekranu.



Zadanie 137.2.

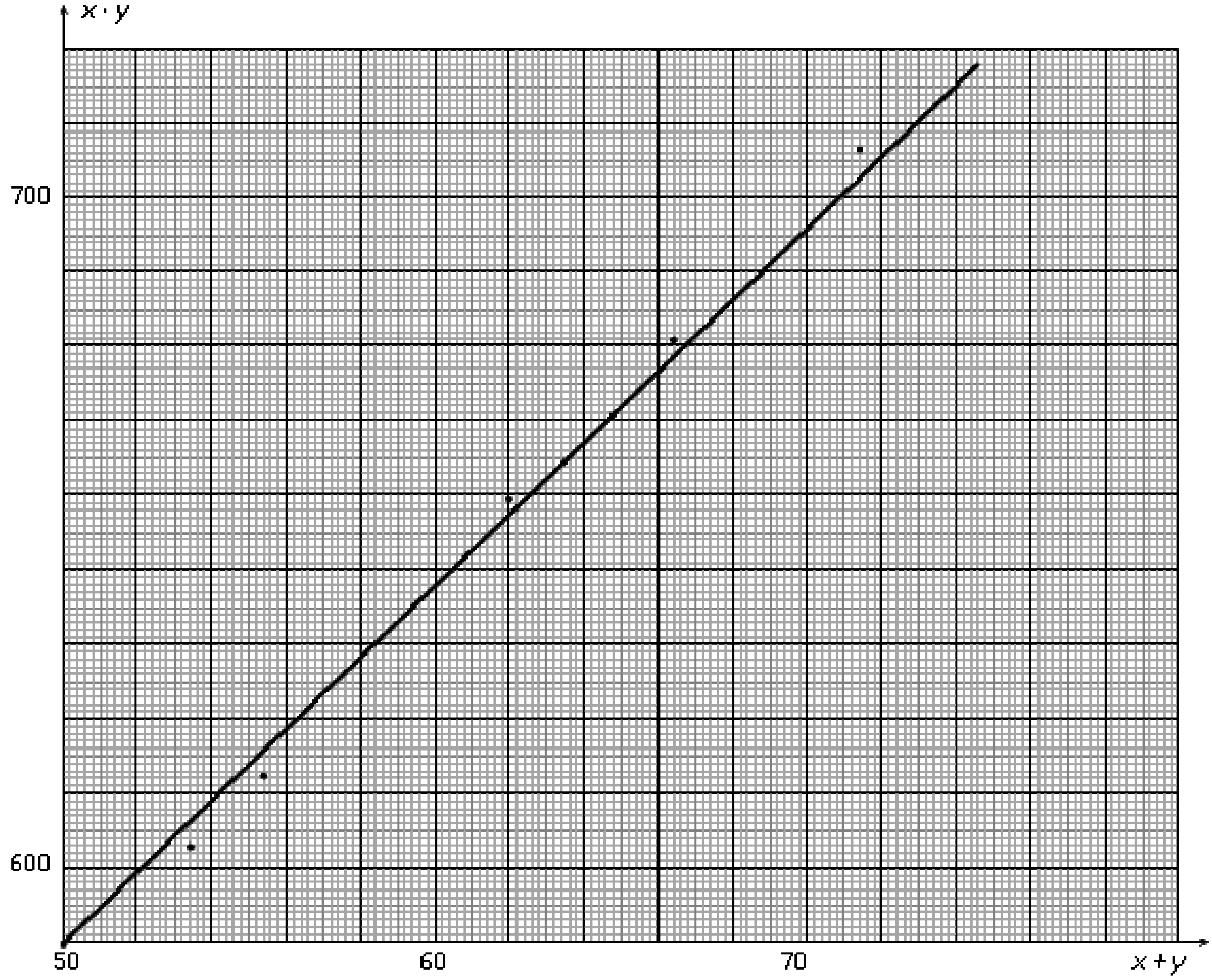
Należy narysować krzywą, której kształt będzie zbliżony do funkcji $f(x) = \dfrac{1}{x}$. Należy starać się, aby linia przechodziła przez punkty pomiarowe.

Po wykreśleniu krzywej należy odczytać odległość y dla dowolnej odległości x z przedziału 17–20 cm.



Z tak otrzymanego wykresu można odczytać szukane odległości x oraz y.
Na przykład odległości x = 17 cm odpowiada odległość y = 26 cm.

Zadanie 137.3.
Osie są już wyskalowane, więc należy nanieść na wykres punkty pomiarowe z tabeli. Następnie należy narysować prostą najlepszego dopasowania.



Odczytanie danych pomiarowych z wykresu polega na wybraniu współrzędnych leżących na prostej najlepszego dopasowania. Powinno się wybierać punkty leżące w górnej połowie prostej. Taki sam błąd w odczycie wielkości $x + y$ oraz $x \cdot y$ w dolnej oraz górnej części wykresu spowoduje większy błąd w wyniku dla danych z dolnej części wykresu.

W podanym przykładzie rozwiązania wybrano: $x + y = 68\,\text{cm}$ oraz $x \cdot y = 672\,\text{cm}^2$.

Dane wstawiono do wzoru na ogniskową soczewki: $f = \dfrac{x \cdot y}{x + y}$.

Obliczona ogniskowa badanej soczewki: $f = 9{,}88 \cdot 10^{-2}$ m .

Zadanie 137.4.

Aby obliczyć ogniskową soczewki, należy równanie soczewki $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{x} + \dfrac{1}{y}$ przekształcić do postaci: $f = \dfrac{x \cdot y}{x + y}$.

Po wstawieniu danych do wzoru otrzymano: $f = 9{,}98 \cdot 10^{-2}$ m.
Zastosowanie metody najmniej korzystnego przypadku w tej sytuacji polega na obliczeniu największej oraz najmniejszej ogniskowej, przy uwzględnieniu niepewności pomiarowych.
Uwzględniając niepewności pomiarowe, zmierzona odległość przedmiotu od soczewki mogła wynosić 12,3 cm, a także 12,7 cm. Skrajne odległości obrazu od soczewki wynoszą odpowiednio 49,3 cm oraz 49,7 cm.
Wstawiając odpowiednie odległości *x* oraz *y* do wzoru na ogniskową soczewki, otrzymano odpowiednio:

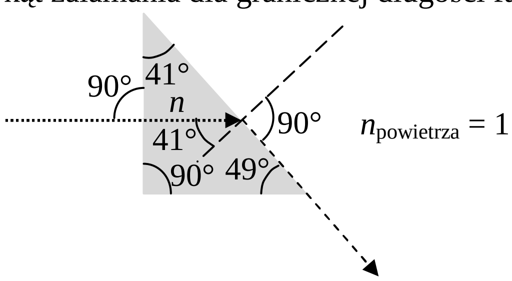
$$f_{max} = \frac{12{,}7\ \text{cm} \cdot 49{,}7\ \text{cm}}{12{,}3\ \text{cm} + 49{,}3\ \text{cm}} = 10{,}2 \cdot 0^{-2}\ \text{m}$$

$$f_{min} = \frac{12{,}3\ \text{cm} \cdot 49{,}3\ \text{cm}}{12{,}7\ \text{cm} + 49{,}7\ \text{cm}} = 9{,}72 \cdot 10^{-2}\ \text{m}.$$

Po wstawieniu powyższych wyników do definicji metody najmniej korzystnego przypadku $\Delta f = \frac{f_{max} - f_{min}}{2}$ otrzymano: $\Delta f = \pm\, 0{,}130 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$.
Niepewność względną można obliczyć, wyznaczając, jaki procent ogniskowej stanowi jej niepewność bezwzględna. Po wstawieniu danych otrzymano: $\frac{\Delta f}{f} = \frac{0{,}013}{9{,}98} = 1{,}30\ \%$.

Zadanie 138.1.
A. Najlepiej na początku wyznaczyć punkt, w którym promień światła zmienia kierunek odbijając się od zwierciadła. Punkt ten znajduje się na przecięciu przedłużeń promienia wpadającego przez okno oraz promienia wpadającego do szczeliny. Zwierciadło należy narysować tak, aby punkt odbicia promienia znajdował się na jego odbijającej powierzchni, oraz żeby kąt padania promienia światła na zwierciadło był równy kątowi odbicia.
B. Skorzystaj z faktu, że podczas przejścia przez pryzmat światło może ulegać odbiciu wewnątrz niego od jego ściany. Aby promień światła nie ulegał rozszczepieniu, musi on wchodzić do pryzmatu i wychodzić z niego prostopadle do jego ścian.
Najlepiej na początku wyznaczyć punkt, w którym promień światła zmienia kierunek, odbijając się wewnątrz pryzmatu od jego ściany. Punkt ten znajduje się na przecięciu przedłużeń promienia wpadającego przez okno oraz promienia wpadającego do szczeliny. Następnie można narysować odpowiedni pryzmat w takim położeniu, aby w punkcie tym promień odbijał się wewnątrz pryzmatu od jednej z jego ścian (kąt padania musi być równy kątowi odbicia) oraz aby promień wchodził do wnętrza pryzmatu i wychodził z niego prostopadle do odpowiednich ścian bez zmiany kierunku. Tylko jeden spośród narysowanych pryzmatów (pryzmat II) posiada odpowiednią geometrię, aby mogły być spełnione warunki polecenia.

Zadanie 138.2.
Z rysunku widać, że kąt padania światła na granicę pryzmat–powietrze wynosi 41°, natomiast kąt załamania dla granicznej długości fali światła obserwowanego na ekranie jest równy 90°.



Zakładając zgodnie z treścią zadania, że współczynnik załamania światła dla powietrza jest równy 1, możemy na podstawie prawa załamania lub ze wzoru na kąt graniczny w zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia obliczyć szukany współczynnik załamania światła:

$n = \frac{1}{\sin 41°} \approx \frac{1}{0{,}65566} \approx 1{,}53$ (dopuszcza się także uzyskanie wyniku $n \approx 1{,}52$).

Wartość liczbową $\sin 41°$ można oszacować, dokonując interpolacji liniowej pomiędzy zamieszczonymi w zestawie *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki* wartościami liczbowymi sin 40° oraz sin 45°:

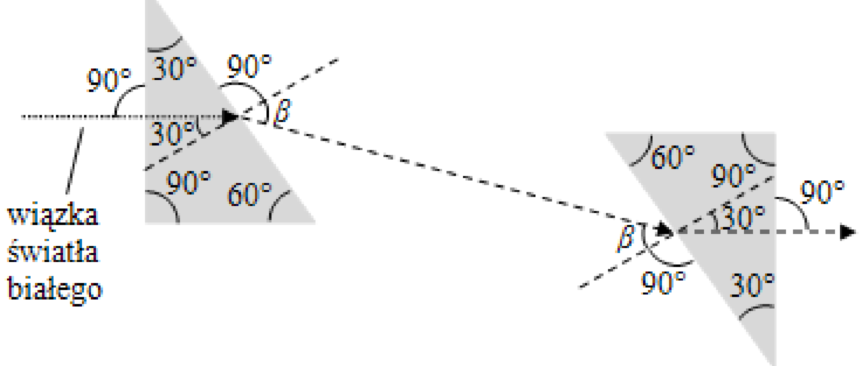
$$\sin 41° \approx \sin 40° + \frac{\sin 45° - \sin 40°}{5} \cdot 1 = 0{,}6428 + \frac{0{,}7071 - 0{,}6428}{5} \cdot 1 = 0{,}65566 .$$

Zadanie 138.3.

Spośród barw światła widzialnego w szklanym pryzmacie najsłabiej są załamywane promienie światła czerwonego, a najsilniej fioletowego (współczynnik załamania światła jest najmniejszy dla barwy czerwonej, a największy dla fioletowej). Na ekranie widoczne były barwy światła słabiej załamywanego niż światło granicznej barwy zielonej, a więc barwy czerwona, pomarańczowa i żółta (stwierdzenie 2.). Dla tych barw współczynnik załamania światła jest mniejszy niż dla barwy zielonej (uzasadnienie A).

Zadanie 138.4.

Przy wyjściu z pierwszego pryzmatu kąt padania promienia światła na granicę pryzmat–powietrze wynosi 30°, a kąt załamania jest równy β (patrz rysunek), przy czym spełniona jest relacja: $\frac{\sin 30°}{\sin \beta} = \frac{n_p}{n_{sz}}$, gdzie n_p jest współczynnikiem załamania światła dla powietrza, natomiast n_{sz} współczynnikiem załamania światła dla szkła, z którego wykonany jest pryzmat. Wartości współczynnika n_{sz} oraz kąta β są nieco różne dla różnych barw światła. Jeżeli drugi pryzmat zostanie ustawiony tak jak pokazano na rysunku (odpowiadające sobie ściany w obu pryzmatach równoległe do siebie, pryzmaty nie przylegają do siebie oraz rozszczepione promienie trafiają na drugi pryzmat), to promień danej barwy padnie na granicę powietrze–drugi pryzmat pod kątem β. Kąt jego załamania wyniesie 30°, gdyż spełniona będzie relacja: $\frac{\sin 30°}{\sin \beta} = \frac{n_p}{n_{sz}}$. W opisanej sytuacji z drugiego pryzmatu wszystkie promienie wyjdą prostopadle do jego ściany, więc nie zmienią kierunku i będą do siebie równoległe.



Zadanie 139.1.
Można zauważyć, że natężenie światła zawsze maleje 2-krotnie, gdy grubość warstwy mleka wzrasta o 1 cm.
Wykres ma taki przebieg jak wykres zależności liczby jąder promieniotwórczych od czasu.

Zadanie 139.2.

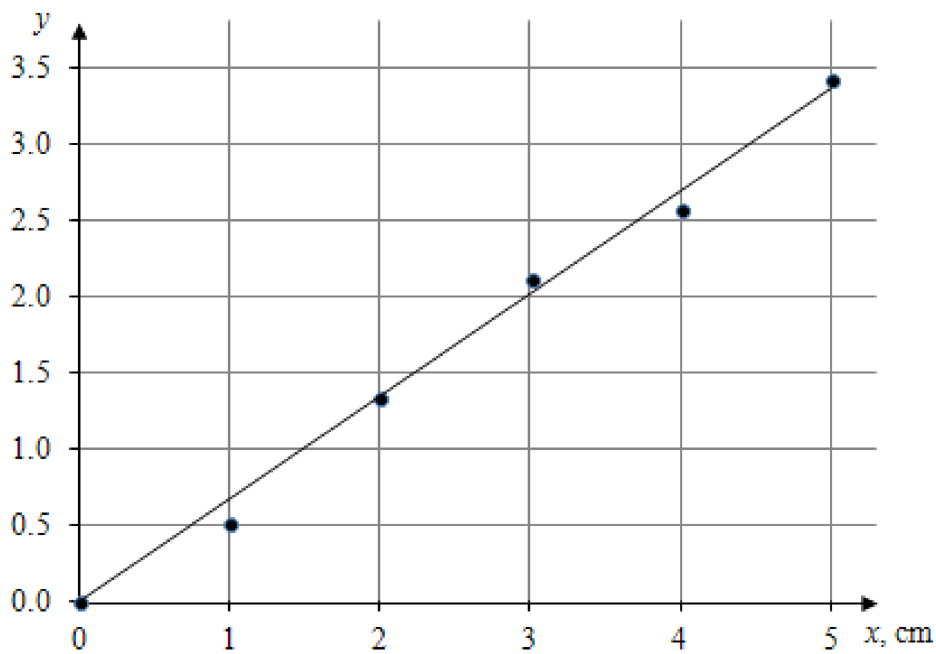
Przyjmij, że natężenie światła padającego na mleko jest równe $I_0 = 8\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$.

Analizując wykres zależności *I*(*x*) wykonany przez uczniów, ustal, jakie byłoby natężenie światła po przejściu przez warstwę mleka o grubości 6 cm.

Zadanie 139.2.
Z wykresu $I(x)$ można odczytać, że natężenie światła maleje o połowę dla warstwy mleka o grubości ok. 1 cm.
Warstwa mleka o grubości 6 cm zmniejszy natężenie światła $2^6 = 64$ razy.

Natężenie światła po przejściu przez mleko wyniesie $I = \frac{I_0}{2^6} = \frac{8\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}}{64} = \frac{1}{8}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} = 0{,}125\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$.

Zadanie 139.3.
Należy wyskalować osie wykresu odpowiednio do wartości zapisanych w tabeli. Osie należy opisać podając symbol wielkości fizycznej i jej jednostkę. Po zaznaczeniu punktów należy narysować linię prostą, która przechodzi przez punkty lub jak najbliżej punktów (prosta najlepszego dopasowania).
Ponieważ prosta przechodzi przez początek układu współrzędnych, to w celu obliczenia współczynnika kierunkowego należy odczytać z wykresu współrzędne dowolnego punktu leżącego na prostej i skorzystać ze wzoru $\alpha = \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{2-0}{3-0} \approx \frac{2}{3} \approx 0{,}67$.



Współczynnik absorpcji jest równy $a \approx 0{,}67\,\frac{1}{\mathrm{cm}}$.

Zadanie 140.1.
Opór akustyczny krwi należy obliczyć z zależności: $Z = \rho v$,
gdzie ρ oznacza gęstość ośrodka, natomiast v wartość prędkości fali w ośrodku.
Po podstawieniu danych liczbowych $v = 1570\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ oraz $\rho = 1{,}055\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $Z_k = 1{,}66 \cdot 10^6\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$.
Na podstawie tekstu wstępnego można ustalić, że opór akustyczny dla kości jest ok. 3,6 razy większy niż dla tkanek miękkich, czyli wynosi:

$$Z = 3{,}6 \cdot 1{,}52 \cdot 10^6\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 5{,}47 \cdot 10^6\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}.$$

Wobec tego $\frac{Z_k}{Z} \approx 0{,}3$.

Zadanie 140.2.
Odległości od czoła głowicy do badanego organu należy obliczyć ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnym prostoliniowym: $s = v \cdot t$.
Trzeba zauważyć, że sygnał musi przebyć drogę od głowicy do organu i następnie powrócić do głowicy. Więc $s = 2d$, gdzie d – odległość od źródła fali do granicy tkanek.
Wobec tego:

$$d = \frac{1}{2} v \cdot t = 3{,}88\ \text{cm}.$$

Zadanie 140.3.
1. Opór akustyczny kości jest większy od oporu akustycznego obszarów biologicznych wymienionych w tabeli.
2. W badaniu USG głowica przykładana do skóry pacjenta jest zarówno nadajnikiem jak i odbiornikiem fal ultradźwiękowych.
3. Przed przystąpieniem do badania skórę pokrywa się specjalnym żelem w celu uniknięcia odbicia ultradźwięków przez powietrze znajdujące się pomiędzy głowicą i skórą.

Zadanie 141.1.
O wysokości dźwięku podstawowego w piszczałce decyduje jej długość. Im długość piszczałki jest większa, tym dłuższa jest fala dźwiękowa powstająca w piszczałce. Im dłuższa jest fala dźwiękowa, tym mniejsza jest jej częstotliwość.

Zadanie 141.2.
W piszczałce powstają fale stojące. Dla tonu podstawowego długość fali jest największa. Po stronie zamkniętej powstaje węzeł fali stojącej, a po stronie otwartej powstaje strzałka fali stojącej. Dla tonu wyższego rzędu powstaje fala, która ma dwie strzałki.
Uwaga: oczywiście fale dźwiękowe są podłużne, ale na rysunkach przedstaw je schematycznie, jako „stojące fale poprzeczne” w celu wyraźnego ukazania położenia węzłów i strzałek.

Zadanie 141.3.
Źródłem drgań w piszczałkach wargowych są wiry powietrza, a w piszczałkach języczkowych drgający metalowy języczek. W obu przypadkach wzmacniane są tylko te dźwięki, które powodują powstanie fali stojącej w słupie powietrza zamkniętego w rurze piszczałki.

Zadanie 141.4.
Najniższa częstotliwość odpowiada największej długości fali. Największa długość fali dla tej piszczałki to: $\lambda = 4 \cdot l = 4 \cdot 4{,}5\ \mathrm{m} = 18\ \mathrm{m}$.
Aby obliczyć częstotliwość dźwięku, należy przekształcić wzór wiążący wartość prędkości dźwięku z długością fali oraz częstotliwością: $v = \lambda \cdot f$.
Przekształcając powyższy można zapisać:

$$f = \frac{v}{\lambda} \qquad \left[\frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{m}} = \frac{1}{\mathrm{s}} = \mathrm{Hz} \right]$$

$$f = \frac{340}{18}\ \mathrm{Hz} = 18{,}9\ \mathrm{Hz}.$$

Zadanie 142.1.
W magnetronie część wejściowej energii prądu stałego zamienia się na energię elektryczną wysokiej częstotliwości, czyli mikrofal. Reszta dostarczonej do magnetronu energii elektrycznej jest tracona i zamieniana na ciepło.
Mogłoby to spowodować przegrzanie magnetronu i dlatego musi on być chłodzony wodą.
Chłodzenie magnetronu wodą jest związane z małą sprawnością magnetronu wytwarzającego mikrofale i koniecznością odprowadzania ciepła.

Zadanie 142.2.
W magnetronie powstaje stojąca fala elektromagnetyczna. Odległość między sąsiednimi strzałkami mikrofal stosowanych w kuchence mikrofalowej jest więc połową długości fali.
Zakładając, że w powietrzu prędkość rozchodzenia fal elektromagnetycznych niewiele różni się od prędkości światła w próżni, długość fali można obliczyć ze wzoru: $\lambda = \frac{c}{f}$.

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2450 \cdot 10^6} = 0{,}12 \quad \left[\frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{1}{\mathrm{s}}} = \mathrm{m} \right]$$

$\lambda = 0{,}12$ m czyli $d \approx 0{,}06$ m ≈ 6 cm

Zadanie 142.3.
Największą prędkość mikrofale osiągają w próżni, jest ona równa c ≈ 300 000 km/s.
Długość mikrofal w wodzie w porównaniu z ich długością w powietrzu jest mniejsza, ponieważ podczas przejścia mikrofal z powietrza do wody ich prędkość maleje, co wynika ze wzoru: $\lambda = \frac{v}{f}$.

Zadanie 142.4.
1. Wewnątrz komory kuchenki mikrofalowej powstają stojące fale elektromagnetyczne, ponieważ ścianki komory kuchenki odbijają mikrofale, nie pozwalając na wydostanie się ich poza komorę.
2. Głównym zadaniem mieszadła w kuchence mikrofalowej nie jest wywołanie ruchu powietrza, co nie jest konieczne w przypadku podgrzewania potraw.

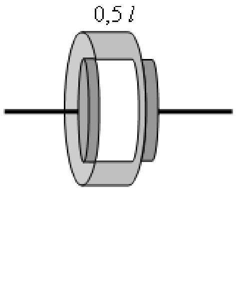
Ogrzewanie potraw polega na zwiększeniu drgań cząsteczek wody w potrawach, co powoduje wzrost ich temperatury. Temperatura powietrza nie ulega przy tym znaczącemu wzrostowi.
Mieszadło podczas obrotów powoduje wielokrotne odbicia mikrofal, przez co docierają one do wszystkich fragmentów podgrzewanej potrawy równomiernie ją rozgrzewając.
3. Mikrofale przechodzą przez szkło i materiały ceramiczne, ponieważ te materiały są izolatorami i nie zawierają wody oraz innych materiałów przewodzących prąd elektryczny. Dlatego do podgrzewania potraw nie wolno używać naczyń metalowych.

Zadanie 142.5.
Obudowa kuchenki mikrofalowej tworzy tak zwaną *klatkę Faradaya*, która zatrzymuje promieniowanie mikrofalowe dzięki temu, że promieniowanie mikrofalowe przez metalowe ścianki jest odbijane, ponieważ na metalowych ściankach powstają węzły fal stojących.
Fale elektromagnetyczne biegnąc w powietrzu i docierając do ośrodka gęstszego (metalowej ścianki komory), odbijają się od niego podobnie jak wiązka światła od wypolerowanej gładkiej powierzchni metalu czy lustra. Gdyby metalowe ścianki komory odprowadzały ciepło na zewnątrz lub absorbowały energię mikrofal, skuteczność grzewcza byłaby znikoma.

Zadanie 144.4.
1. Dioda to dwie warstwy przewodników typu n i p połączone ze sobą.
2. Dioda przewodzi prąd od obszaru p do n. Przepływ prądu w przeciwną stronę nie zachodzi z powodu zbyt dużej bariery potencjału na złączu p-n.
3. Opór badanej diody dla napięć większych od 0,6 V nie jest stały, zależność natężenia prądu od napięcia w tym obszarze napięć nie jest prostoliniowa.

Zadanie 145.1.
Dla przewodnika w kształcie walca opór elektryczny można zapisać wzorem $R = \rho\frac{l}{S}$, gdzie ρ jest oporem właściwym, l długością przewodnika, a S polem przekroju poprzecznego.
Ponieważ zgodnie z prawem Ohma: $R = \frac{U}{I}$, to łącząc oba te wzory otrzymamy: $\rho\frac{l}{S} = \frac{U}{I}$.
Po przekształceniu i uwzględnieniu, że $S = \pi\frac{d^2}{4}$ (przez d oznaczono średnicę walca z plasteliny) uzyskamy wzór: $\rho = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot U}{4I \cdot l}$.

Zadanie 145.2.
Zgodnie ze wzorem $R = \rho\frac{l}{S}$ 2-krotne zmniejszenie długości przewodnika pociąga za sobą 2-krotne zmniejszenie oporu elektrycznego.
Przy takiej zmianie 2-krotnie wzrasta pole przekroju poprzecznego walca, ponieważ objętość plasteliny nie ulega zmianie.



Zauważ jednak, że pole powierzchni S we wzorze $R = \rho\frac{l}{S}$ nie ulega zmianie, ponieważ prąd elektryczny płynie tylko w obszarze pomiędzy płytkami (jasny obszar na rysunku).
Zatem prawdziwy jest związek $R_1 = 2R_2$.

Zadanie 146.
Należy przeanalizować schemat obwodu powstającego po ustawieniu wyłączników tak, jak zapisano w kolejnych wierszach tabeli.
A. W obwodzie jest 1 ogniwo i 2 szeregowo połączone opory. Popłynie prąd o natężeniu
$$I = \frac{\varepsilon}{r+r} = \frac{\varepsilon}{2\cdot r}.$$
B. W obwodzie są 2 połączone w taki sposób, że wypadkowa SEM jest równa zeru i 2 opory. Natężenie prądu będzie równe $I = \frac{\varepsilon - \varepsilon}{r+r} = 0$.
C. Obwód składa się z 2 jednakowych ogniw połączonych równolegle, do których dołączony jest opornik. Szukane natężenie jest równe połowie natężenia prądu płynącego przez zewnętrzny opornik $I = \frac{1}{2}\cdot\frac{\varepsilon}{r+\frac{1}{2}r} = \frac{1}{2}\cdot\frac{2\cdot\varepsilon}{3\cdot r} = \frac{\varepsilon}{3\cdot r}$.
D. W obwodzie są 2 połączone równolegle oporniki i jedno ogniwo. Przez ogniwo płynie prąd o natężeniu $I = \frac{\varepsilon}{r+\frac{1}{2}r} = \frac{2\cdot\varepsilon}{3\cdot r}$, które jest największe.

Zadanie 147.
Należy sprawdzając różne możliwości, znaleźć taki układ, którego opór zastępczy jest równy 8 Ω. Od razu można zauważyć, że opory R_3 oraz R_4 są większe niż opór zastępczy szukanego układu, więc na pewno każdy z tych oporników musi być połączony równolegle z jakimś opornikiem lub jakimiś opornikami, co ogranicza liczbę możliwości do sprawdzenia.

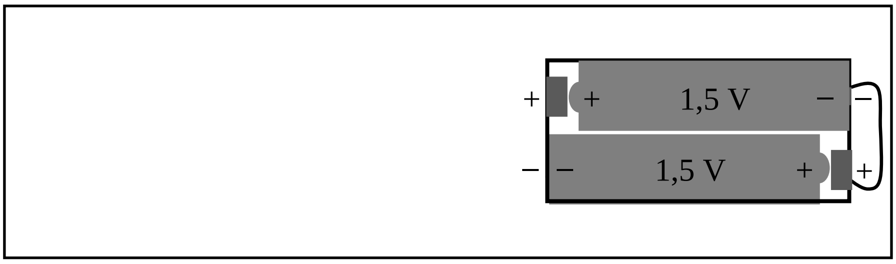
Zadanie 148.1.
Na schemacie oporniki R_1, R_2 i R_4 połączone są szeregowo.
Opór zastępczy układu tych oporników $R_5 = R_1 + R_2 + R_4$.
Opornik R_5 połączony jest z opornikiem R_3 równolegle, więc opór zastępczy R całego układu można wyznaczyć następująco:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_4} + \frac{1}{R_3}.$$
Z otrzymanego równania należy obliczyć $R_1 = 4\ \Omega$.
Następnie korzystając z zależności $R_1 = \rho\frac{l}{S}$,
gdzie l to długość przewodnika, S – pole przekroju poprzecznego przewodnika, można obliczyć pole przekroju:
$$S = \frac{\rho\cdot l}{R_1} = \frac{1{,}7\cdot 10^{-8}\cdot 10}{4} = 4{,}25\cdot 10^{-8}\,\mathrm{m}^2\ \left[\frac{\Omega\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{m}}{\Omega} = \mathrm{m}^2\right].$$
Wykorzystując wzór na pole koła $S = \pi\cdot r^2$, obliczamy promień: $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1{,}16\cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}$.
Natomiast średnicę wyrażamy jako $d = 2\cdot r = 2{,}32\cdot 10^{-4}$ m.

Zadanie 148.2.
1. Układ szeregowo połączonych oporników R_1, R_2 i R_4 jest połączony równolegle z opornikiem R_3, w związku z tym napięcie na końcach układu oporników jest takie samo, jak na oporniku R_3. Opór zastępczy układu oporników R_1, R_2 i R_4 wynosi $R_5 = 9\ \Omega$, natomiast $R_3 = 3\ \Omega$, co oznacza, że moce wydzielane na opornikach R_3 i R_2 są różne.

2. Oporniki R_4 i R_1 połączone są szeregowo, w związku z tym płynie przez nie prąd o tym samym natężeniu.
3. Układ szeregowo połączonych oporników R_1, R_2 i R_4 jest połączony równolegle z opornikiem R_3, w związku z tym napięcie na końcach układu oporników jest takie samo, jak na oporniku R_3. Natomiast napięcia na końcach oporników R_3 i R_2 są różne.

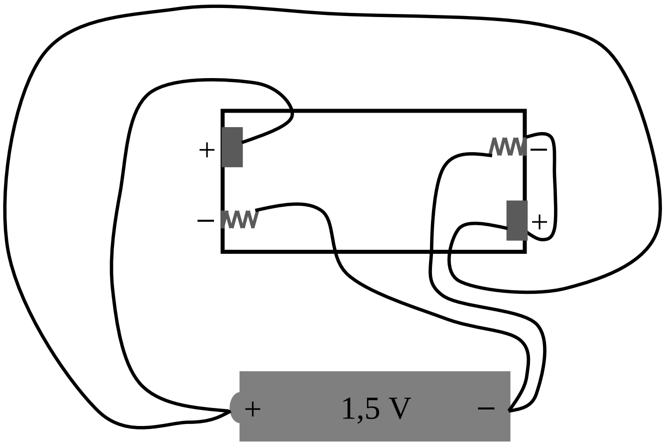
Zadanie 148.3.
Po całkowitym naładowaniu kondensatora przez gałąź obwodu, w której został on wpięty, prąd nie popłynie.
Opornik R_3 połączony jest szeregowo z kondensatorem C.
W związku z tym prąd nie popłynie przez ten opornik po całkowitym naładowaniu kondensatora.

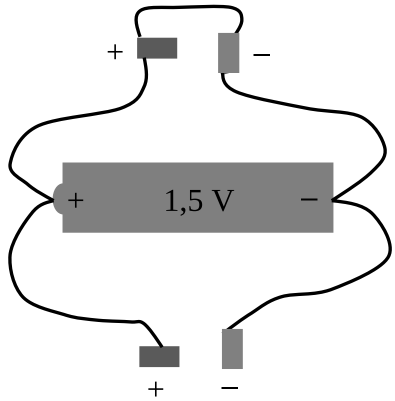
Zadanie 149.
Pilot wymaga zasilania napięciem 3 V, więc 2 wkładane do niego baterie 1,5 V muszą być połączone szeregowo. Odpowiednie miejsca wewnątrz pilota, z którymi należy zetknąć przeciwne bieguny różnych baterii, muszą więc być połączone przewodem (np. zaznaczone na poniższym rysunku) i wtedy prawidłowo włożone do pilota 2 baterie są ze sobą połączone szeregowo.



W takim przypadku napięcia, których źródłami są baterie, dodają się. Wykonując zaproponowane w treści zadania połączenia, łączymy ze sobą 2 różnoimienne bieguny jednej baterii, co prowadzi do płynięcia dużego prądu i szybkiego rozładowania baterii (zwarcie). Przedstawiono to na poniższym rysunku (po lewej stronie odtworzona sytuacja z rysunku do zadania, po prawej równoważny schemat połączeń w celu bardziej przejrzystego zobrazowania sytuacji).

Zadanie 150.1.
Ogniwo galwaniczne, np. ogniwo Volty, może być zbudowane z 2 metalowych elektrod cynkowej i miedzianej umieszczonych w elektrolicie, którym jest wodny roztwór kwasu siarkowego(VI). Pod wpływem cząsteczek wody w elektrolicie zachodzi dysocjacja elektrolityczna $\mathrm{H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}}$. Po umieszczeniu płytki cynkowej w elektrolicie do roztworu przechodzą jony $\mathrm{Zn^{2+}}$, a na elektrodzie zostają 2 elektrony, czyli ładuje się ona ujemnie. Zanurzona w tym samym roztworze płytka miedziana oddaje do roztworu jony $\mathrm{Cu^{2+}}$, ale w tym samym czasie traci więcej ładunku ujemnego na zobojętnienie jonów dodatnich roztworu – ładuje się dodatnio. W efekcie między elektrodami ogniwa panuje różnica potencjałów, czyli napięcie. Użycie 2 jednakowych elektrod spowodowałoby jednakowe naładowanie obu elektrod, a więc brak napięcia między nimi. Elektrody umieszczone w wodzie nie będą z nią reagowały i nie naładują się, napięcia między nimi również nie będzie. W różnych typach ogniw elektrody mogą być wykonane z różnych metali lub grafitu, a elektrolitem mogą być wodne roztwory kwasów, zasad lub soli.





Z rysunku widać wyraźnie, że przedstawione w treści zadania podłączenie do pilota jednej baterii nie jest równoważne szeregowemu połączeniu dwóch baterii. Nie ma możliwości szeregowego połączenia jednego źródła napięcia samego ze sobą. Takie połączenie prowadziłoby do zwarcia. Nie jest możliwe, żeby napięcie, którego źródłem jest jedna bateria, dodawało się samo do siebie.

Zadanie 150.2.

1. Ponownie naładować i wielokrotnie używać można tylko akumulatory.
2. W obwodzie przedstawionym na rysunku spadek napięcia następuje na oporze zewnętrznym i na oporze wewnętrznym ogniwa. Woltomierz pokazuje napięcie $U = \varepsilon - I \cdot r$, czyli wartość równą sile elektromotorycznej ogniwa pomniejszonej o spadek napięcia na oporze wewnętrznym ogniwa. Jest to napięcie na oporze zewnętrznym.
3. $1200\ \mathrm{mAh} = 1200 \cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} \cdot 3600s = 4{,}32\ \mathrm{C}$

Jest to więc jednostka ładunku elektrycznego.

Zadanie 150.3.

Należy skorzystać z prawa Ohma dla całego obwodu: $\varepsilon = I(R + r)$,
oraz zauważyć, że spadek napięcia na oporze zewnętrznym $U = I \cdot R$ jest wielkością mierzoną przerz woltomierz. Znając U oraz R można obliczyć natężenie prądu w obwodzie.
$\varepsilon = I_1(R_1 + r),\ \ U_1 = I_1 \cdot R_1,$
$\varepsilon = I_2(R_2 + r),\ \ U_2 = I_2 \cdot R_2$

Zadanie 150.4.

Należy skorzystać z definicji sprawności: $\eta = \frac{Q_u}{Q_d} = \frac{I^2 R}{I^2(R+r)} = \frac{R}{(R+r)}\left[\frac{\Omega}{\Omega} = 1\right]$.
Ciepło użyteczne to ciepło wydzielone na odbiorniku, ciepło dostarczone – wydzielone na odbiorniku i oporze wewnętrznym ogniwa.

$$\eta = \frac{R}{(R + r)} = \frac{10}{10{,}5} \approx 0{,}95$$

Zadanie 151.1.

Korzystając z II prawa Kirchhoffa i prawa Ohma dla części obwodu oraz przyjmując następujące oznaczenia: siła elektromotoryczna ogniwa ε = 1,5 V, napięcie wskazywane przez woltomierz U = 1,2 V, opór wewnętrzny ogniwa r_w, natężenie prądu płynącego przez obwód I, otrzymujemy równość: $U = \varepsilon - I \cdot r_w$, stąd opór wewnętrzny ogniwa: $r_w = \frac{\varepsilon - U}{I}$.

Na podstawie prawa Ohma dla części obwodu opór opornika R jest równy: $R = \frac{U}{I}$.

Dzieląc stronami powyższe wyrażenia, możemy obliczyć stosunek oporu wewnętrznego ogniwa do oporu opornika: $\frac{r_w}{R} = \frac{\frac{\varepsilon - U}{I}}{\frac{U}{I}} = \frac{\varepsilon - U}{I} \cdot \frac{I}{U} = \frac{\varepsilon - U}{U} = \frac{1{,}5 - 1{,}2}{1{,}2} = 0{,}25$.

Zadanie 151.2.

1. Natężenie prądu płynącego przez obwód przy jednym ogniwie wynosi $I_1 = \frac{\varepsilon}{R + r_w}$ (ε = 1,5 V – siła elektromotoryczna ogniwa, r_w – opór wewnętrzny ogniwa, R – opór opornika), a napięcie wskazywane przez woltomierz przy jednym ogniwie: $U_1 = \varepsilon - I_1 \cdot r_w$.
Przy 2 ogniwach połączonych szeregowo natężenie prądu jest równe $I_2 = \frac{2\varepsilon}{R + 2r_w}$, a zatem $I_2 > I_1$. Napięcie wskazywane przez woltomierz przy 2 ogniwach:
$U_2 = 2\varepsilon - I_2 \cdot 2r_w < 2\varepsilon - I_1 \cdot 2r_w = 2U_1$
było zatem mniejsze niż 2-krotność napięcia wskazywanego przez woltomierz przy 1 ogniwie $U_2 < 2U_1$.

2. Natężenie prądu płynącego przez obwód przy 1 ogniwie jest równe $I_1 = \frac{\varepsilon}{R + r_w}$, a natężenie prądu płynącego przez obwód przy 2 ogniwach wynosi $I_2 = \frac{2\varepsilon}{R + 2r_w} < \frac{2\varepsilon}{R + r_w} = 2I_1$ i jest mniejsze od 2-krotności natężenia przy jednym ogniwie.

3. Po dołączeniu amperomierza do gałęzi, na której znajduje się opornik można bardzo łatwo wyznaczyć opór opornika ze wzoru: $R = \frac{U}{I}$, gdzie U – napięcie wskazywane przez woltomierz, I – natężenie prądu wskazywane przez amperomierz.

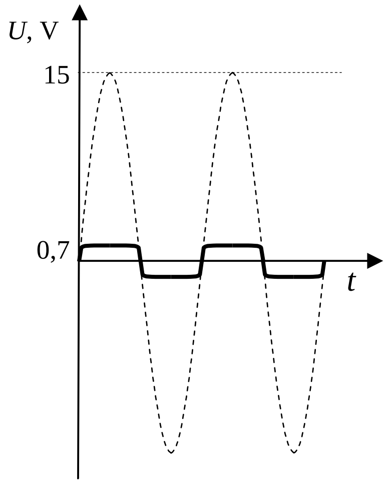
Zadanie 152.

Z wykresu wynika, że napięcie między końcami diody spolaryzowanej w kierunku przewodzenia osiąga wartość ok. 0,7 V, praktycznie niezależnie od natężenia prądu płynącego przez diodę. Ponieważ każda z diod będzie przewodzić prąd elektryczny w jednej z połówek zmian napięcia, zatem maksymalne napięcie pomiędzy końcami obu diod będzie wynosić ok. 0,7 V niezależnie od kierunku przepływu prądu w obwodzie.

Wykres A. Na wykresie przedstawione jest napięcie przemienne „wyprostowane” w układzie dwupołówkowym, natomiast połączone diody nie przedstawiają układu prostownika dwupołówkowego.

Wykres B. Na wykresie przedstawione jest napięcie zasilające o amplitudzie zmian napięcia równej 15 V. Napięcie to jest dużo większe od napięcia, jakie może występować pomiędzy punktami X i Y.

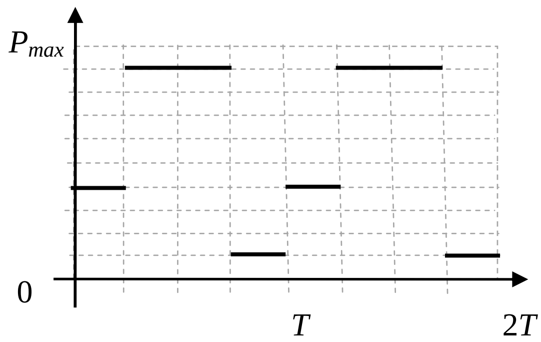
Wykres C. Ponieważ amplituda zmian napięcia zasilającego jest równa 15 V, zatem wykres napięcia stałego o wartości 0,7 V (na wykresie wyskalowanym do 15 V) będzie bardzo „zbliżony” do osi czasu (patrz rysunek poglądowy, na którym oś napięcia nie jest wyskalowana liniowo).



Wykres D. Napięcie maksymalne na wykresie ma wartość 14,3 V i jest dużo większe od napięcia, jakie może występować pomiędzy punktami X i Y.

Zadanie 153.1.

Na wykresie przedstawiono zależność mocy od czasu. Pole pomiędzy wykresem a osią czasu odpowiada pracy wykonanej przez prąd zmienny. Wykonując obliczenia dla jednego okresu, można otrzymać: $Wz = \frac{23}{36} I_{\max}^2 \cdot R \cdot T$.



Korzystając z definicji natężenia skutecznego, pracę prądu stałego można wyrazić jako: $W_s = I_s^2 \cdot R \cdot T$.

Po skorzystaniu z warunku $W_z = W_s$ natężenie skuteczne ma wartość $I_s = \sqrt{\frac{23}{36}} \cdot I_{\max}$.

Zadanie 153.2.

Dioda w układzie pokazanym na rysunku jest elementem prostowniczym, który pozwala (przy włączeniu jej w obwodzie w kierunku przewodzenia), aby prąd płynął tylko w jednym kierunku.

Zadanie 154.1.

O natężeniu prądu w obwodzie decyduje praktycznie wartość opornika *R* (pomijając opór własny diody), zatem:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12\text{V}}{1\text{A}} = 12\,\Omega.$$

Zadanie 154.2.

Napięcie pomiędzy punktami Z i W jest napięciem na końcach diody, zatem należy je połączyć z płytkami odchylania poziomego *x* i *x*. Napięcie na końcach oporu *R* jest wprost proporcjonalne do natężenia prądu płynącego w całym obwodzie, zatem również do natężenia prądu płynącego przez diodę *D*. Wobec tego punkty X i Y należy dołączyć do płytek odchylania pionowego *y* i *y*.

Zadanie 155.1.

Na podstawie wzoru podanego w treści zadania można zapisać wyrażenie na różnicę oporów danego materiału w dwóch różnych temperaturach (R_2 w temperaturze T_2 oraz R_1 w temperaturze T_1):

$$R_2 - R_1 = R_0(1+\alpha\cdot(T_2 - T_0)) - R_0(1+\alpha\cdot(T_1 - T_0)) = R_0 + \alpha\cdot R_0(T_2 - T_0) - R_0 - \alpha\cdot R_0(T_1 - T_0)$$
$$= \alpha\cdot R_0(T_2 - T_0 - T_1 + T_0) = \alpha\cdot R_0(T_2 - T_1).$$

Jeżeli wraz ze wzrostem temperatury opór danego materiału rośnie, czyli dla $T_2 > T_1$ zachodzi relacja $R_2 > R_1$, to temperaturowy współczynnik oporu danego materiału musi być dodatni $\alpha > 0$.

Jeżeli natomiast wraz ze wzrostem temperatury opór danego materiału maleje, czyli dla $T_2 > T_1$ zachodzi relacja $R_2 < R_1$, to temperaturowy współczynnik oporu danego materiału musi być ujemny $\alpha < 0$.

Na podstawie zakończenia pierwszego zdania: *wraz ze wzrostem temperatury rośnie liczba nośników prądu elektrycznego w paśmie przewodnictwa*, można zorientować się, że chodzi o półprzewodniki. Wzrost temperatury powoduje wzrost liczby nośników prądu elektrycznego w paśmie przewodnictwa, dzięki czemu przepływ prądu staje się coraz łatwiejszy, a więc opór maleje. Temperaturowy współczynnik oporu musi być zatem ujemny ($\alpha < 0$).

Drugie zdanie, którego fragment brzmi: *wzrost temperatury powoduje wzrost amplitudy drgań sieci krystalicznej, które przeszkadzają w swobodnym przemieszczaniu się elektronów*, dotyczy natomiast metali. Ze wzrostem temperatury coraz trudniej jest przemieszczać się elektronom, więc opór rośnie. Temperaturowy współczynnik oporu musi być zatem dodatni ($\alpha > 0$).

Zadanie 155.2.

1. Jak można zobaczyć na podstawie odpowiednich wzorów, zarówno temperaturowy współczynnik oporu pomnożony przez różnicę temperatur, jak i współczynnik rozszerzalności liniowej pomnożony przez różnicę temperatur musi być wielkością bezwymiarową. Oba te współczynniki mogą być zatem wyrażane w tych samych jednostkach np. $\frac{1}{\mathrm{K}}$ lub $\frac{1}{^\circ\mathrm{C}}$.
2. Rozszerzanie (zwiększanie wymiarów makroskopowych) metali pod wpływem wzrostu temperatury można obserwować w wielu sytuacjach (np. na połączeniach szyn kolejowych z tego powodu muszą być stosowane szczeliny – tzw. przerwy dylatacyjne). Wzrost wymiarów makroskopowych metalu musi następować wraz ze zwiększaniem średnich odległości między jego jonami w sieci krystalicznej, skoro składa się z określonej ich liczby.
3. Średnia energia kinetyczna cząsteczek, z których składa się dane ciało, jest proporcjonalna do jego temperatury bezwzględnej, więc ogrzewanie metalu wiąże się ze wzrostem średniej energii kinetycznej drgających jonów w sieci krystalicznej.

Zadanie 155.3.

Dla temperatury odniesienia T_0 zachodzi związek:

$$R_\mathrm{T} = R_0(1+\alpha_0\cdot(T - T_0)) = R_0 + \alpha_0\cdot R_0\cdot(T - T_0),$$

więc: $\alpha_0 = \frac{1}{R_0}\frac{R_\mathrm{T} - R_0}{T - T_0}$ (R_T – opór w temperaturze T, R_0 – opór w temperaturze T_0).

Dla temperatury odniesienia T_1 zachodzi analogiczny związek:

$$R_T = R_1(1+\alpha_1 \cdot (T - T_1)) = R_1 + \alpha_1 \cdot R_1 \cdot (T - T_1),$$

więc: $\alpha_1 = \frac{1}{R_1}\frac{R_T - R_1}{T - T_1}$ (R_1 – opór w temperaturze T_1).

Ponieważ zakładana jest idealnie liniowa zależność oporu od temperatury, więc:

$$\frac{R_T - R_0}{T - T_0} = \frac{R_T - R_1}{T - T_1}$$

(można to zobaczyć na przykładzie podanym w tekście do zadania). Wynika stąd, że:

$\alpha_0 \cdot R_0 = \alpha_1 \cdot R_1$, a zatem : $\alpha_1 = \frac{R_0}{R_1}\alpha_0$.

Uwzględniając, że: $R_1 = R_0(1+\alpha_0(T_1 - T_0))$

otrzymujemy: $\alpha_1 = \frac{R_0}{R_1}\alpha_0 = \frac{R_0}{R_0(1+\alpha_0(T_1 - T_0))}\alpha_0 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0(T_1 - T_0)}$.

Zadanie 156.1.

A. Dla każdej wartości natężenia i napięcia w tabeli obliczamy opór elektryczny miedzi.

T (K)	U (V)	I (A)	R (Ω)
278	10	0,415	24,1
288	10	0,400	25,0
298	10	0,390	25,6
313	10	0,372	26,9
323	10	0,360	27,8
343	10	0,340	29,4

Rysujemy układ współrzędnych, oś pionowa odpowiada oporowi elektrycznemu, oś pozioma odpowiada temperaturze. Nanosimy odpowiednie dane z tabeli i rysujemy prostą najlepszego dopasowania w przedziale temperatur od 5°C do 70°C.

B. Zależność oporu elektrycznego przewodnika od temperatury określa równanie:

$$R = R_0 \cdot (1+\alpha \cdot \Delta T),$$

gdzie: R_0 to opór przewodnika w temperaturze 0°C, α oznacza współczynnik temperaturowy oporu, natomiast ΔT to przyrost temperatury.

Do obliczenia oporu R_0 należy użyć wykresu. Odczytujemy, że dla temperatury T_1 = 15°C natężenie prądu ma wartość I_1 = 0,4 A, natomiast dla T_2 = 70°C, natężenie I_2 = 0,34 A.

Na podstawie prawa Ohma obliczamy opory dla tych dwóch przypadków R_1 = 25 Ω (T_1 = 15°C), natomiast R_2 = 29,4 Ω (T_2 = 70°C).

Następnie można zapisać równanie prostej przechodzącej przez te dwa punkty: $R = a \cdot T + b$, przy czym a i b oznaczają pewne współczynniki. Po podstawieniu współrzędnych punktów odczytanych z wykresu otrzymujemy układ równań, z którego obliczamy a = 0,08, natomiast b = 23,8.

Odpowiednio interpretując wartości współczynników a i b oraz porównując następujące relacje:

$$R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T + R_0$$

$$R = 0{,}08 \cdot \Delta T + R_0,$$

można zauważyć, że $R_0 = b$ = 23,8 Ω , natomiast 0,08 = $R_0 \cdot \alpha$.

Z ostatniego równania możemy w łatwy sposób obliczyć wartość temperaturowego współczynnika oporu miedzi α = 0,0034 K^{-1}.

Zadanie 157.1.
Wirnik zaczyna się obracać ze stałym przyspieszeniem kątowym, które można obliczyć stosując wzór: $\alpha = \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$, który przekształcamy do postaci: $\varepsilon = \frac{2 \cdot \alpha}{t^2}$.

Z wykresu odczytujemy, że np. 2 pierwsze obroty, czyli obrót o kąt $\alpha = 4\pi$ wirnik wykonał w ciągu 5 s.

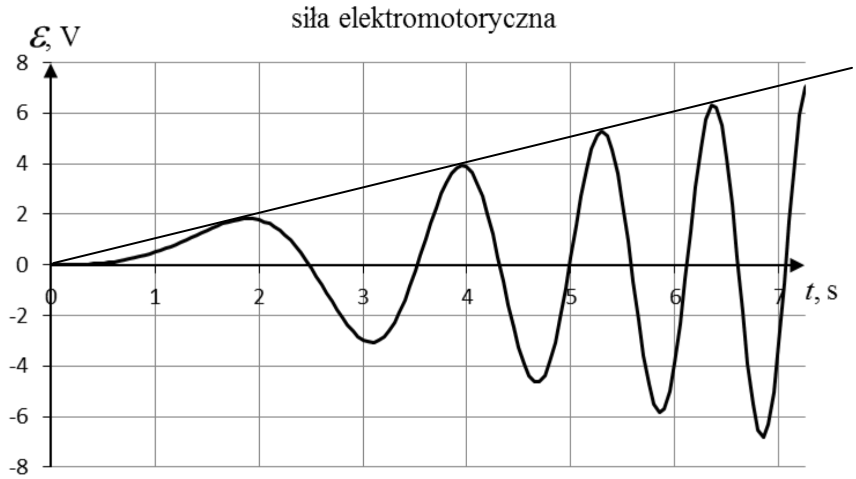
Stąd $\varepsilon = \frac{2 \cdot 4\pi}{5^2} \approx 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 157.2.
Wartość maksymalna siły elektromotorycznej wytwarzanej przez prądnicę, wyraża się wzorem $\mathcal{E}_{\max} = n \cdot B \cdot S \cdot \omega$.

Wynika stąd, że $\mathcal{E}_{\max}$ rośnie proporcjonalnie do prędkości kątowej (częstotliwości obrotów wirnika), która z kolei rośnie proporcjonalnie do czasu ruchu wirnika.

Podczas czwartego obrotu, który trwa ok. 1 s ($f \approx 1$ Hz), SEM osiąga $\mathcal{E}_{\max} \approx 7$ V.

Wzrost $\mathcal{E}_{\max}$ proporcjonalny do czasu jest widoczny także na wykresie.



Gdy częstotliwość wzrośnie do $f = 5$ Hz (5-krotnie), to SEM osiągnie $\mathcal{E}_{\max}$ ok.:

$\mathcal{E}_{\max} \approx 5 \cdot 7 \text{ V} \approx 35$ V.

Zadanie 157.3
1. Wzór $U_{sk} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$ jest słuszny dla napięcia przemiennego, czyli zmieniającego się sinusoidalnie w czasie $U = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Ponieważ podczas rozruchu kąt obrotu wirnika rośnie z czasem według wzoru $\alpha = \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$, to zależność SEM od czasu $\mathcal{E} = n \cdot B \cdot S \cdot \varepsilon \cdot t \cdot \sin\left(\frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}\right)$ nie jest sinusoidą.

2. Maksymalna SEM prądnicy, której wirnik obraca się jednostajnie, wyraża się wzorem: $\mathcal{E}_{\max} = n \cdot B \cdot S \cdot \omega$.

Prędkość kątowa (częstość kołowa) wiąże się z częstotliwością $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, czyli maksymalna SEM jest proporcjonalna do częstotliwości obrotów f.
3. Maksymalna SEM prądnicy, której wirnik obraca się jednostajnie, wyraża się wzorem:
$\mathcal{E}_{\max} = n \cdot B \cdot S \cdot \omega$.
Ze wzoru wynika, że maksymalna SEM zależy od liczby zwojów n wirnika.

Zadanie 158.1.
Skorzystaj z wyrażenia $P = U \cdot I$ wiążącego moc P z napięciem U i natężeniem prądu I. Na tej podstawie oblicz moc wydzielaną na żarówce 2., a także najmniejszą i największą możliwą wartość tej mocy w granicach niepewności napięcia i natężenia prądu tzn.:
$P_{\min} = U_{\min} \cdot I_{\min}$,
$P_{\max} = U_{\max} \cdot I_{\max}$.
Zgodnie z poleceniem za niepewność oszacowania mocy należy przyjąć większą z różnic między obliczoną wartością mocy, a którąś ze skrajnych wartości.
Moc wydzielana na żarówce:

$$P = U \cdot I \quad \left[\mathrm{V \cdot A} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} \cdot \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \mathrm{W} \right]$$

$P = U \cdot I = 9 \cdot 0{,}70 = 6{,}30$ W,
najmniejsza możliwa wartość tej mocy w granicach niepewności napięcia i natężenia prądu:
$P_{\min} = U_{\min} \cdot I_{\min} = 8{,}5 \cdot 0{,}68 = 5{,}78$ W,
największa możliwa wartość tej mocy w granicach niepewności napięcia i natężenia prądu:
$P_{\max} = U_{\max} \cdot I_{\max} = 9{,}5 \cdot 0{,}72 = 6{,}84$ W.
Niepewność mocy oszacowana metodą opisaną w poleceniu: $\Delta P = P_{\max} - P = 0{,}54$ W.

Zadanie 158.2.
Napięcia na wszystkich żarówkach zostały wyznaczone z takimi samymi niepewnościami względnymi (zarówno wartości napięcia, jak i ich niepewności takie same). Niepewności względne natężenia prądu (stosunki niepewności natężeń prądu do wartości natężeń prądu) były natomiast różne dla różnych żarówek – najmniejsza dla 2., a największa dla 1. Ponieważ w wyrażeniach na opór i moc występuje napięcie i natężenie prądu, a napięcie na wszystkich żarówkach zostało wyznaczone z taką samą niepewnością względną, więc decydująca jest niepewność względna wyznaczenia natężenia prądu, a zatem tak samo jak w przypadku natężenia prądu, moc i opór zostały wyznaczone z najmniejszą niepewnością względną dla żarówki 2., a z największą dla 1.

Zadanie 158.3.
1. Zgodnie z II prawem Kirchhoffa suma napięć na obu woltomierzach musi być równa napięciu na żarówce, a zatem taka sama jak napięcie wskazywane przez jeden woltomierz w pierwszym pomiarze. Woltomierze są identyczne, więc każdy z nich wskazuje 2 razy mniejszą wartość napięcia w porównaniu ze wskazaniem jednego woltomierza w pierwszym pomiarze.
2. Natężenie prądu płynącego przez oba amperomierze jest takie samo, a zatem oba wskazują jednakową wartość natężenia prądu i jest to taka sama wartość, jak wskazywana przez jeden amperomierz w pierwszym pomiarze.
3. Opór woltomierzy jest bardzo duży, ale skończony. Zastąpienie jednego woltomierza układem 2 połączonych szeregowo zwiększa 2-krotnie opór gałęzi obwodu, na której się one

znajdują, a co za tym idzie – nieznacznie zwiększa opór całego układu $\frac{R_ż \cdot 2R_V}{R_ż + 2R_V} > \frac{R_ż \cdot R_V}{R_ż + R_V}$ ($R_ż$ – opór żarówki, R_V – opór woltomierza).

Zadanie 158.4.
Istnieje wiele różnych możliwych układów spełniających warunki polecenia. Żeby wyznaczyć moc żarówki, trzeba znać napięcie na niej i natężenie płynącego przez nią prądu. Należy zatem zbudować taki układ, aby napięcie na każdej z żarówek oraz natężenie prądu przez nią płynącego można było albo bezpośrednio odczytać, albo korzystając z praw Kirchhoffa, obliczyć na podstawie wskazań mierników. Wyznaczona w takim pomiarze moc wydzielana na poszczególnych żarówkach może różnić się od mocy wyznaczonej przy pomiarach napięcia i natężenia prądu osobno dla każdej żarówki, ponieważ napięcia na poszczególnych żarówkach mogą być inne, niż gdy te żarówki były pojedynczo podłączane do źródła napięcia.

Zadanie 158.5.
Zastanów się, jak w opisanej sytuacji moc wydzielona na danej żarówce zależy od jej oporu oraz jakie w porównaniu ze sobą były opory poszczególnych żarówek.

Na podstawie danych z tabeli widać, że żarówki miały różny opór $R = \frac{U}{I}$.

Najmniejszy opór miała żarówka nr 2. Ponieważ przez wszystkie żarówki połączone szeregowo, płynął prąd o takim samym natężeniu I, więc wydzielona moc $P = I^2 \cdot R$ była najmniejsza na żarówce o najmniejszym oporze, czyli na żarówce nr 2 i ona świeciła najsłabiej.

Zadanie 159.1.
Napięcie na oporze można obliczyć z prawa Ohma: $U = R \cdot I$. Wiadomo, że amperomierz ma bardzo mały opór w porównaniu z opornikiem o oporze kilku kΩ.
Korzystając z danych w tabeli i z prawa Ohma, można wywnioskować, np.:
– przez wszystkie elementy płynie prąd o takim samym natężeniu, a opór amperomierza jest bardzo mały, czyli napięcie na amperomierzu powinno być najmniejsze (0,03 V),
– między biegunami ogniwa napięcie jest największe i równe sumie napięć na odbiornikach włączonych do obwodu (1,53 V). Napięcie między biegunami ogniwa jest też równe jego SEM pomniejszonej o spadek napięcia na oporze wewnętrznym. Jeżeli opór wewnętrzny jest równy zeru, to napięcie na ogniwie jest równe SEM i powinno być największe (1,53 V),
– napięcie na oporniku powinno być mniejsze od napięcia na ogniwie i powinno być rzędu woltów, ponieważ opór jest rzędu kilku kΩ, a natężenie rzędu kilku mA (1,5 V).

Zadanie 159.2.
1. Amperomierz włączamy do obwodu szeregowo, co zwiększa opór zastępczy obwodu i zmniejsza natężenie prądu płynącego w obwodzie. Idealny amperomierz nie powinien wpływać na opór obwodu i natężenie prądu, dlatego jego opór elektryczny powinien być równy zeru.
2. Woltomierz włączamy do obwodu równolegle do elementu, na którym mierzymy napięcie. Opór woltomierza powinien być bardzo duży, aby płynął przez niego prąd o bardzo małym natężeniu.
3. Woltomierz włączamy równolegle do elementu obwodu, ponieważ napięcie na woltomierzu powinno być takie samo jak na elemencie, dla którego chcemy zmierzyć napięcie. Amperomierz włączamy szeregowo, ponieważ natężenie prądu płynącego

przez amperomierz powinno być takie samo jak prądu płynącego przez element obwodu, dla którego chcemy dokonać pomiaru.

Zadanie 159.3.

Opór opornika należy obliczyć z prawa Ohma: $R = \frac{U}{I} = \frac{1{,}23\ \mathrm{V}}{0{,}041\ \mathrm{A}} = 30\ \Omega$.

Niepewność pomiaru napięcia i natężenia należy obliczyć, stosując podane wzory:

$$\Delta U = \frac{0{,}5 \cdot 1{,}23}{100} + 0{,}02 \approx 0{,}03\ \mathrm{V}$$

$$\Delta I = \frac{1 \cdot 41}{100} + 0{,}02 \approx 0{,}43\ \mathrm{mA}.$$

Do obliczenie niepewności względnej oporu należy zastosować wzór: $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I}$,

z którego otrzymujemy $\frac{\Delta R}{R} = \frac{0{,}03\ \mathrm{V}}{1{,}23\ \mathrm{V}} + \frac{0{,}43\ \mathrm{mA}}{41\ \mathrm{mA}} = 0{,}024 + 0{,}010 = 0{,}034 \approx 0{,}04$.

Niepewność bezwzględną obliczamy ze wzoru: $\Delta R = R \cdot 0{,}04 = 30\ \Omega \cdot 0{,}04 = 1{,}2\ \Omega \approx 2\Omega$

Należy pamiętać, że niepewności pomiarowe zaokrąglamy zawsze w górę.

Zadanie 159.4.

Należy skorzystać z prawa Ohma i obliczyć opór: $R = \frac{U}{I} = \frac{1{,}53\ \mathrm{V}}{1\ \mu\mathrm{A}} \approx 1{,}5\ \mathrm{M}\Omega$.

Zadanie 160.1.

Aby wyznaczyć zależność oporu elektrycznego od temperatury, trzeba znać temperaturę przewodnika. W doświadczeniu ogrzewana jest woda i zanurzona w niej spirala, a mierzona jest temperatura wody.

Im większe natężenie prądu w spirali, tym więcej ciepła się w niej wydziela. Bardzo małe natężenie prądu gwarantuje, że temperatura spirali wolframowej będzie taka sama, jak ogrzanej wody, w której jest zanurzona.

Z kolei większe natężenie prądu spowodowałoby ogrzanie spirali powyżej temperatury wody i zafałszowanie wyników doświadczenia.

Zadanie 160.2.

Należy skorzystać z prawa Ohma dla odcinka obwodu i obliczyć opór przewodnika w kolejnych temperaturach: $R = \frac{U}{I} = \frac{27\mathrm{mV}}{10\mathrm{mA}} = 2{,}7\Omega$ i kolejno dla pozostałych napięć.

Z powodu braku danych nie można obliczyć oporu przewodnika w temperaturze 50°C.

Następnie należy sporządzić wykres $R(t)$.

Zadanie 160.3.

Należy przedłużyć wykres do przecięcia z osią R i odczytać wartość $R \approx 2{,}4\ \Omega$ (odczytana wartość musi być zgodna z wykonanym wykresem).

Zadanie 160.4.

Należy skorzystać ze wzoru interpolacyjnego i obliczyć opór przewodnika w temperaturze 50°C:

$$R_{50} = R_{40} + \frac{R_{60} - R_{40}}{t_{60} - t_{40}} \cdot (t_{50} - t_{40}) = 3 + \frac{3{,}27 - 3}{60 - 40} \cdot (50 - 40) = 3{,}14\Omega.$$

Następnie skorzystać z prawa Ohma dla odcinka obwodu i obliczyć napięcie na odbiorniku:

$U = I \cdot R_{50} = 0{,}01 \cdot 3{,}14 = 31{,}4\ \text{mV}\ \left[\text{A} \cdot \Omega = \text{A} \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{V}\right].$

Zadanie 160.5.
Należy przekształcić wzór opisujący zależność oporu od temperatury: $R(t) = R_0(1 + \alpha\Delta t)$, do postaci pozwalającej obliczyć współczynnik:
$\alpha = \frac{R(t) - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{1}{\Delta t}$ α $\left[\frac{\Omega - \Omega}{\Omega} \cdot \frac{1}{℃} = \frac{1}{℃} \text{lub } \frac{1}{\text{K}}\right].$
Następnie wstawić do niego wartości odpowiadające oporowi elektrycznemu w temperaturze 0°C i wyższej, np. 40°C oraz obliczyć współczynnik:
$\alpha = \frac{R(t) - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} = \frac{3 - 2{,}4}{2{,}4} \cdot \frac{1}{40} = 0{,}00625\,\frac{1}{\text{K}}.$
Lub ułożyć i rozwiązać układ równań:
$R_1(t = 20℃) = R_0(1 + \alpha\Delta t_1)$
$R_2(t = 70℃) = R_0(1 + \alpha\Delta t_2)$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_0(1 + \alpha\Delta t_1)}{R_0(1 + \alpha\Delta t_2)} = \frac{1 + \alpha\Delta t_1}{1 + \alpha\Delta t_2}$$

$2{,}7 \cdot (1 + \alpha \cdot 70) = 3{,}45 \cdot (1 + \alpha \cdot 20)$
$2{,}7 + 189 \cdot \alpha = 3{,}45 + 69 \cdot \alpha$
$189 \cdot \alpha - 69 \cdot \alpha = 0{,}75$
$\alpha = \frac{0{,}75}{120} = 0{,}00625\,\frac{1}{K}$

Zadanie 160.6.
Należy skorzystać ze wzoru: $R(t) = R_0(1 + \alpha\Delta t)$ i zauważyć, że opór termistora maleje ze wzrostem temperatury. Wynika z tego, że jego temperaturowy współczynnik oporu jest ujemny, czyli jest to termistor NTC.

Zadanie 161.1.
Prąd elektryczny, płynąc w obwodzie mostka, w punkcie A rozdziela się na 2 gałęzie zawierające opory R_1 i R_2 oraz R_3 i R_4 (patrz schemat mostka).
Na poszczególnych opornikach R_1 i R_2 oraz R_3 i R_4 występują napięcia proporcjonalne do wartości tych oporów.
Z warunku równowagi mostka (zerowe wskazania woltomierza U_{CD}) wynika, że $U_1 = U_3$ oraz $U_2 = U_4$. Korzystając z prawa Ohma, można zatem zapisać, że $I_1 \cdot R_1 = I_3 \cdot R_3$ oraz $I_2 \cdot R_2 = I_4 \cdot R_4$.
Ponieważ $I_1 = I_2$ oraz $I_3 = I_4$, gdy mostek jest w równowadze, woltomierz wskazuje zero. Po podzieleniu równań natężenia prądów skracają się.
Po podzieleniu obu równań przez siebie otrzymamy związek $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$, z którego można wyznaczyć nieznany opór: $R_1 = R_2\,\frac{R_3}{R_4}$.

Zadanie 161.2.
1. Natężenia prądu w obu gałęziach mostka (ACB i ADB) nie są zawsze takie same, ponieważ zależą od sum oporów R_1 i R_2 oraz R_3 i R_4, a te mogą być różne. Gdy opory elektryczne obu gałęzi (ACB i ADB) byłyby jednakowe, natężenia prądów w obu gałęziach byłyby takie same. Byłby to jednak tylko szczególny przypadek.

2. Zamiast woltomierza między punkty C i D można włączyć mikroamperomierz, ponieważ podczas pomiarów istotne jest doprowadzenia mostka do stanu równowagi, czyli do jednakowych potencjałów w punktach C i D. Stwierdzenie takiej równowagi jest tożsame z brakiem napięcia, albo brakiem przepływu prądu między punktami C i D.
3. Opór wewnętrzny źródła napięcia nie ma wpływu na dokładność wyznaczenia oporu R_1, ponieważ analizuje się i porównuje tylko napięcia na poszczególnych opornikach.
4. Podczas wyznaczania oporu mostek Wheatstone'a nie musi być zasilany wyłącznie ze źródła napięcia stałego, ponieważ istotne jest tylko, by w warunkach równowagi mostka wystąpił brak napięcia lub brak przepływu prądu między punktami C i D, bo to pozwala na zapisanie związku $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$. Warunek ten będzie spełniony, podobnie jak prawo Ohma, zarówno dla prądu stałego jak i prądu zmiennego.

Zadanie 161.3.
Podczas przepływu prądu przez oporniki wydziela się na nich energia w postaci ciepła.
Dla dokładności wyznaczenia oporu przepływ prądu o większym natężeniu (przy użyciu źródła napięcia dającego większą wartość napięcia), w porównaniu z mniejszymi prądami jest zatem mniej korzystny, ponieważ następują różne zmiany oporu związane ze wzrostem temperatury oporników, co może zafałszować wyniki pomiarów.

Zadanie 161.4.
Opór R odcinka drutu oporowego o długości l można wyrazić wzorem: $R = \rho\frac{l}{S}$, gdzie przez ρ oznaczono opór właściwy materiału, a S to pole przekroju poprzecznego tego drutu.
Po podstawieniu zależności: $R = \rho\frac{l}{S}$ zamiast R_3 i R_4 w wyrażeniu:

$R_1 = R_2\frac{R_3}{R_4} = R_2\frac{\rho\frac{l_3}{S}}{\rho\frac{l_4}{S}}$ i redukcji, otrzymamy wzór: $R_1 = R_2\frac{l_3}{l_4}$.

Zadanie 161.5.
Względną niepewność pomiarową oporu R_1 można wyznaczyć ze wzoru $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_4}{R_4}$, gdzie ΔR oznaczono niepewności bezwzględne oporów.
Ponieważ w praktyce opornik odniesienia R_2 jest bardzo dokładny, w obliczeniach często zakłada się, że ΔR_2 jest równe zeru, a więc powyższy wzór przyjmuje postać $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_4}{R_4}$.

Jeżeli wykorzysta się związek $R = \rho\frac{l}{S}$, to po podstawieniu go do wzoru na niepewność i uwzględnieniu, że $l = l_3 + l_4$, wzór przyjmuje postać $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta l_3}{l - l_4} + \frac{\Delta l_4}{l_4}$. Można przyjąć, że niepewności wyznaczenia długości drutu oporowego są jednakowe, czyli $\Delta l_3 = \Delta l_4 = \Delta l$.

Po sprowadzeniu do wspólnego mianownika obu ułamków występujących po prawej stronie wzoru można zauważyć, że mianownik tego ułamka $(l - l_4) \cdot l_4 = l \cdot l_4 - l_4^2$ jest funkcją kwadratową z ujemnym współczynnikiem przy l_4.

Zatem $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{l \cdot \Delta l}{l \cdot l_4 - l_4^2}$.

Niepewność względna zależy więc od wartości mianownika w tym wzorze, ponieważ licznik ma stałą wartość.

Funkcja ta osiąga maksymalną wartość dla l_4 = 0,5l (wykresem tej funkcji jest parabola, zwrócona ramionami w dół).

Wtedy wyrażenie $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta l_3}{l_3} + \frac{\Delta l_4}{l_4}$ osiąga minimalną wartość, czyli względna niepewność pomiarową oporu R_1 jest najmniejsza.

Zadanie 161.6.

Podczas pomiaru pojemności w gałęzi obwodu ADB oporniki R_3 i R_4 nie muszą zostać wymienione na kondensatory C_3 i C_4, ponieważ istotą pomiaru jest porównywanie napięć na poszczególnych elementach obwodu mostka.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że zależność pozwalająca na wyznaczenie pojemności nieznanego kondensatora C_1 będzie nieco inna.

Dla oporników związek napięcia U i oporu R jest wprost proporcjonalny, co wynika z prawa Ohma, zatem prawdziwy jest wzór $R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4}$. W przypadku pomiaru pojemności kondensatora związek napięcia i pojemności można opisać wzorem $C = \frac{Q}{U}$. Kondensatory C_1 i C_2 są połączone szeregowo i zgromadzony na każdym z nich ładunek jest taki sam. Odpowiedni wzór przyjmie wtedy postać: $C_1 = C_2 \frac{R_4}{R_3}$ (zostaną zamienione indeksy w ułamku).

Zadanie 162.1.

Należy poprawnie opisać osie (odpowiednie wielkości oraz poprawne jednostki) – na osi poziomej napięcie wyrażane w miliwoltach, zaś na pionowej natężenie prądu wyrażane w miliamperach. Osie powinny być wyskalowane tak, aby wykres zajmował większość dostępnego miejsca oraz żeby łatwo było odmierzać i zaznaczać położenia punktów doświadczalnych i ich niepewności. Punkty pomiarowe powinny być połączone gładką krzywą przechodzącą w pobliżu wszystkich punktów.

Zadanie 162.2.

Analizując zależność natężenia prądu płynącego przez diodę od napięcia na diodzie, zastanów się, czy była ona podłączona w kierunku przewodzenia, czy też zaporowym. Po rozstrzygnięciu tej kwestii patrząc na biegunowość źródła napięcia w obwodzie wybierz odpowiedni symbol diody i kolejność warstw półprzewodnika typu n i p. Charakterystyka diody półprzewodnikowej, jaka została przedstawiona w treści zadania (dla małych napięć na diodzie zerowe natężenie prądu, a dla większych napięć szybki wzrost natężenia prądu), odpowiada podłączeniu diody w kierunku przewodzenia. Przy zaznaczonej na schemacie biegunowości źródła napięcia symbol diody podłączonej w kierunku przewodzenia poprawnie przedstawiony jest na rysunkach A i B, a kolejność warstw półprzewodnika typu n i p na rysunku B (przez diodę podłączoną w kierunku przewodzenia prąd płynie od warstwy typu p do warstwy typu n).

Zadanie 162.3.
W treści zadania napisano, żeby pominąć prąd płynący przez diodę, zakładając, że podczas całego doświadczenia był dużo mniejszy niż prąd płynący przez opornik regulowany. W związku z tym zakładając, że natężenie prądu płynącego przez obie części opornika regulowanego było jednakowe, możemy na podstawie praw Kirchhoffa powiązać ze sobą: R_1, R_2, U_d – napięcie na diodzie równe napięciu na części opornika regulowanego o oporze R_1, U_b – wartość napięcia generowanego przez baterię. Na tej podstawie (wiedząc z treści zadania, jakie było minimalne i maksymalne napięcie na diodzie) możemy obliczyć minimalną i maksymalną wartość ilorazu $\frac{R_1}{R_2}$.

Pomijając prąd płynący przez diodę, można przyjąć, że przez obie części opornika regulowanego płynął prąd o takim samym natężeniu równym: $I = \frac{U_b}{R_1 + R_2}$.

Mierzone za pomocą woltomierza napięcie na diodzie równe napięciu na części opornika regulowanego o oporze R_1 wynosiło:

$$U_d = I \cdot R_1 = \frac{U_b}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_b .$$

Przekształcając ten wzór otrzymujemy wyrażenie: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_d}{U_b - U_d}$.

Z treści zadania wynika, że minimalna wartość napięcia na diodzie podczas doświadczenia $U_{d\,min} = 0$ V, natomiast maksymalna wartość $U_{d\,max} = 0{,}7$ V. Na tej podstawie możemy obliczyć minimalną i maksymalną wartość ilorazu:

$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)_{min} = \frac{U_{d\,min}}{U_b - U_{d\,min}} = \frac{0}{1{,}5 - 0} = 0,$$

$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)_{max} = \frac{U_{d\,max}}{U_b - U_{d\,max}} = \frac{0{,}7}{1{,}5 - 0{,}7} = 0{,}875,$$

a zatem w czasie doświadczenia wartość ilorazu $\frac{R_1}{R_2}$ zmieniała się w zakresie od 0 do 0,875.

Zadanie 162.4.
W opisanej sytuacji dioda będzie podłączona na przemian w kierunku przewodzenia i zaporowym. Zastanów się, jakie jest natężenie prądu płynącego przez diodę przy danym napięciu, gdy dioda jest podłączona w kierunku przewodzenia (na podstawie tabeli w treści zadania) oraz jakie jest natężenie prądu, gdy dioda jest podłączona w kierunku zaporowym. Trzeba też zwrócić uwagę na przyjętą konwencję znaków tak, aby fragmenty wykresu w poszczególnych odcinkach czasu miały odpowiednie wartości i znaki.
W pierwszym odcinku czasu (od 0 do 0,5 s) wartość napięcia na diodzie jest dodatnia i wynosi 500 mV. Zgodnie z przyjętą konwencją napięcie jest dodatnie, gdy prąd płynie przez obwód w tę samą stronę, co w pierwszej części doświadczenia. Wynika stąd, że dioda była wtedy podłączona w kierunku przewodzenia, a wartość natężenia prądu przez nią płynącego wynosiła 1 mA (tabela w tekście do zadania).
Zgodnie z przyjętą konwencją natężenie prądu jest również dodatnie, gdy prąd płynie przez obwód w tę samą stronę, co w pierwszej części doświadczenia. Dla pierwszego odcinka czasu należy zatem na wykresie zaznaczyć stałą dodatnią wartość natężenia prądu 1 mA.

W drugim odcinku czasu (od 0,5 s do 1 s) wartość napięcia na diodzie jest ujemna, a zatem dioda była wtedy podłączona w kierunku zaporowym i natężenie prądu przez nią płynącego było równe zeru lub bardzo bliskie zeru.
Dla drugiego odcinka czasu należy zatem zaznaczyć zerową wartość natężenia prądu płynącego przez diodę. Dla kolejnych odcinków czasu wartości natężenia prądu powtarzają się naprzemiennie.

Zadanie 163.1.
Charakterystyka termistora z dołączony oporem jest liniowa, gdy spełniony jest warunek:
$$\frac{\Delta R}{\Delta t} = const\,.$$
Na przedstawionym wykresie zależność ta jest spełniona dla temperatur zawierających się od –20°C do ok. 0°C.

Zadanie 163.2.
Prąd o dużym natężeniu, płynący przez termistor analogicznie, jak prąd płynący przez opór, spowoduje wydzielenie w nim ciepła o wartości $Q = W = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$. Wydzielenie ciepła spowoduje wzrost temperatury termistora (samonagrzewanie), a tym samym zmianę jego oporu elektrycznego. Nie będzie zatem wskazywał prawidłowo temperatury ośrodka, w którym się znajduje. Aby wpływ ten był jak najmniejszy, prąd płynący przez termistor powinien mieć małe natężenie.

Zadanie 163.3.
Termistor o oporze (R_t) i opór o oporze (R) są połączone równolegle, czyli ich opór zastępczy:
$\frac{1}{R_Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_t}$. Po przekształceniu równania otrzymamy: $R = \frac{R_Z \cdot R_t}{R_t - R_Z}$.
Z wykresu można odczytać opór termistora oraz opór zastępczy (połączonych termistora i oporu) dla pewnej temperatury np. dla temperatury 0°C $R_t \approx 10$ kΩ, a $R_Z \approx 6{,}3$ kΩ, zatem
$$R = \frac{6{,}3 \cdot 10}{10 - 6{,}3} \approx 17\,\mathrm{k\Omega}\,.$$

Zadanie 163.4.
Ukruszenie spowoduje zmniejszenie pola przekroju poprzecznego termistora. Ponieważ jego opór można przedstawić równaniem: $R_t = \frac{\rho_t \cdot l}{S}$, zatem zmniejszenie pola przekroju poprzecznego S spowoduje wzrost wartości oporu termistora R_t.

Zadanie 164.1.
Zgodnie z powszechnie przyjętą konwencją kierunek płynięcia prądu jest przeciwny do kierunku ruchu elektronów: w obwodach prąd płynie od bieguna „+” do „–” źródła napięcia, natomiast elektrony od „–” do „+”. W tekście do zadania napisano, że po połączeniu przewodem obu prętów, elektrony zaczynają się przemieszczać wzdłuż przewodu do pręta węglowego, a zatem pręt węglowy stanowi biegun „+”, zaś pręt cynkowy „–”.

Zadanie 164.2.
W tekście do zadania napisano, że pręt węglowy nie wchodzi w żadne reakcje chemiczne, natomiast atomy cynku na powierzchni pręta tracą 2 elektrony, stając się jonami Zn^{2+}, które następnie łączą się z jonami SO_4^{2-}, tworząc rozpuszczający się siarczan(VI) cynku $ZnSO_4$.

W ten sposób ubywa atomów cynku tworzących pręt i pręt cynkowy rozpuszcza się, a pręt węglowy nie.

Zadanie 164.3.
Napięcia na połączonych szeregowo źródłach dodają się z uwzględnieniem różnych znaków dla różnych biegunowości. Mówi o tym II prawo Kirchhoffa.
W opisanej sytuacji wartość napięcia między skrajnymi biegunami połączonych szeregowo baterii powinna wynieść 1,5 V + 1,5 V + 1,5 V – 1,5 V = 3 V i tyle też powinien wskazać woltomierz. O tym, że napięcia na szeregowo połączonych bateriach dodają się, oraz że biegunowość poszczególnych baterii jest istotna, możemy przekonać się chociażby użytkując urządzenia, które wymagają włożenia określonej liczby szeregowo połączonych baterii. Elektrolity w bateriach przewodzą prąd elektryczny, więc bateria podłączona przeciwnie do pozostałych nie blokuje całkowicie możliwości płynięcia prądu przez układ.

Zadanie 164.4.
Oszacuj energię, jaką dostarczyła opisana bateria (na podstawie jej siły elektromotorycznej oraz wartości ładunku elektrycznego, którego przepływ wymusiła do momentu wyczerpania się) i na tej podstawie oszacuj średnią moc zużywaną przez zegar.
Pojemność baterii: $I \cdot t$ = 2600 mAh = 2,6 A · 3600 s = 9360 As = 9360 C
(I – natężenie prądu, t – czas, przez jaki może być dostarczany prąd o danym natężeniu I) określa wartość ładunku elektrycznego, którego przepływ wymusiła do momentu wyczerpania się.
Energię, jaką dostarczyła opisana bateria możemy oszacować na:

$$E = \varepsilon \cdot I \cdot t \quad \left[\mathrm{V} \cdot \mathrm{A} \cdot \mathrm{s} = \mathrm{V} \cdot \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{s} = \mathrm{V} \cdot \mathrm{C} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} \cdot \mathrm{C} = \mathrm{J} \right]$$

$E = \varepsilon \cdot I \cdot t$ = 1,5·9360 J = 14040 J, gdzie ε = 1,5 V – siła elektromotoryczna baterii.
Średnią moc zużywaną przez zegar możemy natomiast oszacować na:

$$P = \frac{E}{t} \quad \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \mathrm{W} \right] \qquad\qquad P = \frac{E}{t} \approx \frac{14040}{2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} \approx 2 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{W}.$$

Zadanie 165.1.
Zgodnie z tekstem spadek napięcia w idealnym złączu p-n maleje wraz ze wzrostem temperatury. Im niższa temperatura, tym wykres bardziej przesunięty jest w kierunku wyższych napięć. Dlatego krzywa I odpowiada temperaturze wyższej (50°C), natomiast krzywa II odpowiada temperaturze niższej (–15°C).

Zadanie 165.2.
Należy zauważyć, że przy wzroście temperatury następuje przesunięcie charakterystyki widmowej w stronę większych długości fali, czyli „ ku czerwieni”. Długość światła dla barwy czerwonej jest większa niż dla barwy fioletowej.

Ponieważ licznik ułamka we wzorze $f = \frac{c}{\lambda}$ pozostaje stały (c – wartość prędkości światła w próżni), a mianownik rośnie (długość fali wzrasta), więc częstotliwość f maleje.

Zadanie 165.3.
1. Ze wzrostem temperatury w półprzewodniku rośnie liczba swobodnych elektronów. Zwiększenie liczby nośników prądu powoduje zmniejszenie oporu elektrycznego półprzewodnika.

2. Wyniki badań pokazują, że przy wzroście temperatury następuje zmniejszanie strumienia emitowanego światła przez diody LED.
3. Wraz ze wzrostem temperatury półprzewodnika bez względu na rodzaj domieszki rośnie liczba nośników prądu (elektronów lub dziur w zależności od typu domieszki).

Zadanie 165.4.
Zgodnie z informacjami zawartymi w tekście wstępnym zmiany w widmie mogą powodować zafałszowanie kolorów obiektów obserwowanych pod oświetleniem białych diod LED.

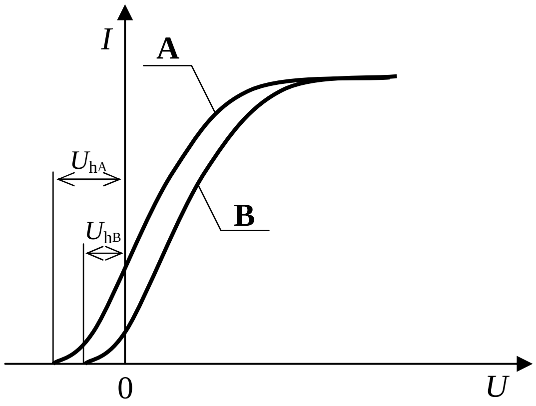
Zadanie 166.1.
1. Z danych technicznych wynika, że maksymalna moc zmywarki waha się w granicach 1900–2200 W, natomiast sama grzałka czerpie moc 1800 W. Zatem pobór mocy przez pozostałe elementy może wynosić od 100–400 W.
2. Z danych technicznych wynika, że zmywarka zasilana jest prądem przemiennym, którego natężenie zmienia się sinusoidalne.
3. Ponieważ zmywarka zasilana jest prądem sieciowym, dla którego wartość skuteczna napięcia może wynosić maksymalnie 240 V, zatem wartość maksymalną tego napięcia można obliczyć, korzystając z zależności: $U_o = U_{sk} \cdot \sqrt{2} = 240 \cdot \sqrt{2} = 339\text{V}$.

Zadanie 166.2.
Obliczając maksymalne zużycie energii, korzystamy ze związku między pracą i mocą:
$W = P \cdot t = 2200 \cdot 600 = 1320 \text{ kJ } [\text{W} \cdot \text{s} = \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \text{J}]$.
Następnie należy zamienić J na kWh, korzystając z przelicznika $1\text{kWh} = 36 \cdot 10^5 \text{ J}$.
W tym przypadku otrzymujemy 0,37 kWh.

Zadanie 166.3.
Szukając błędów, należy zwrócić uwagę również na jednostki. Błędne jest oznaczenie jednostki ciśnienia – pascala, którego zapisujemy „Pa” a nie „pa”. Ponadto $3\,\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \neq 0{,}01\text{MPa}$.

Zadanie 168.2.
Wartość maksymalnej prędkość wybitego fotoelektronu można obliczyć, korzystając ze wzoru Einsteina–Millikana: $E_f = E_K + W \Rightarrow E_K = E_f - W \Rightarrow E_K = \frac{h \cdot c}{\lambda} - W$,
gdy długość fali światła kierowanego na fotokatodę maleje, rośnie energia fotonu, a więc i energia kinetyczna fotoelektronu. Oznacza to, że stosowanie coraz krótszej fali światła powoduje wzrost wartości prędkości fotoelektronu.

Zadanie 169.1.
Można skorzystać z równania opisującego zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne:
$h \cdot f = W + E_{\text{k}_{\text{max}}}$, zatem $E_{\text{k}_{\text{max}}} = h \cdot f - W$.
Dla metalu o mniejszej pracy wyjścia elektrony wybite z jego powierzchni będą miały większą maksymalną energię kinetyczną.
Ponieważ $E_{\text{k}_{\text{max}}} = U_{\text{h}} \cdot e$, to dla elektronów o większej energii napięcie hamujące będzie miało większa wartość. Z wykresu wynika, że napięcie hamujące dla metalu A jest większe niż dla metalu B.



Zatem metal, z którego wykonano katodę fotokomórki A, charakteryzuje się mniejszą pracą wyjścia w porównaniu z metalem katody fotokomórki B.

Zadanie 169.2.
Z wykresów wynika, że maksymalne natężenie prądu płynącego przez obie fotokomórki jest takie samo. Ponieważ w zjawisku fotoelektrycznym można przyjąć założenie, że 1 foton wybija 1 elektron, więc liczba elektronów wybitych przez padające fotony (w tym samym czasie) jest taka sama dla obu fotokomórek. Wynika stąd wniosek, że moc obu laserów jest taka sama.

Zadanie 170.1.
Należy skorzystać ze wzoru de Broglie'a: $\lambda = \frac{h}{p}$, oraz I postulatu Bohra: $m \cdot r \cdot v = n \cdot \frac{h}{2\pi}$, a także wzoru na pęd: $p = m \cdot v$.
Ponadto trzeba skorzystać z zależności określającej dowolną orbitę dla wybranego elektronu. n oznacza numer dozwolonej orbity – główna liczba kwantowa (w naszym przypadku $n = 2$)
Pierwszy wzbudzony poziom energetyczny: $r = r_0 \cdot n^2$.
Po podstawieniu: $\frac{h}{\lambda} \cdot r_0 \cdot n^2 = n \cdot \frac{h}{2\pi}$ i przekształceniu $\lambda = 2\pi \cdot r_0 \cdot n$, otrzymujemy:
$\lambda = 6{,}6568 \cdot 10^{-10}$ m.

Zadanie 170.2.
Sytuacja, gdy elektron znajduje się na pierwszej dozwolonej orbicie, oznacza, że atom znajduje się w najniższym stanie energetycznym (zwanym podstawowym), zatem nie może dojść do wypromieniowania energii. Zgodnie z tzw. *zasadą stacjonarności* mówiącą, że: *w stanie podstawowym elektrony poruszające się w atomie nie promieniują*.

Zadanie 171.1.
Należy zauważyć, że siła oddziaływania coulombowskiego pomiędzy jądrem a elektronem $F_d = k \cdot \frac{e^2}{R^2}$ pełni rolę siły dośrodkowej $F_d = \frac{m \cdot v^2}{R}$.
Przyrównując te wyrażenia, otrzymujemy $k\frac{e^2}{R^2} = \frac{m \cdot v^2}{R}$.
Wartość prędkości elektronu w ruchu wokół jądra można zapisać: $v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f$.
Po podstawieniu otrzymujemy zależność opisującą częstotliwość:

$$f=\sqrt{\frac{k\cdot e^2}{m\cdot 4\cdot \pi^2\cdot R^3}} \qquad \left[\sqrt{\frac{\frac{N\cdot m^2}{C^2}\cdot C^2}{kg\cdot m^3}}=\sqrt{\frac{N}{kg\cdot m}}=\sqrt{\frac{kg\cdot\frac{m}{s^2}}{kg\cdot m}}=\sqrt{\frac{1}{s^2}}=\frac{1}{s}=Hz\right].$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy: $f = 6{,}6\cdot 10^{15}$ Hz.

Zadanie 171.2.
1. Przy przejściu elektronu z poziomu $n = 2$ na poziom $n = 5$ należy dostarczyć do układu energii. Energia jest absorbowana.
2. Wartość prędkości elektronu w atomie wodoru na orbicie n można opisać zależnością: $v_n=\frac{1}{n}\cdot v_1$, co oznacza, że prędkość elektronu na dalej położonej orbicie jest mniejsza od jego prędkości na orbicie położonej bliżej jądra.

3. Przy przejściu elektronu w atomie wodoru z orbity drugiej na trzecią wartość prędkości elektronu maleje $\frac{2}{3}$ raza, w związku z czym energia kinetyczna elektronu maleje $\frac{4}{9}$ raza.

Zadanie 171.3.
Krótkofalowa granica serii Balmera odpowiada sytuacji, w której elektron przeskakuje z najbardziej oddalonej orbity na orbitę 2. Przyjmując, że numer początkowej orbity to $n \to \infty$, otrzymujemy $\frac{1}{\lambda}=\frac{R}{4}$, skąd: $R=\frac{4}{\lambda}=\frac{4}{365\cdot 10^{-9}\ \text{m}}\approx 1{,}096\cdot 10^{7}\ \frac{1}{\text{m}}$.

Zadanie 172.1.
Rozszczepienie jąder atomowych zachodzi, gdy neutron wniknie do wnętrza jądra atomowego, w wyniku czego jądro ulega rozszczepieniu.

Zadanie 172.2.
W reakcji rozszczepienia jąder atomowych w reaktorze atomowym powstaje więcej neutronów „wtórnych” niż neutronów „pierwotnych” inicjujących reakcję. W celu kontroli mocy reaktora należy zatem kontrolować liczbę neutronów poprzez ich pochłanianie.

Zadanie 173.
Jądra helu ${}^{4}_{2}He$ są znacznie lżejsze od jąder uranu ${}^{235}_{92}U$.
Przyjmując, że uzyskujemy energię z $m = 1$ kg czystego paliwa, można obliczyć stosunek energii uzyskanej z tej samej masy paliwa podczas syntezy helu i podczas rozszczepienia uranu. Stosunek ten będzie równy ok. $\frac{E_{He}}{E_U}=\frac{\frac{m}{4}\cdot 27\ \text{MeV}}{\frac{m}{235}\cdot 200\ \text{MeV}}\approx 8$.
Różnice te wynikają z wartości energii wiązania na nukleon dla jąder ciężkich i lekkich.

Zadanie 174.1.
Zasięg wiązki protonów zależy od ich energii. Energia protonów wytwarzanych w cyklotronie (60 MeV) jest zbyt mała, aby wiązka protonów mogła wejść w tkankę na większą głębokość niż 3 cm, gdzie znajdują się inne narządy.

Zadanie 174.2.

Promień cyklotronu $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$ określa maksymalną prędkość, jaką może osiągnąć proton.

W przybliżeniu nierelatywistycznym energia kinetyczna protonu w cyklotronie zależy od jego prędkości i wyraża się wzorem: $E = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{q^2 \cdot B^2 \cdot R^2}{2 \cdot m}$.

Aby zwiększyć energię protonu, można zwiększyć promień (średnicę) duantów cyklotronu lub indukcję pola magnetycznego lub obie te wielkości jednocześnie.

Zadanie 175.

1. Reakcja łańcuchowa zachodzi nie tylko podczas wybuchu bomby jądrowej, lecz także w reaktorze jądrowym.
2. Moderator to substancja, która ma na celu spowalnianie neutronów w reaktorze.
3. Wielkość masy krytycznej nie zależy od użytego materiału rozszczepialnego – masa krytyczna jest charakterystyczna dla materiału rozszczepialnego, zależy więc od jego rodzaju.
4. Decydujący wpływ na wielkość masy, przy której zachodzi reakcja łańcuchowa ma kształt bryły materiału rozszczepialnego – aby doszło do reakcji łańcuchowej neutrony wtórne muszą wywoływać kolejne reakcje rozszczepienia. Materiał o kształcie cienkiej płyty, powodowałby, że duża część neutronów wtórnych opuszczałaby próbkę, nie wywołując rozszczepienia.

Zadanie 176.1.

Zapisując schemat rozpadu, należy pamiętać o zasadzie zachowania liczby nukleonów i zasadzie zachowania ładunku. W tym przypadku: ${}_{1}^{3}T \rightarrow {}_{2}^{3}He + {}_{-1}^{0}e + \overline{\nu_e}$

Zapis antyneutrina nie jest obowiązkowy.

Zadanie 176.2.

Rozpoczynamy od obliczenia masy molowej wody, dodając wartości mas molowych poszczególnych pierwiastków składających się na cząsteczkę wody, w której wodór został zastąpiony trytem ${}_{1}^{3}T$: $\mu = 22\frac{g}{mol}$.

Następnie należy obliczyć masę wody w organizmie, mnożąc masę człowieka przez procent wody w organizmie: $m_w = 60 \cdot 0{,}65 = 39$ kg.

Uwzględniając zawartość znakowanej wody, obliczamy jej masę:

$M = 60 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}001 = 0{,}039$ kg = 39 g.

Korzystając ze stałej Avogadro, można obliczyć (z proporcji prostej) liczbę cząstek:

$\frac{39 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{22} \approx 10^{24}$ cząsteczek.

Zadanie 176.3.

Aktywność próbki to liczba rozpadów w ciągu jednej sekundy. Po każdym kolejnym czasie połowicznego zaniku aktywność próbki maleje o połowę. Należy wyskalować osie wykresu odpowiednio do wartości. Osie należy opisać, podając symbol wielkości fizycznej i jej jednostkę. Po zaznaczeniu punktów należy narysować linię (krzywą najlepszego dopasowania), która przechodzi przez punkty. Nie należy rysować linii łamanej złożonej z odcinków. Wykres musi być sporządzony dla przedziału czasu <0; 61,65> lat.

Zadanie 176.4.

Zapisując równanie reakcji, należy pamiętać o zasadzie zachowania liczby nukleonów i zasadzie zachowania ładunku w reakcjach jądrowych. W tym przypadku:

$^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{3}_{1}T + ^{4}_{2}He$

Zadanie 177.1.
Wybór współczynnika w_R zależy od rodzaju promieniowania. W tym przypadku mamy do czynienia z promieniami rentgena, czyli falą elektromagnetyczną.
Odczytujemy z tabeli wartość współczynnika w_R = 1.
Obliczamy wartości dawki równoważnej (równoważnika dawki) $H=D\cdot w_R = 10^{-3}$mSv.

Zadanie 177.2.
Należy odszukać na rysunku odpowiednie wartości współczynników w_R, w_T dla płuc. Ponadto pamiętaj o podzieleniu w_T odczytanego z rysunku przez 100.
Wartości współczynników wynoszą odpowiednio: w_R = 1 i w_T = 0,12.
Obliczamy wartość dawki efektywnej stosując wzór:
$E = D\cdot w_R\cdot w_T =$ 2,5·1·0,12 = 0,3 mSv.

Zadanie 177.3.
1. Odszukaj na rysunku odpowiednie wartości współczynnika w_T dla skóry, podziel go przez 100 oraz porównaj z wartościami dla innych organów ciała człowieka.
2. Wybierz odpowiednią wartość współczynnika w_R po zmianie promieniowania alfa na beta minus.

Zadanie 178.
1. Skoro elektrony po przejściu przez kryształy uległy dyfrakcji, a w jej następstwie interferencji, to kryształy pełniły rolę siatki dyfrakcyjnej.
2. Długość fali de Broglie'a można obliczyć ze wzoru podanego w treści zadania $\lambda = \frac{h}{p}$. Licznik tego ułamka jest liczbą bardzo małą, a mianownik dla ciał o dużych rozmiarach liczbą dużą. Ich iloraz jest liczbą bardzo małą, a to oznacza, że fala de Broglie'a związana z ciałami makroskopowymi jest niezwykle krótka – czyli nie możemy obserwować jej dyfrakcji, gdyż nie mamy obiektu o tak małych rozmiarach, by dyfrakcję tej fali zaobserwować.
3. Urządzeniem które wykorzystuje falowe właściwości cząstek jest mikroskop elektronowy.

Zadanie 179.
W zadaniu należy wkorzystać wiedzę o zastosowaniu fal eletromagnetycznych. W tym celu należy przypomnieć sobie widmo fal elektromagnetycznych oraz zastosowania poszczególnych sładników tego widma.

Zadanie 180.1.
Osłanianie jest potrzebne, aby do fotopowielacza docierały jedynie fotony powstające w scyntylatorze pod wpływem promieniowania jonizującego.

Zadanie 180.2.
A. Im mniej energii traci cząstka w scyntylatorze, tym mniej światła w nim powstaje i mniejszy sygnał jest rejestrowany, a zatem scyntylator gorzej nadaje się do detekcji promieniowania.
B. Im bardziej przezroczysty jest scyntylator dla wytwarzanego w nim światła, tym mniej fotonów jest traconych, a zatem rejestrowany sygnał jest większy i scyntylator lepiej nadaje się do detekcji promieniowania.
C. Im więcej światła wytwarzają cząstki promieniowania jonizującego w scyntylatorze, tym większy sygnał jest rejestrowany i scyntylator lepiej nadaje się do detekcji promieniowania.

D. Im krótsze (szybciej zanikające) błyski świetlne, tym lepiej oddzielone są od siebie sygnały od poszczególnych cząstek promieniowania jonizującego, a scyntylator lepiej nadaje się do detekcji promieniowania.

Zadanie 181.1.
A. Z wykresu przedstawiającego zależność natężenia prądu od napięcia wynika, że zwiększenie napięcia powyżej $U_{\text{nas.}}$ nie powoduje dalszego wzrostu natężenia prądu.
B. Z wykresu zależności $I(P)$ wynika, że natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do mocy promieniowania świetlnego padającego na fotokomórkę, zatem kąt nachylenie prostej nie ulegnie zmianie.
C. Zmiana długości fali spowoduje zmianę energii fotonów, a zatem przy takiej samej mocy lasera zmieni się ich ilość. Zmiana ilości padających fotonów spowoduje zmianę natężenia prądu, a tym samym zmianę kąta nachylenia prostej.
D. Światło „niesie ze sobą" określoną ilość fotonów w jednostce czasu, zatem w pewnym czasie zostaje wybita pewna ilość elektronów, które docierając do anody, dają stałe natężenie prądu niezależne od czasu oświetlania katody.

Zadanie 181.2.
1. Natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę po oświetleniu katody fotokomórki wskaźnikiem laserowym będzie niezależne od odległości wskaźnika od fotokomórki, ponieważ wiązka światła laserowego jest praktycznie równoległa i niezależnie od odległości lasera od fotokomórki, (jeżeli pominiemy pochłanianie w powietrzu) moc promieniowania padającego na fotokatodę jest stała.
2. Prędkość fotonu podczas przejścia z powietrza do wnętrza fotokomórki (czyli z powietrza do próżni) zwiększa się, (choć w niewielkim stopniu), ponieważ światło, a więc fotony rozchodzą się z największą prędkością w próżni.
3. Z treści zadania wynika, że jedynie niewielka część fotonów padających na powierzchnię metalowej katody powoduje wybicie elektronów.

Zadanie 181.3.
Światło emitowane przez laser składa się z pewnej liczby (n) fotonów, z których każdy ma taką samą i ściśle określoną energię.
Wzrost mocy promieniowania lasera powoduje wzrost liczby (n) fotonów wyemitowanych w tym samym czasie, zatem ta większa liczba fotonów spowoduje wybicie większej ilości elektronów, a tym samym wzrost natężenia prądu.

Zadanie 181.4.
Natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę jest równe:
(1) $I = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$,
gdzie ΔQ jest ładunkiem wszystkich elektronów poruszających się od katody do anody powstałych w wyniku zajścia zjawiska fotoelektrycznego.
Ładunek ten należy przedstawić, jako:
(2) $\Delta Q = n \cdot e$,
gdzie n jest liczbą wybitych elektronów, a e ładunkiem pojedynczego elektronu.
Ponieważ czułość kwantowa wynosi ok. 0,5‰, zatem jedynie 1 na 2000 padających fotonów spowoduje wybicie elektronu. Zatem liczba (N) fotonów padających na fotokomórkę będzie równa:
(3) $N = 2000 \cdot n$.
Wstawiając zależność (1) do (2) i do (3), otrzymamy:

(4) $$N = \frac{2000 \cdot I \cdot \Delta t}{e}.$$

Ponieważ moc światła emitowanego przez laser jest stosunkiem energii wszystkich (N) wyemitowanych fotonów, każdy o energii ($E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$), do czasu ich wyemitowania, czyli:

$$P = \frac{2000 \cdot I \cdot h \cdot c}{e \cdot \lambda} \qquad \left[\frac{\mathrm{A} \cdot \mathrm{J} \cdot \mathrm{s} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{C} \cdot \mathrm{m}} = \frac{\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \mathrm{W} \right]$$

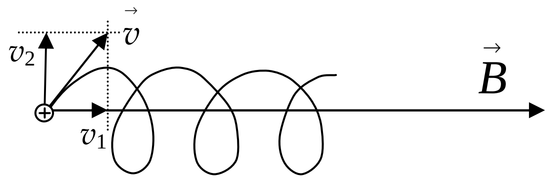
$$P = \frac{2000 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 532 \cdot 10^{-9}} \approx 0{,}07\,\mathrm{W}.$$

Zadanie 182.1.
Hormeza to zjawisko polegające na znacznym zmniejszeniu skutków, pomimo wzrostu dawki. Należy więc odszukać w tekście informację, która opisuje taki efekt.

Zadanie 182.2.
Hormeza to zjawisko polegające na znacznym zmniejszeniu skutków małych dawek promieniowania, pomimo wzrostu dawki. Należy więc odszukać w tabeli wiersze, które zawierają taką informację.
Jest to wiersz 2. i 5., ponieważ pomimo wzrostu dawki liczba zgonów zmalała.

Zadanie 182.3.
Hormeza radiacyjna to zjawisko polegające na znacznym zmniejszeniu skutków małych dawek promieniowania, pomimo wzrostu dawki oraz na występowaniu pozytywnych skutków, gdy organizm otrzyma małą dawkę promieniowania. Tylko linia Z ilustruje występowanie pozytywnych skutków w obszarze małych dawek pochłoniętego promieniowania.

Zadanie 183.1.
Należy zauważyć, że w tej sytuacji prędkość cząstki można rozłożyć na składowe równoległą v_1 i prostopadłą v_2 do linii pola magnetycznego. Ruch cząstki jest złożeniem dwóch niezależnych ruchów – ruchu jednostajnego z prędkością v_1 wzdłuż linii pola i ruchu po okręgu z prędkością v_2 w płaszczyźnie prostopadłej do linii pola. Tor ruchu jest więc linią śrubową zakreślaną wokół linii pola (patrz rysunek).



Zadanie 183.2.
Na podstawie artykułu można podać następujące argumenty za wykorzystaniem reakcji fuzji do produkcji energii:
– bardzo wydajne źródło energii,
– dostępność paliwa,
– małe zużycie paliwa,
– mała ilość odpadów,

– duże bezpieczeństwo,
– brak możliwości wybuchu.

Zadanie 183.3.
Deuter i tryt to izotopy wodoru zawierające odpowiednio: 1 proton i 1 neutron oraz 1 proton i 2 neutrony. Jądro helu (cząstka alfa) zawiera 2 protony i 2 neutrony. Liczba atomowa określa ładunek cząstki (dla protonu jest równa 1, a dla neutronu 0), a liczba masowa jest równa sumie liczb protonów i neutronów. W reakcji jądrowej obowiązuje prawo zachowania ładunku, co oznacza, że suma liczb atomowych przed i po reakcji jest taka sama. Suma liczb masowych także jest zachowana.
Reakcję można zapisać np.: ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$ lub ${}_{1}^{2}D + {}_{1}^{3}T \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$
Symbol D oznacza deuter, a symbol T tryt.

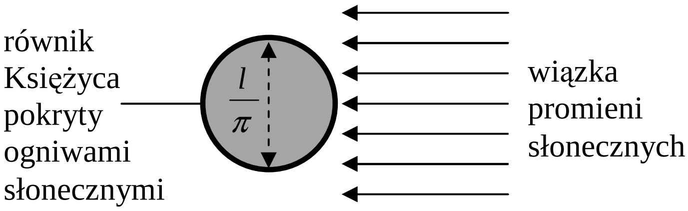
Zadanie 183.4.
1. W reaktorze znajdują się cząstki naładowane, które poruszają się wzdłuż linii odpowiednio ukształtowanego pola magnetycznego.
2. Do fuzji dojdzie, jeżeli deuter i tryt zbliżą się do siebie bardzo blisko. Aby do tego doszło, jądra muszą mieć bardzo duże energie kinetyczne, gdyż jako cząstki naładowane dodatnio odpychają się elektrostatycznie. Energia kinetyczna cząstki jest proporcjonalna do temperatury, dlatego wysoka temperatura umożliwia łączenie się jąder.
3. W reaktorze nie następuje bezpośrednia zamiana w energię elektryczną energii uzyskanej na skutek fuzji. Uzyskana energia jest np. najpierw zamieniana na ciepło potrzebne do wytworzenia pary napędzającej turbiny generatora prądu. Na każdym etapie przemian energii dochodzi do częściowego rozpraszania, czyli strat energii.

Zadanie 183.5.
Jądra cięższe od jąder izotopów wodoru posiadają większy ładunek elektryczny i odpychająca siła elektrostatyczna jest większa niż dla izotopów wodoru. Zbliżenie się cięższych jąder na tak małą odległość, aby doszło do fuzji jest możliwe dopiero wtedy, gdy temperatura plazmy jest jeszcze większa niż w przypadku izotopów wodoru.

Zadanie 184.1.
Fragmenty tekstu, w których nazwa wielkości fizycznej nie jest zgodna z jednostką, w której ją podano to *13 tys. terawatów energii* i *1 tys. megawatów energii* (wystarczy przytoczyć jeden spośród wymienionych fragmentów). Terawaty są jednostkami mocy, a nie energii, i tak powinno być napisane w tekście.

Zadanie 184.2.
A. W celu obliczenia mocy promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne trzeba obliczyć, jaka część promieniowania emitowanego przez Słońce padałaby przy przyjętych założeniach na ogniwa słoneczne. W tym celu oblicz pole powierzchni prostopadłej do kierunku rozchodzenia się promieni słonecznych, na której znajdują się wyeksponowane ogniwa słoneczne oraz pole powierzchni sfery wokół Słońca o promieniu równym odległości Księżyca od Słońca.
Na rysunku została pokazana opisana w zadaniu sytuacja, tym razem w przekroju poprzecznym. Ponieważ odległość od Słońca jest duża, więc możemy przyjąć, że w pobliżu Księżyca promienie słoneczne są do siebie równoległe. Czarna obwódka na rysunku to pas ogniw słonecznych w przekroju poprzecznym. Jego szerokość (prostopadła do płaszczyzny

rysunku) jest równa $d = 400$ km. Jeżeli długość równika księżycowego oznaczymy przez $l \approx 11\,000$ km, to średnica Księżyca wynosi $\frac{l}{\pi}$, co pokazano na rysunku.



Pole powierzchni prostopadłej do kierunku rozchodzenia się promieni słonecznych, na której znajdują się wyeksponowane ogniwa słoneczne wynosi:

$$S = \frac{l}{\pi} \cdot d \,.$$

Pole powierzchni sfery wokół Słońca o promieniu równym odległości Księżyca od Słońca $r \approx 150\,000\,000$ km jest równe:

$$S_{\text{calk}} = 4\pi\, r^2 .$$

Moc promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne jest równa:

$$P = \frac{S}{S_{\text{calk}}} \cdot P_{\text{sl}} \,,$$

gdzie $P_{\text{sl}} \approx 4 \cdot 10^{26}$ W – moc promieniowania słonecznego.

Podstawiając do wzoru na moc promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne odpowiednie wyrażenia i wartości liczbowe, otrzymujemy:

$$P = \frac{S}{S_{\text{calk}}} \cdot P_{\text{sl}} = \frac{\frac{l}{\pi} \cdot d}{4\pi\, r^2} \cdot P_{\text{sl}} \quad \left[\frac{\text{km} \cdot \text{km}}{\text{km}^2} \cdot \text{W} = \text{W} \right]$$

$$P = \frac{S}{S_{\text{calk}}} \cdot P_{\text{sl}} = \frac{\frac{l}{\pi} \cdot d}{4\pi\, r^2} \cdot P_{\text{sl}} \approx \frac{\frac{1{,}1 \cdot 10^4}{3{,}14} \cdot 4 \cdot 10^2}{4 \cdot 3{,}14 \cdot \left(1{,}5 \cdot 10^8\right)^2} \cdot 4 \cdot 10^{26} \approx \frac{14 \cdot 10^5}{28 \cdot 10^{16}} \cdot 4 \cdot 10^{26} \approx 2 \cdot 10^{15}\ \text{W}.$$

B. Moc promieniowania słonecznego padającego na ogniwa słoneczne przy podanych założeniach wynosząca około $2 \cdot 10^{15}$ W byłaby mniejsza niż $13\,000\,\text{TW} = 13 \cdot 10^{15}$ W, więc podane w tekście 13 tys. terawatów jest nierealne.

Zadanie 184.3.

Jądra ${}^{3}_{2}\text{He}$ zawierają 2 protony i 1 neutron, a jądra ${}^{2}_{1}\text{H}$ 1 proton i 1 neutron. Sumarycznie są więc 3 protony i 2 neutrony, a ich liczby są zachowane i w skład każdego z produktów wchodzi co najmniej 1 nukleon, jak napisano w treści zadania. Kombinatorycznie możliwe są następujące podziały 3 protonów i 2 neutronów między 2 produkty reakcji:

ppp	nn
ppn (${}^{3}_{2}\text{He}$)	pn (${}^{2}_{1}\text{H}$)
pnn	pp
ppnn (${}^{4}_{2}\text{He}$)	p
pppn	n

Spośród powyższych możliwości jedyny zestaw trwałych produktów i różnych od izotopów przed reakcją to: ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ + p. Tak więc poprawne równanie reakcji wraz z liczbami atomowymi i masowymi jest następujące: ${}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{1}\mathrm{p}$.

Zadanie 184.4.
Jak napisano w tekście w reakcji jąder ${}^{3}_{2}\mathrm{He}$ z jądrami deuteru ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ wydzielana jest duża ilość energii. Ponieważ zachodzi równoważność masy i energii, więc wydzielenie energii musi wiązać się ze zmniejszeniem masy (łączna masa spoczynkowa jąder przed reakcją jest większa niż łączna masa spoczynkowa produktów reakcji).

Zadanie 185.1.
1. Należy przeanalizować ostatnie zdanie tekstu wprowadzającego*: Badacze nie wiedzą, skąd dokładnie przybyły te wysokoenergetyczne cząstki, podejrzewają jednak, że powstały w procesach zachodzących w pobliżu supermasywnych czarnych dziur*.
2. Należy skorzystać z przeliczenia jednostek: 1PeV = $10^{15} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J = $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ J.
3. W sytuacji, gdy mamy do czynienia z cząstką o masie spoczynkowej m_o różnej od zera, relatywistyczny wzór opisujący zależność masy m od prędkości v masę to:
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$
zaś relatywistyczny wzór opisujący energię całkowitą cząstki można przedstawić jako:
$E = mc^2$.
Jak widać, jeżeli masa spoczynkowa cząstki jest bliska zeru, to tylko w sytuacji, gdy porusza się z prędkością bliską prędkości światła, jej energia będzie duża.

Zadanie 185.2.
Długość fali de Brogile'a można wyznaczyć korzystając z zależności:
(1) $\lambda = \frac{h}{p}$
Wzór opisujący energię kinetyczną poruszającej się cząstki o masie m i pędzie p:
(2) $E = \frac{p^2}{2m}$
Po przekształceniu (2) i podstawieniu do (1) otrzymujemy $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2Em}}$.

Zadanie 185.3.
W tekście mowa jest o neutrinach a nie neutronach. W zdaniu: *I choć w detektorach odnaleziono zaledwie 24 takie cząstki, pozagalaktyczna astronomia neutronowa opierała się wyłącznie na ich pomiarach. Zmieniło się to dzięki działającemu od niedawna antarktycznemu detektorowi IceCube*, pojawia się astronomia neutronowa zamiast astronomia neutrinowa.

Zadanie 185.4.
Neutrina to cząstki bardzo słabo oddziaływujące z materią, stąd bez przeszkód przenikają przez atmosferę i docierają do Ziemi. W tekście mówi o tym zdanie: *Przenikają nas i Ziemię jak duchy i niełatwo je pochwycić.*

Zadanie 187.4.
Należy zauważyć, że siłą dośrodkową powodującą ruch Fobosa wokół Marsa jest siła grawitacji. W wyniku przyrównania wzorów na te siły otrzyma się:
$F_g = F_d$

$$G\frac{M \cdot m_F}{r^2} = \frac{m_F \cdot v^2}{r}$$

Należy wstawić wzoru na wartość prędkości liniowej w ruchu po okręgu $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ do otrzymanego wcześniej równania:

$$G\frac{M}{r} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2}{T^2}.$$

Po przekształceniu powyższego wyrażenia otrzyma się wzór, z którego będzie można obliczyć masę Marsa:

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot T^2} \qquad \left[\frac{\mathrm{m}^3}{\frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2} \cdot \mathrm{s}^2} = \frac{\mathrm{m} \cdot \mathrm{kg}^2}{\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \mathrm{s}^2} = \mathrm{kg} \right].$$

Po podstawieniu danych do wzoru na masę:

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \left(9{,}4 \cdot 10^6\right)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot (27540)^2}\ \mathrm{kg} = 6{,}48 \cdot 10^{23}\ \mathrm{kg}.$$

Zadanie 188.

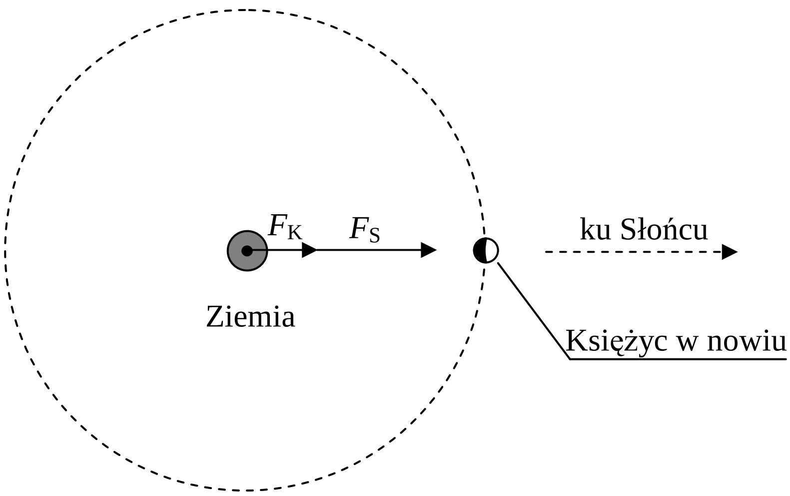
A. Ziemia krąży wokół Słońca, a jednocześnie obraca się wokół własnej osi. Gwiazda Polarna znajduje się w pobliżu punktu, przez który przechodzi oś obrotu Ziemi. Stąd gwiazdy zakreślają współśrodkowe okręgi wokół tego punktu.

B. Gwiazdy zakreśliły około 1/4 długości okręgu – czas otwarcia migawki aparatu to ok. 1/4 doby, czyli t = 6 h.

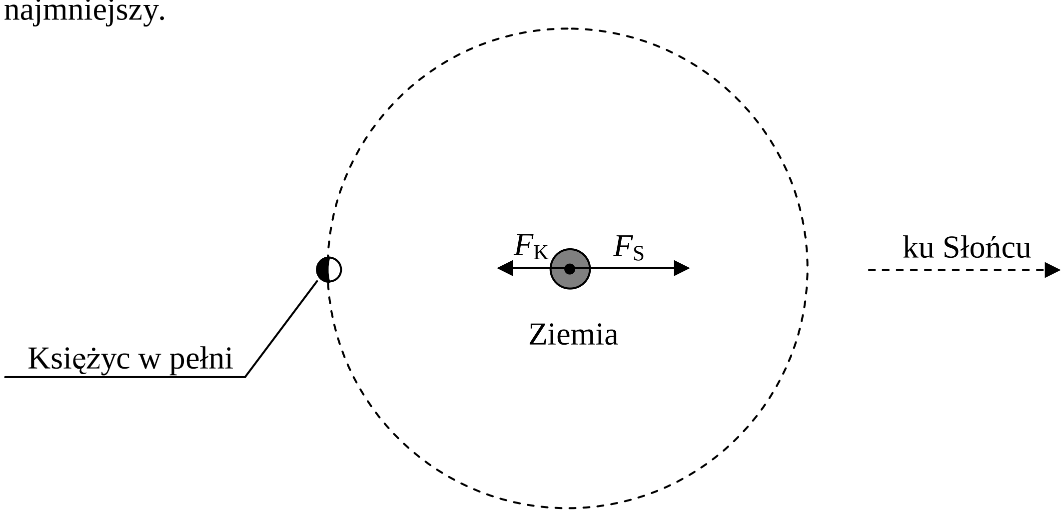
Zadanie 189.

W zasadzie można rozważyć jedynie 2 położenia, w których Księżyc znajduje się w pełni lub w nowiu. Możemy tu posłużyć się pomocniczymi rysunkami.

Na człowieka stojącego na Ziemi zawsze działają siły grawitacji Księżyca i Słońca. Gdy Księżyc znajduje się w nowiu, obie te siły są skierowane w prawo (patrz rysunek). Siły te mają takie same kierunki i zwroty, zatem ich suma w tym położeniu Księżyca, ma największą wartość i ich wypadkowa, działająca na człowieka jest największa.

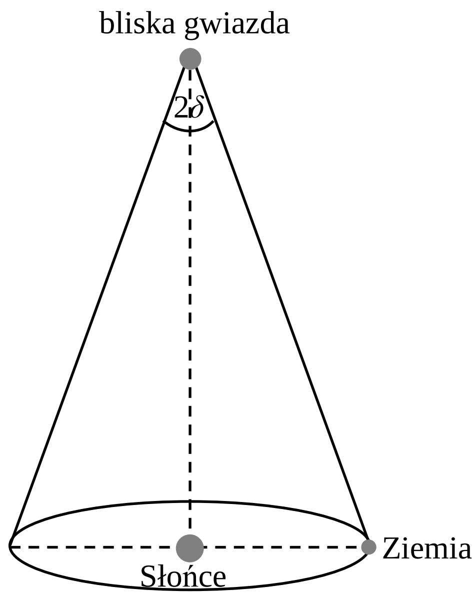


Gdy Księżyc znajduje się w pełni, czyli po przeciwnej stronie (patrz rysunek), to siły grawitacji pochodzące od Księżyca i Słońca mają przeciwne zwroty, czyli ich wypadkowa będzie różnicą i będzie najmniejsza. Zatem w tym położeniu Księżyca wpływ obu sił będzie najmniejszy.



Zadanie 190.1.

W ciągu pół roku Ziemia przemieszcza się o odległość średnicy swojej orbity wokół Słońca w stosunku do miejsca startowego. Różnica kątowa między obserwowanymi z Ziemi w odstępie pół roku położeniami gwiazdy, o której mowa w treści zadania na tle odległych gwiazd jest więc równa kątowi, pod jakim z danej gwiazdy widać byłoby średnicę orbity ziemskiej. Paralaksa heliocentryczna δ to kąt, pod jakim z danego obiektu widać byłoby promień orbity ziemskiej. Średnica jest 2 razy większa od promienia, więc z tego obiektu średnicę orbity ziemskiej widać byłoby pod kątem 2δ i tyle też wynosi różnica kątowa między obserwowanymi z Ziemi w odstępie pół roku położeniami gwiazdy, o której mowa w treści zadania na tle odległych gwiazd. Pokazano to na uproszczonym rysunku.



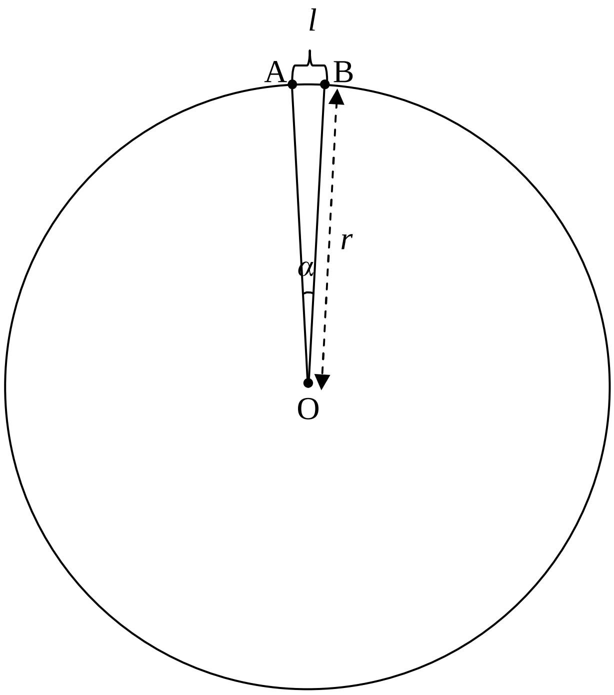
Zadanie 190.2.

1. Prędkość rozchodzenia się światła w ziemskiej atmosferze jest nieco inna (mniejsza) niż poza nią, więc zgodnie z prawem załamania promienie świetlne mogą po wejściu do atmosfery w niewielkim stopniu zmieniać kierunek. Poza atmosferą kierunek biegu promieni nie jest tak zaburzony, więc można tam mierzyć mniejsze paralaksy.
2. W tekście do zadania napisano: *w 1838 r. stwierdzono, że paralaksa heliocentryczna najbliższej gwiazdy (oprócz Słońca) jest kątem mniejszym niż sekunda łuku 1''*. Podano również, co to jest parsek, oraz że wynosi on 3,26 roku świetlnego. Skoro zmierzona paralaksa heliocentryczna była mniejsza niż sekunda łuku, to wynikało stąd, że odległość musiała być większa niż 3,26 roku świetlnego, a więc tym bardziej większa niż 3 lata świetlne.
3. O ile w odstępie pół roku Ziemia przemieszcza się o odległość średnicy orbity Ziemi wokół Słońca (czyli ok. 300 mln km) w stosunku do miejsca startowego, to w odstępie roku wraca

do położenia startowego względem Słońca. Pomiar różnicy kątowej między położeniami danego obiektu na tle odległych gwiazd w odstępie roku nie ma zatem sensu.

Zadanie 190.3.

Rozważmy przedstawiony na poniższym rysunku okrąg o promieniu *r*. Jego środek znajduje się w punkcie O. Na okręgu wybieramy punkty A i B takie, że kąt α między odcinkami AO oraz BO jest bardzo mały. Można wtedy przyjąć, że długość odcinka AB jest równa oznaczonej na rysunku symbolem *l* długości łuku między tymi punktami.



W tej sytuacji stosunek długości łuku AB do długości całego okręgu jest równy stosunkowi kąta α do pełnego kąta, co można zapisać następująco: $\frac{l}{2\pi r} = \frac{\alpha}{360°}$.

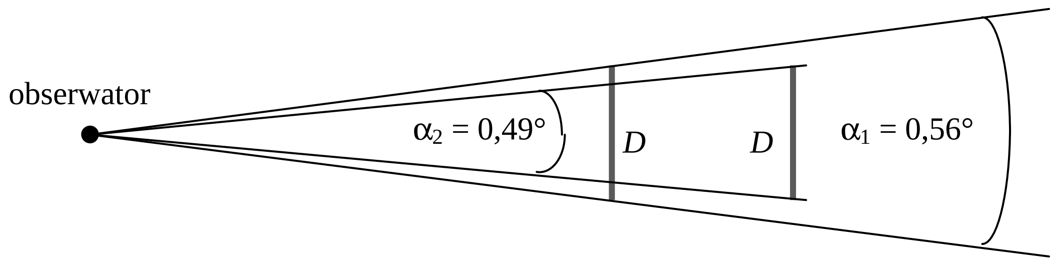
W tekście do zadania napisano, że 1 pc to odległość, dla której paralaksa heliocentryczna położenia Ziemi widzianej prostopadle do płaszczyzny jej orbity wynosi 1'', a więc pod kątem 1'' z kierunku prostopadłego do płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca z odległości 1 pc widać byłoby promień orbity ziemskiej.

Przyjmując zatem, że l = 150 000 000 km (promień orbity ziemskiej równy połowie podanej w tekście do zadania średnicy tej orbity), $\alpha = 1'' = \frac{1}{3600}°$, można obliczyć równą 1 pc odległość: $r = \frac{360°}{\alpha} \cdot \frac{l}{2\pi}$

$$r = \frac{360°}{\alpha} \cdot \frac{l}{2\pi} \approx \frac{360°}{\frac{1}{3600}°} \cdot \frac{150\,000\,000}{2 \cdot 3{,}14} \approx 3{,}1 \cdot 10^{13}\ \text{km} \approx 3 \cdot 10^{16}\ \text{m}.$$

Zadanie 191.1.

Średnica kątowa obiektu (kąt widzenia), to kąt pomiędzy skrajnymi promieniami światła tworzącymi obraz obiektu. Gdy obiekt znajduje się dalej od obserwatora, to jego średnica kątowa jest mniejsza (patrz rysunek).



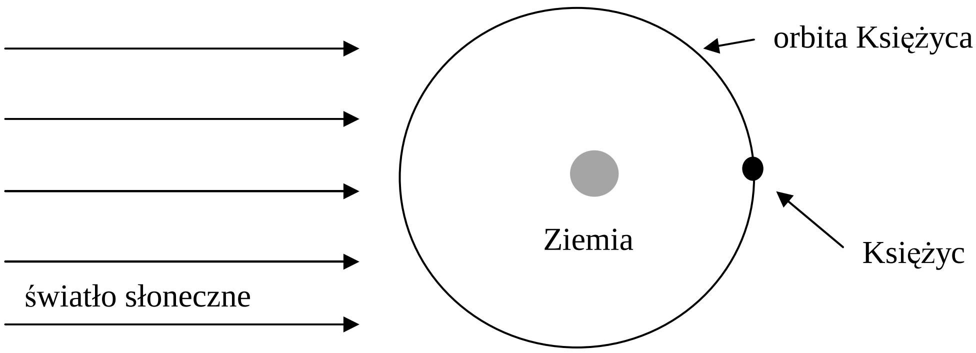
Średnicę kątową możemy wyrazić wzorem $\alpha = \frac{D}{r}$ (rad), gdzie D jest średnicą obiektu, a r jest odległością obiektu od obserwatora. Kąt wyrażony w stopniach przelicza się na radiany według wzoru: $\alpha\,(\text{rad}) = \frac{\alpha\,(^\circ)}{180^\circ} \cdot \pi\,(\text{rad})$.

Stosunek średnic kątowych obiektu jest równy stosunkowi odległości obiektu od obserwatora

$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\frac{D}{r_1}}{\frac{D}{r_2}} = \frac{r_2}{r_1}$, skąd można obliczyć odległość: $r_2 = r_1 \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = 356000\ \text{km} \cdot \frac{0{,}56}{0{,}49} \approx 407000\ \text{km}$.

Zadanie 191.2.

W opisanej sytuacji Księżyc znajduje się najbliżej Ziemi i jest w pełni (patrz rysunek).



W tej sytuacji może dojść do całkowitego zaćmienia Księżyca, jeżeli Słońce, Ziemia i Księżyc będą znajdować się na jednej linii. Księżyc znajdzie się wtedy w cieniu Ziemi i jego powierzchnia nie będzie oświetlona.

Zadanie 191.3.

Zjawisko Superksiężyca występuje, gdy Księżyc jest w pełni. Księżyc jest zwrócony do Ziemi zawsze tą samą stroną, ponieważ okres obrotu Księżyca wokół własnej osi jest taki sam, jak jego okres obiegu wokół Ziemi (27,32 doby).

Zadanie 192.

Wartość siły przyciągania grawitacyjnego między Marsem o masie $M = 6{,}4 \cdot 10^{23}$ kg a satelitą o masie m krążącym wokół niego po orbicie o promieniu r wynosi:

$F_\text{g} = G\frac{M \cdot m}{r^2}$, gdzie $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ jest stałą grawitacji.

Siła przyciągania grawitacyjnego między Marsem i jego satelitą pełni rolę siły dośrodkowej (jej wartość oznaczmy przez F_d) w ruchu satelity po orbicie o promieniu r.

$$F_g = F_d = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{m \cdot \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r \cdot m}{T^2},$$

gdzie v – wartość prędkości liniowej satelity w ruchu po orbicie wokół Marsa, $T = 24\text{ h }37\text{ min} \approx 8{,}86 \cdot 10^4\text{ s}$ – okres obiegu wokół Marsa satelity pozostającego w spoczynku względem powierzchni Marsa równy okresowi obrotu Marsa wokół własnej osi.
Porównując wyrażenia na wartość siły grawitacji i wartość siły dośrodkowej:

$$G\frac{M \cdot m}{r^2} = \frac{4\pi^2 r \cdot m}{T^2},$$

otrzymuje się następującą zależność:

$$r^3 = \frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2} \quad \left[\frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot \mathrm{kg \cdot s^2} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot \mathrm{m^2}}{\mathrm{kg}} \cdot \mathrm{s^2} = \frac{\mathrm{kg \cdot m^3}}{\mathrm{kg \cdot s^2}} \cdot \mathrm{s^2} = \mathrm{m^3}\right]$$

Podstawiając dane liczbowe można sprawdzić, że lewa i prawa strona powyższej równości są sobie równe.

$$r^3 = (20\,400\text{ km})^3 = (2{,}04 \cdot 10^7\text{ m})^3 \approx 8{,}5 \cdot 10^{21}\text{ m}^3$$

$$\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}4 \cdot 10^{23} \cdot (8{,}86 \cdot 10^4)^2}{4 \cdot 3{,}14^2} \approx 85 \cdot 10^{20} = 8{,}5 \cdot 10^{21}\text{ m}^3$$

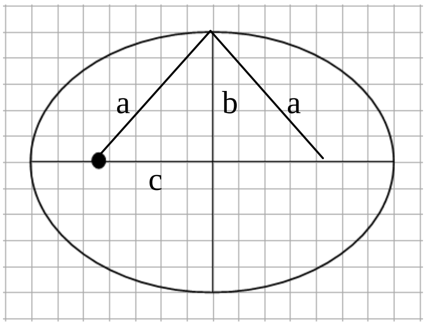
Zadanie 193.1.
Kometa obiega Słońce, dlatego należy zastosować III prawo Keplera dla komety, i np. dla Ziemi, której okres obiegu wynosi 1 rok, a średnia odległość od Słońca jest równa 1 j.a.

Do wzoru $\frac{T^2}{r^3} = \frac{T_Z^2}{r_Z^3}$ podstawiamy długość wielkiej półosi elipsy będącej orbitą komety:

$\frac{T^2}{(3{,}46\text{ j.a.})^3} = \frac{(1\text{ rok})^2}{(1\text{ j.a.})^3}$, skąd otrzymujemy $T \approx 6{,}4\text{ lat}$.

Zadanie 193.2.
Korzystając z rysunku, należy zauważyć, że odcinki o długościach *a*, *b*, *c* tworzą trójkąt prostokątny.
Korzystając z twierdzenia Pitagorasa $a^2 = b^2 + c^2$, należy obliczyć odległość *c*.
$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{3{,}46^2 - 2{,}66^2} \approx 2{,}21\text{ j.a.}$ i zaznaczyć położenie Słońca.

Korzystając ze wzoru $e = \frac{c}{a}$, należy obliczyć mimośród $e = \frac{2{,}21\text{ j.a.}}{3{,}46\text{ j.a.}} \approx 0{,}64$



Stwierdzenie: *kometa krąży po wydłużonej eliptycznej orbicie*, jest uzasadnione, ponieważ wartość mimośrodu orbity komety jest duża.

Zadanie 193.3.

1. Pierwsza prędkość kosmiczna, to prędkość satelity krążącego tuż przy powierzchni obieganego ciała niebieskiego. Jeżeli sonda krąży wokół komety na pewnej wysokości nad jej powierzchnią, to jej prędkość jest mniejsza od pierwszej prędkości kosmicznej dla komety, co wynika ze wzoru $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R+h}} < v_{\mathrm{I}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$.

2. Prędkość orbitalna $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ nie zależy od masy sondy, lecz od masy okrążanego ciała niebieskiego.

3. Wzór $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ dotyczy ściśle sytuacji, gdy satelita krąży wokół obiektu o symetrii sferycznej. Warunek ten nie jest dokładnie spełniony dla komety, której kształt przedstawiono na zdjęciach.

Zadanie 193.4.

Należy przyjąć założenie upraszczające, np.:

– przybliżenie do kształtu kuli,

– promień komety ok. 2 km (może być także inna zbliżona do 2 km wartość ustalona na podstawie zdjęć).

Przyjmując powyższe założenia, należy zastosować wzór $g = \frac{G \cdot M}{R^2}$ i obliczyć (oszacować) wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni komety.

$$g = \frac{G \cdot M}{R^2} \quad \left[\frac{\frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot \mathrm{kg}}{\mathrm{m^2}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}}{\mathrm{kg}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \right]$$

$$g = \frac{G \cdot M}{R^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 10 \cdot 10^{12}}{2000^2} \approx 1{,}7 \cdot 10^{-4}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni jest rzędu $10^{-4}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$

Zadanie 193.5.

Gdy ciału znajdującemu się na powierzchni komety zostanie nadana prędkość równa lub większa od drugiej prędkości kosmicznej, to ciało nie powróci już na powierzchnię komety. Drugą prędkość kosmiczną można obliczyć znając pierwszą prędkość kosmiczną, korzystając ze związku $v_{\mathrm{II}} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}} = \sqrt{2} \cdot v_I = \sqrt{2} \cdot 0{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 0{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Podskok na wysokość 20 cm na Ziemi wymaga uzyskania prędkości początkowej o wartości $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot 0{,}2\ \mathrm{m}} = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (zakładamy brak oporów powietrza).

Z obliczeń wynika, że $v > v_{\mathrm{II}}$, a to oznacza, że osoba wykonująca taki skok na powierzchni komety nie powróci już na powierzchnię tej komety.

Zadanie 194.1.

W tekście możesz znaleźć informację, iż odległość galaktyki od Ziemi wynosi 12 mln lat świetlnych. Zatem zadanie polega na wyrażeniu lat świetlnych w jednostkach astronomicznych.
Rok świetlny jest odległością przebywaną w próżni przez światło w ciągu 1 roku z prędkością $3\cdot 10^8$m/s.
1 rok świetlny = $3\cdot 10^8\cdot 365\cdot 24\cdot 3600 = 94608\cdot 10^{11}$ m.
Obliczamy odległość galaktyki od Ziemi w metrach:
12 mln lat świetlnych = $12\cdot 94608\cdot 10^{11} = 1{,}135\cdot 10^{23}$ m
1 jednostka astronomiczna jest to średnia odległość Ziemi od Słońca.
1 jednostka astronomiczna (1 AU) = 150 mln km = $15\cdot 10^{10}$ m
Aby obliczyć odległość w jednostkach astronomicznych, należy skorzystać z proporcji prostej:
1 AU – $15\cdot 10^{10}$ m
$\underline{x \text{ AU} – 1{,}135\cdot 10^{23} \text{ m}}$
$x = \frac{1{,}135\cdot 10^{23}}{15\cdot 10^{10}} = 7{,}6\cdot 10^{11}$ AU

Zadanie 194.2.

1. Nukleosynteza dotyczy gwiazd ciągu głównego (gwiazd młodych), a białe karły są zwykle jednym z końcowych etapów życia gwiazdy o masie porównywalnej z masą Słońca. W tekście fragment: *Ten niezwykły typ wybuchającej gwiazdy powstaje podczas detonacji białego karła* wskazuje na białe karły.
2. Po analizie fragmentu tekstu: *Do obserwacji nowego obiektu dołączyli liczni amatorzy, jest on bowiem widoczny nawet w niewielkich teleskopach*, stwierdzamy, że do obserwacji wystarczy niewielki, amatorski teleskop. Teleskop Hubble'a jest kosmicznym teleskopem umieszczonym na orbicie okołoziemskiej.
3. Należy zauważyć, że metoda paralaksy geocentrycznej w istocie polega na wyznaczaniu odległości do bliskich ciał niebieskich, np. planet, ponieważ dla dalszych obiektów niemożliwe jest wyznaczenie kąta paralaksy geocentrycznej.
4. W starożytności oprócz tzw. *gwiazd stałych*, które na firmamencie niebieskim tworzyły niezmieniające się konstelacje (gwiazdozbiory), wyróżniano również tzw. *gwiazdy błądzące*, przemieszczające się w różny sposób względem gwiazd stałych. Oprócz Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna zaliczano do gwiazd błądzących również Słońce i Księżyc.
Obecnie wiadomo, że gwiazdy stałe to gwiazdy w dzisiejszym tego słowa znaczeniu. Księżyc jest naturalnym satelitą Ziemi, który zmienia położenie względem gwiazd, ponieważ krąży wokół Ziemi. Pozostałe gwiazdy błądzące nazywamy dzisiaj planetami (od greckiego słowa *planao*, czyli błądzę), łącznie z później odkrytymi: Uranem i Neptunem.

Zadanie 195.1.

Korzystając z III prawa Keplera, ponieważ $M_{\text{Keplera 186}} \approx M_{\text{Sł.}}$ możemy zapisać: $\frac{T_z^2}{a_Z^3} = \frac{T_P^2}{a_P^3}$.
Po podstawieniu otrzymujemy:
$$\frac{T_z^2}{a_Z^3} = \frac{T_P^2}{\left(\frac{1}{27}a_Z\right)^3}$$
$$T_p^2 = \frac{1}{27}\,T_Z^2$$
T_P = 0,19 roku ziemskiego.

Zadanie 195.2.

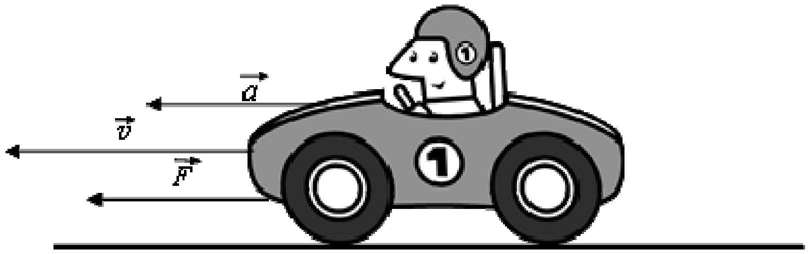
W tekście znajdujemy informację, że układ znajduje się w odległości ok. 500 lat świetlnych od Ziemi. Przeliczamy jednostki pamiętając, że 1 rok świetlny to odległość, jaką światło pokonuje w czasie 1 roku ziemskiego: 1 rok świetlny = $9{,}46 \cdot 10^{15}$ m,
zatem 500 lat świetlnych to $500 \cdot 9{,}46 \cdot 10^{15}$ m = $4730 \cdot 10^{15}$ m = $4{,}73 \cdot 10^{15}$ km ≈ $5 \cdot 10^{15}$ km.

3. Odpowiedzi

Zadanie 2.1.
D

Zadanie 2.2.
s = 2,5 m

Zadanie 2.3.



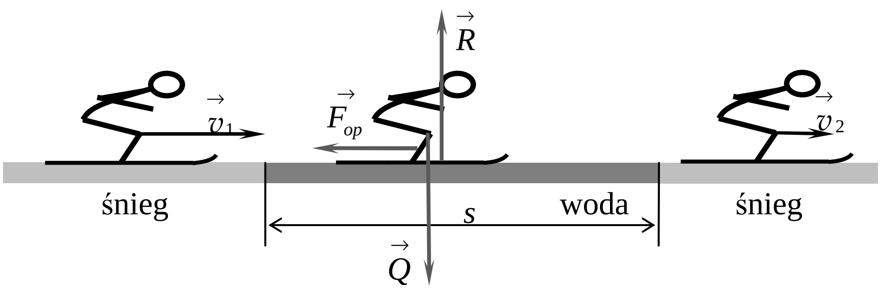
Zadanie 3.1.
D

Zadanie 3.2.
1. P
2. P
3. F

Zadanie 4.
B

Zadanie 5.
1. C

Zadanie 6.1.



Zadanie 6.2.
Wartość siły oporu ruchu wynosi F_h = 405 N.

Zadanie 7.

$v_0 = 144\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ (wartość prędkości pociągu, w którym jechał obserwator)

$v_1 = 54\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ (wartość prędkości mijanego pociągu).

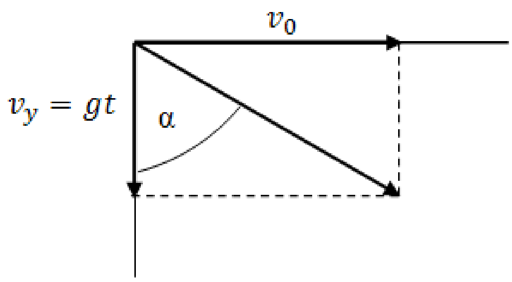
Zadanie 8.

$a = 0{,}25 \cdot g \approx 2{,}45\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Zadanie 9.1.

$v_0 = 5{,}66\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 9.2.



$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{v_0}{gt} \Rightarrow\ g \cdot t \cdot \mathrm{tg}\,\alpha = v_0$

$t = \frac{v_0}{g \cdot \mathrm{tg}\,\alpha} \qquad \left[\frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}} = \mathrm{s}\right]$

$t = \frac{5{,}66}{10 \cdot 1{,}732} = 0{,}327\ \mathrm{s}$

$t \approx \frac{1}{3}\mathrm{s}$

Zadanie 9.3.

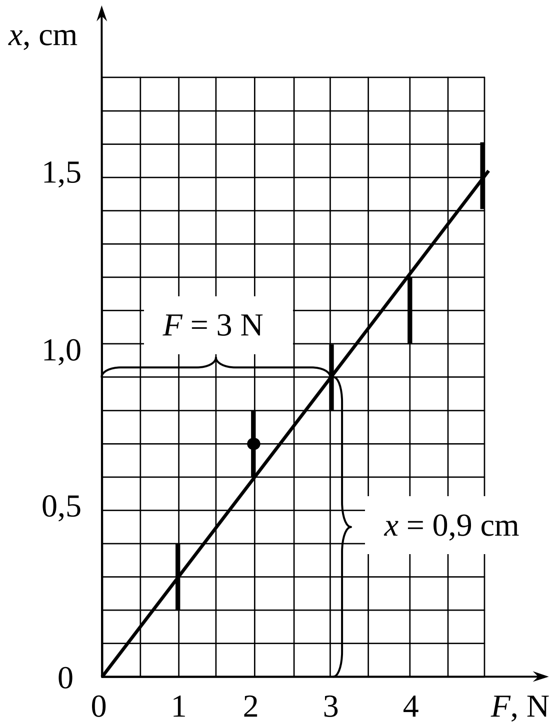
$v_w = 6{,}54\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 10.1.

Wartość prędkości początkowej: $v = 7{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 10.2.

Wykres zależności rozciągnięcia gumy od ciężaru kulek.



Współczynnik sprężystości gumy $k = 333\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Zadanie 10.3.

Rozciągnięcie procy wynosi $x = 12{,}9 \cdot 10^{-2}$ m.

Zadanie 11.1.

1. F
2. F
3. P

Zadanie 11.2.

$\Delta t_c \approx 2{,}6$ s

Zadanie 11.3.

Straty energii wynosiły ok. 43% i były większe od strat energii określonych na podstawie przedstawionego zdjęcia.

Zadanie 12.1.

$f = 0{,}028$

Zadanie 12.2.

energii mechanicznej, pędu

Zadanie 12.3.

Zgodnie z zasadą zachowania energii całkowita energia początkowa kamienia została zamieniona w przypadku dłuższej drogi na pracę przeciwko sile tarcia. W drugim przypadku (krótszej drogi) ta sama energia początkowa zamieniona została na energię kinetyczną ruchu obrotowego oraz pracę przeciwko sile tarcia.

Zadanie 13.1.

$v_0 = 14{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zadanie 13.2.

$v = 12{,}8\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zadanie 13.3.

1. P
2. F
3. F

Zadanie 14.

2. D

Zadanie 15.

1. B

Zadanie 16.

1. C

Zadanie 17.1.

$a = 7{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Zadanie 17.2.

1. F
2. F
3. P

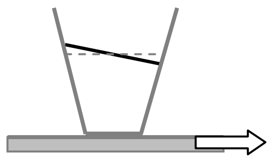
Zadanie 18.

$s = 100\ \text{m}$

Zadanie 19.1.

Czas przejazdu 5. wagonu wynosi $t = 2{,}4\ \text{s}$.

Zadanie 19.2.



zwrot przyspieszenia pociągu

Zadanie 19.3.

Wartość maksymalnego przyspieszenia wagonu wynosi $a = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 20.1.
$I = 140{,}32\ \mathrm{kg \cdot m^2}$

Zadanie 20.2.
$v = 19{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 20.3.
$z = 19{,}3\ \mathrm{m}$

Zadanie 20.4.
2. A

Zadanie 21.1.
$M \approx 0{,}08\ \mathrm{N \cdot m}$

Zadanie 21.2.
$x = \frac{h}{2}$

Zadanie 22.
3. C

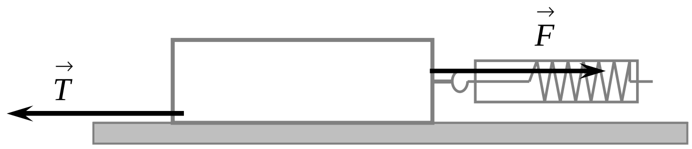
Zadanie 23.1.
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}} = 2\pi\sqrt{\frac{m \cdot l^2}{m \cdot g \cdot l}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Zadanie 23.2.
B

Zadanie 23.3.
$$l = \frac{3T^2 \cdot g}{8\pi^2} \approx 0{,}373\ \mathrm{m}$$

Zadanie 23.4.
2. B

Zadanie 24.1.
A.

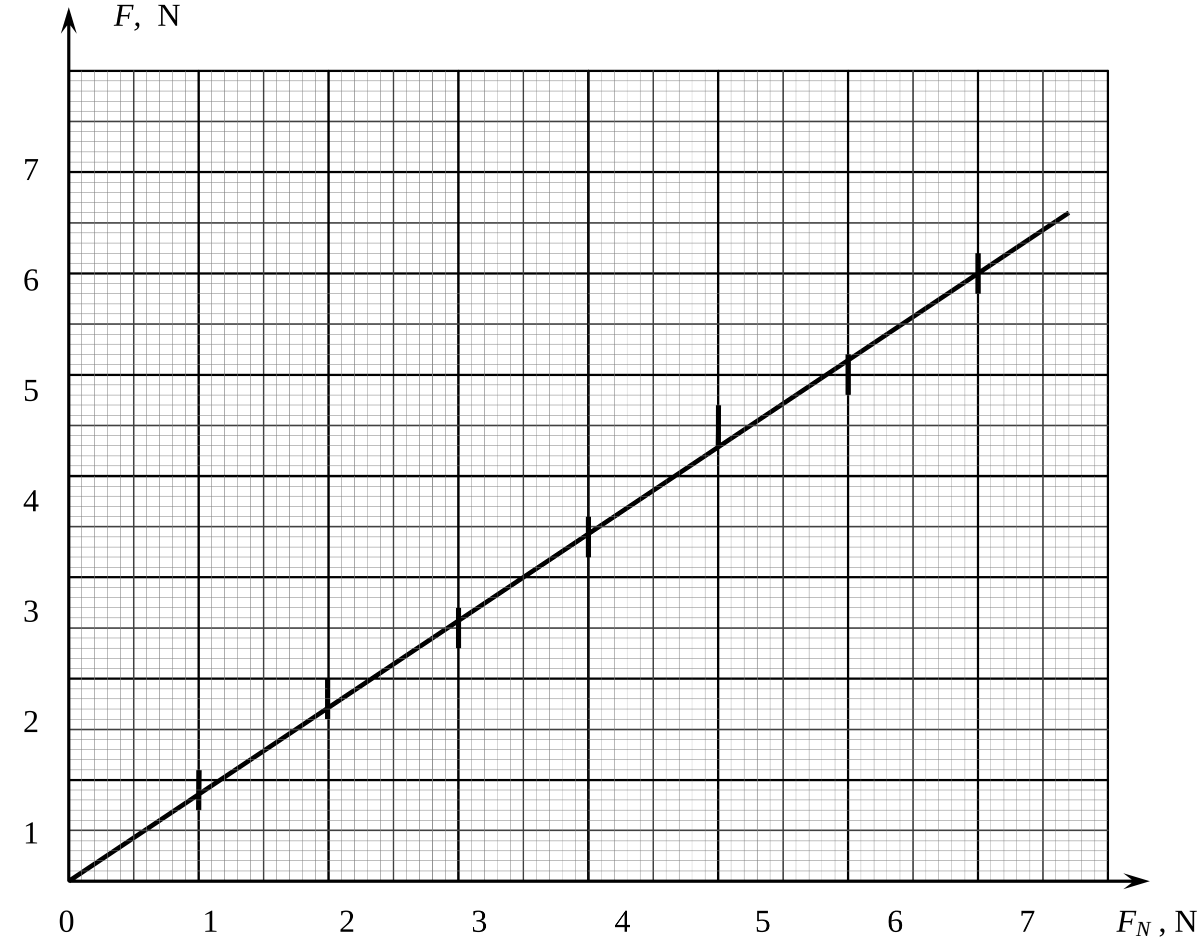


B. Siły działające na klocek mają te same wartości.

Zadanie 24.2.
$W = 0{,}9\ \mathrm{J}$ Wykonana praca jest zużywana na pokonanie tarcia, a nie na przyrost energii kinetycznej klocka.

Zadanie 24.3.

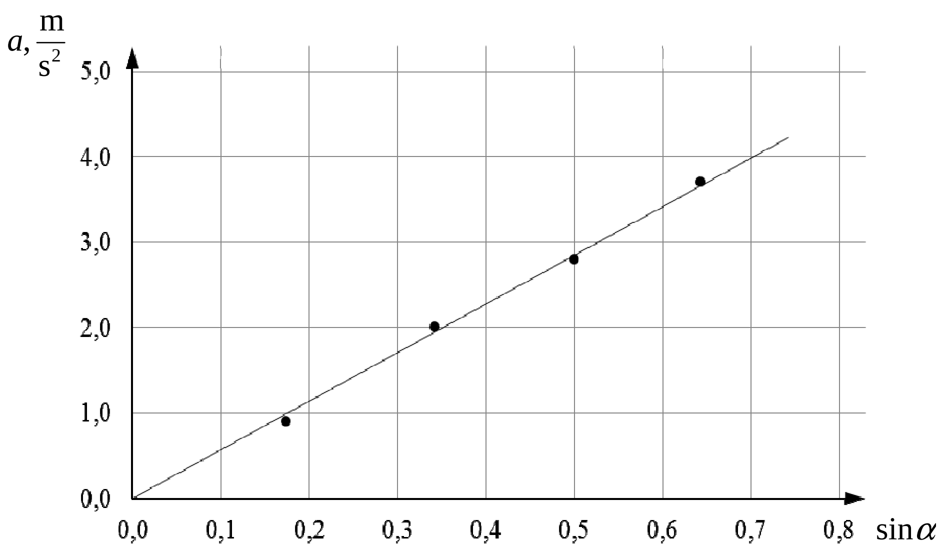
A.



B. Współczynnik tarcia: $f = 0{,}85$.

Zadanie 25.

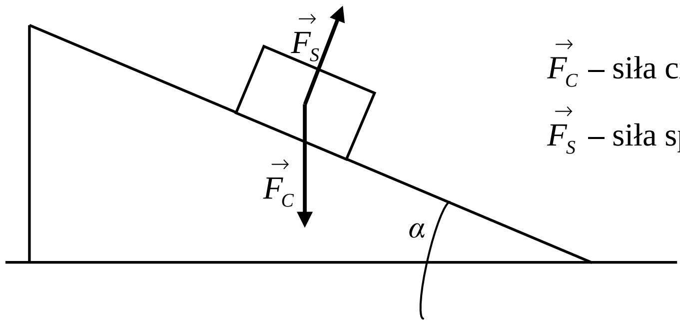
A.



B. $k = \frac{g}{A} - 1 = \frac{9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{5{,}7\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 1 \approx 0{,}72$

Walec był wydrążony.

Zadanie 26.1.



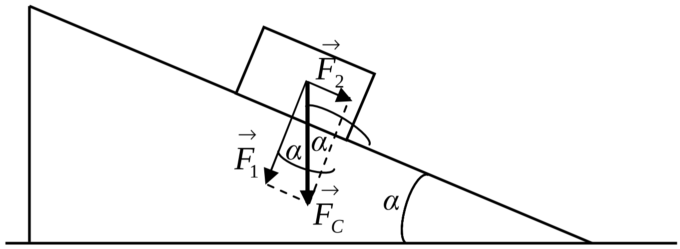
$\vec{F}_C$ – siła ciężkości

$\vec{F}_S$ – siła sprężystości

Zadanie 26.2.

Siłą powodującą ruch przyspieszony wózka jest siła $\vec{F}_2$ (rysunek), której wartość opisuje równanie $F_2 = F_C . \sin\alpha = m \cdot g \cdot \sin\alpha$.

Ponieważ siła $\vec{F}_2$ jest siłą wprowadzającą wózek w ruch i nadającą mu przyspieszenie a, jej wartość można przedstawić również w postaci $F_2 = m \cdot a$, czyli $m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin\alpha$, zatem $a = g \cdot \sin\alpha$



Zgodnie z założeniem w treści zadania sin $\alpha \approx$ tg α, zatem $\sin\alpha \approx \frac{h}{l}$. Po wstawieniu tej zależności do równania $a = g \cdot \sin\alpha$, otrzymamy $a = g \cdot \frac{h}{l}$, skąd po przekształceniu: $g = a \cdot \frac{l}{h}$.

Zadanie 26.3.

$g_{śr} = 9{,}6\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Zadanie 26.4.

Na wózek działa siła oporu proporcjonalna do jego prędkości. Wraz ze wzrostem długości toru siła oporu ma coraz większą wartość, powodując zmniejszenie średniej wartości przyspieszenia ruchu wózka.

Zadanie 26.5.

2. A

Zadanie 27.1.
Wieszak pozostanie w równowadze (przyjmując pozycję poziomą), jeśli momenty sił działających na wieszak zrównoważą się. Zatem moment siły, z jakim na wieszak działa ciężarek, jest równy momentowi siły, z jakim na wieszak działa słonik.
Wartości momentów sił dla ciężarka i słonika jest równy iloczynowi ich siły ciężkości i długości ramion działania tych sił, czyli: $m_c \cdot g \cdot r_c = m_s \cdot g \cdot r_s$, skąd po przekształceniu:

$$m_s = \frac{m_c \cdot r_c}{r_s} \qquad \left[\frac{\mathrm{g} \cdot \mathrm{cm}}{\mathrm{cm}} = \mathrm{g}\right] \qquad m_s = \frac{50 \cdot 13}{18} \approx 36\,\mathrm{g}.$$

Zadanie 27.2.
Po zanurzeniu słonika w wodzie (oprócz siły ciężkości) będzie działać również na niego, skierowana pionowo do góry siła wyporu wody.
Warunek równowagi momentów sił ma w tej sytuacji postać:
$m_c \cdot g(r_c - \Delta r) = r_s(m_s \cdot g - \rho_w \cdot g \cdot V)$, gdzie Δr =1,5 cm.
Z równania tego można wyznaczyć objętość słonika:

$$V = \frac{r_s \cdot m_s - m_c(r_c - \Delta r)}{\rho_w \cdot r_s} \qquad \left[\frac{\mathrm{cm} \cdot \mathrm{g}}{\mathrm{cm} \cdot \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}} = \mathrm{cm}^3\right]$$

$$V = \frac{18 \cdot 36 - 15 \cdot (13 - 1{,}5)}{18 \cdot 1} \approx 4{,}1\,\mathrm{cm}^3.$$

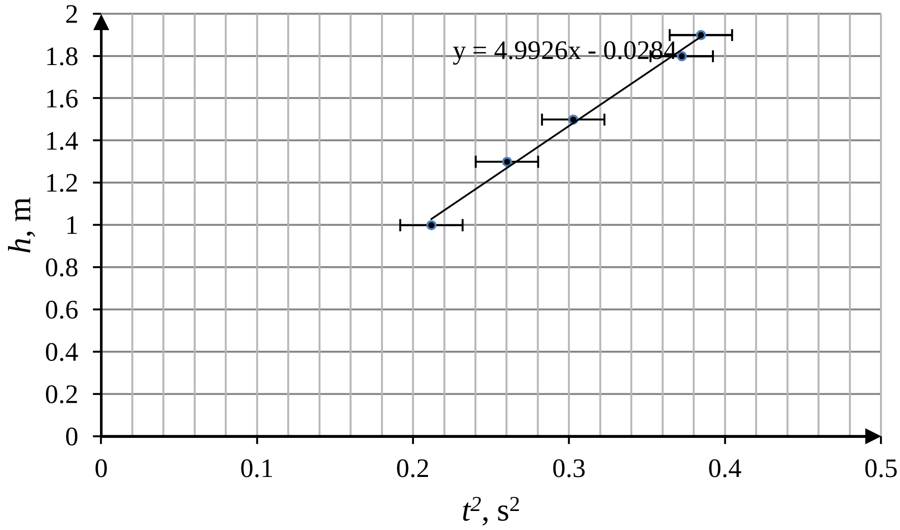
Zadanie 27.3.

$$x = \frac{V_1}{V} \approx 0{,}93$$

Zadanie 27.4.
1. C

Zadanie 27.5.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 28.1.
1. Obliczenie średnich czasów.
2. Obliczenie kwadratów średnich czasów.
3. Opis i wyskalowanie osi.
4. Naniesienie punktów pomiarowych.
5. Naniesienie niepewności pomiarowych
6. Wykreślenie prostej najlepszego dopasowania.



Zadanie 28.2.

1. Odczytanie i zapisanie odpowiedniej pary danych z wykresu.
2. Obliczenie wartości przyspieszenia ziemskiego, jako podwojonego tangensa kąta nachylenia prostej do osi t^2.

$g \approx 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Zadanie 28.3.

Podanie dwóch przyczyn spośród wymienionych poniżej.

1. Nieuwzględnienie oporów powietrza.
2. Niedokładność narysowania prostej na wykresie.
3. Zbyt mała liczba pomiarów czasów spadania kropel.

Zadanie 28.4.

Podanie nazwy doświadczenia np. z użyciem wahadła matematycznego oraz zaproponowanie tabeli:

Lp.	$5T$	T
1.		
2.		

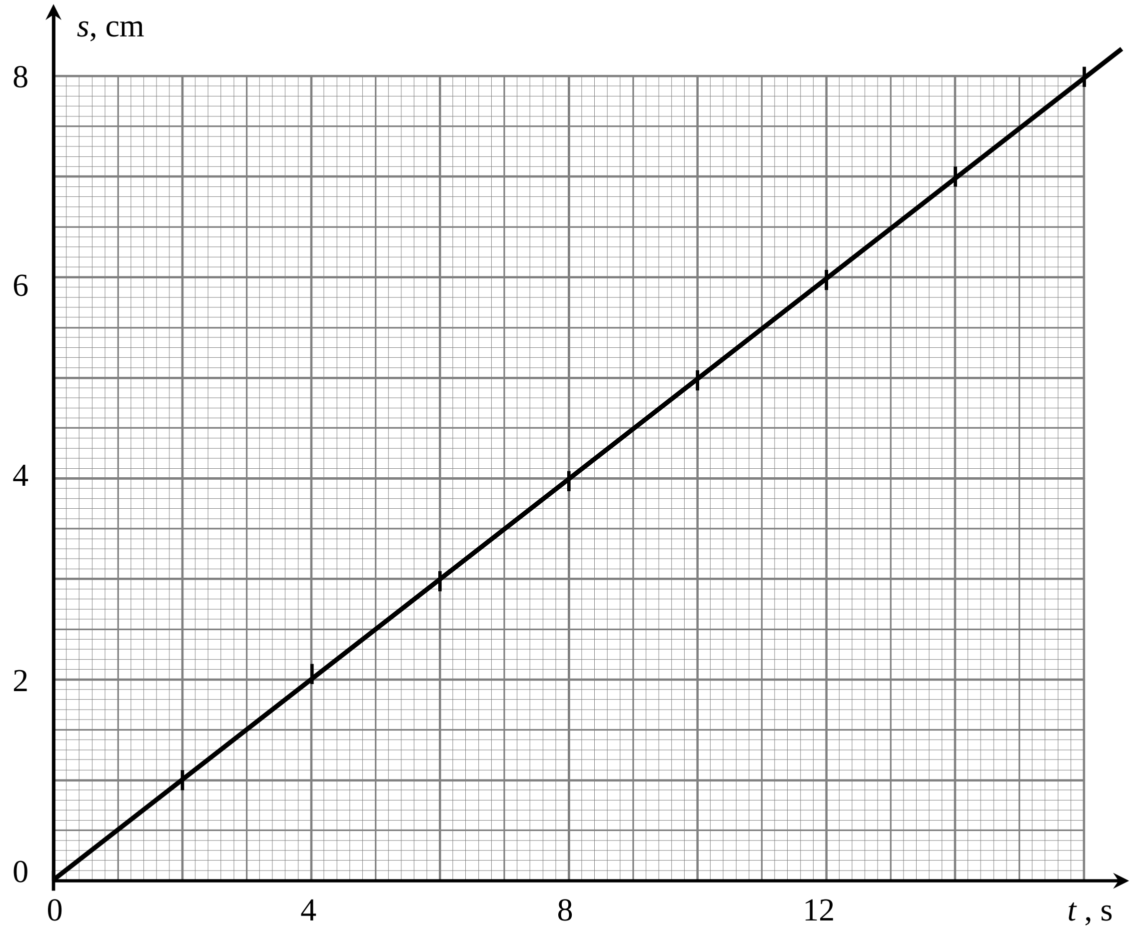
Podanie kolejności wykonywanych czynności.

1. Wykonanie (przygotowanie) wahadła matematycznego.
2. Pomiar jego długości.
3. Wprowadzenie w drgania wahadła.
4. Pomiar wielokrotnego okresu drgań wahadła.

Zadanie 29.1.

1. F
2. P
3. P

Zadanie 29.2.



Wartość prędkości: $v = 0{,}5\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Zadanie 29.3.

Wartość przyspieszenia: $a = 5{,}00 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 29.4.

Wartość prędkości średniej pojazdu wynosi: $v = 1{,}4\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Zadanie 30.1.
1. P
2. P
3. F

Zadanie 30.2.
A

Zadanie 30.3.
3. C

Zadanie 30.4.

Etap ruchu	Rodzaj ruchu	Charakter ruchu
I	przyspieszony	niejednostajnie zmienny
II	przyspieszony	jednostajnie zmienny
III	przyspieszony	niejednostajnie zmienny
IV	opóźniony	niejednostajnie zmienny
V	opóźniony	niejednostajnie zmienny

Zadanie 31.1.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 31.2.
Siłę tarcia przedstawia równanie:
(1) $F_T = N \cdot \mu$.
Siłą nacisku jest siła odśrodkowa działająca na ciężarek poruszający się po okręgu:
(2) $N = \frac{m \cdot v^2}{r}$.
Wartość prędkości liniowej w ruchu po okręgu:
(3) $v = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot f$
Wstawiając równanie (3) do (2) i dalej (2) do (1) oraz dokonując odpowiednich uproszczeń, otrzymamy:
$F_\mathrm{T} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r \cdot m \cdot \mu$.

Zadanie 31.3.
D

Zadanie 31.4.
Błędne stwierdzenia to:
– prędkość poruszania się opuszczanego ciężaru jest zależna od długości liny,
– prędkość poruszania się opuszczanego ciężaru jest zależna od siły naciągu liny.

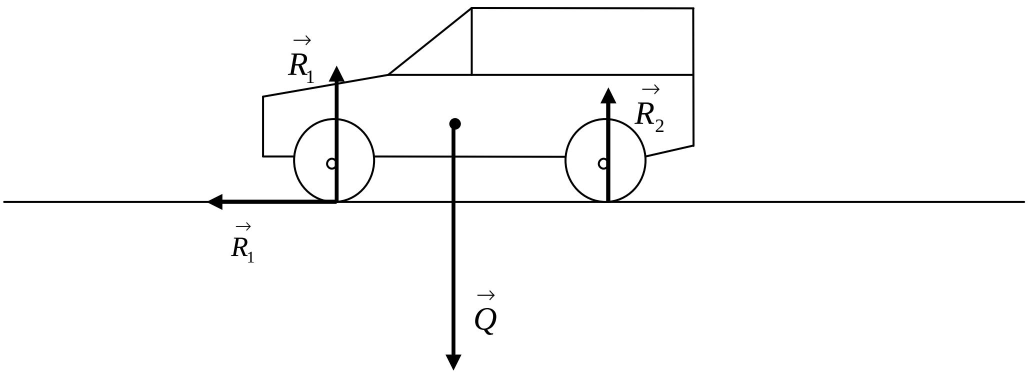
Zadanie 32.1.
$T \approx 3{,}4$ lat

Zadanie 32.2.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 32.3.
2. C

Zadanie 32.4.
$v_I = 413 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 33.1.



Zadanie 33.2.
3. C

Zadanie 33.3.
$R_1 \approx 6286\,\mathrm{N}$

Zadanie 33.4.
1. P
2. P
3. F

Zadanie 34.1.
1. równy zeru
2. lewej stronie
3. drgań/wahnięć

Zadanie 34.2.
$x = 13$ cm

Zadanie 34.3.
A

Zadanie 35.1.
$\Delta E_k \approx 12$ MJ

Zadanie 35.2.
Należy zmienić kształt koła zamachowego tak, by było cieńsze w środku, a grubsze przy obwodzie. Spowoduje to wzrost jego momentu bezwładności, a tym samym zgromadzonej w nim energii.

Zadanie 35.3.

1	→	A	→	2	→	B	→	1	→	A	→	3
Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii		Urządzenie		Rodzaj energii

Zadanie 36.1.

$[\mathrm{D}] = \left[\dfrac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right]$ lub $[\mathrm{D}] = \left[\dfrac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{rad}}\right]$

Zadanie 36.2.

	Wahadło sprężynowe	Wahadło torsyjne
Przyczyna powodująca ruch	$F = -k\cdot x$	$M = -D\cdot\alpha$
Wychylenie	$x = \mathrm{A}\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t+\varphi\right)$	$\alpha = \alpha_{max}\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t+\varphi\right)$
Okres drgań	$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{D}}$
Energia potencjalna	$E_p = 0{,}5\,k\cdot x^2$	$E_p = 0{,}5\,D\cdot\alpha^2$

Zadanie 36.3.
2. D

Zadanie 36.4.
1. P
2. P
3. F
4. F

Zadanie 37.1.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 37.2.
Gdy maleje gęstość cieczy, w której pływa kula, to maleje wartość siły wyporu działającej na tę kulę. Wartość ciężaru kuli nie zmienia się, bo nie zmieniła się masa kuli.

Zadanie 37.3.
Wykonana praca jest równa zmianie energii kinetycznej ruchu obrotowego krążka i wynosi $W = 35{,}1$ kJ.

Zadanie 37.4.
Szybkość przepływu ciepła: $\dfrac{Q}{t} = 640\,\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 39.2.
2. B

Zadanie 40.1.
D

Zadanie 40.2.
Ponieważ gwóźdź wbija się w puszkę (zderzenie jest niesprężyste), w zderzeniu tym spełniona jest jedynie zasada zachowania pędu, zatem pęd gwoździa przed zderzeniem jest równy pędowi puszki i gwoździa po zderzeniu, czyli: $m \cdot v_0 = u \cdot (M + m)$, skąd można wyznaczyć prędkość puszki z wbitym gwoździem: $u = \frac{m \cdot v_0}{M + m}$.
Energię kinetyczną puszki z wbitym gwoździem można przedstawić w postaci:
$E_k = \frac{(M + m) \cdot u^2}{2}$, skąd po wstawieniu równania: $u = \frac{m \cdot v_0}{M + m}$ i dokonaniu przekształceń otrzymamy: $E_k = \frac{m^2 \cdot v_0^2}{2 \cdot (M + m)}$.
Na poruszającą się po podłożu puszkę działa siła tarcia $T = \mu \cdot m \cdot g$, która wykonuje pracę na drodze s, powodując zmniejszenie prędkości, a zatem również energii kinetycznej puszki aż do 0. Wartość pracy siły tarcia możemy przedstawić jako: $W = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$.
Porównując pracę siły tarcia z energią kinetyczną, możemy wyznaczyć prędkość gwoździa:
$v_0 = \frac{M+m}{m}\sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot s}$.

Zadanie 41.
3. A

Zadanie 42.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 43.
2. D

Zadanie 44.1.
Pocisk grzęznący w worku wahadła balistycznego ulega zderzeniu niesprężystemu. Podczas tego zderzenia spełniona jest zasada zachowania pędu, ale nie jest spełniona zasada zachowania energii mechanicznej. Część energii kinetycznej pocisku ulega w trakcie zderzenia zamianie w inne formy energii, np. w energię wewnętrzną (ciepło), pracę.
Dlatego wartość prędkości wahadła z wbitym pociskiem obliczysz, stosując zasadę zachowania pędu.
Układ tworzą dwa ciała: pocisk i wahadło. Pęd układu przed zderzeniem jest równy:
$p_0 = m_p \cdot v_p$.
Pęd układu po zderzeniu jest równy: $p_k = \left(m_p + m_w\right) \cdot v_1$.
Zgodnie z zasadą zachowania pędu $p_0 = p_k$, czyli: $m_p \cdot v_p = \left(m_p + m_w\right) \cdot v_1$,
zatem: $v_1 = \frac{m_p v_p}{m_w + m_p} = 9{,}9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 44.2.
$v_{p_{min}} = 714{,}18\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 44.3.
$F_N \approx 193\ \mathrm{N}$

Zadanie 45.1.

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 25$$

Zadanie 45.2.

1. P
2. F
3. P
4. F

Zadanie 46.1.

Wartość prędkości śrutu w momencie dotarcia do klocka wynosi $v = 155\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 46.2.

$$k = \frac{E_k - E_p}{E_k} = 0{,}99$$

Zadanie 47.1.

$M = 700$ g

Zadanie 47.2.

B

Zadanie 47.3

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{8}{7}$$

Zadanie 48.1.

$F_{op} = 240\ \mathrm{N}$

Zadanie 48.2.

$$v = 11{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

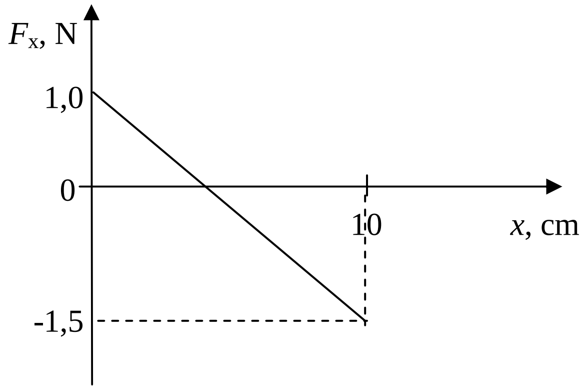
Zadanie 48.3.

Odcinek trasy	A–B	B–D
Energia kinetyczna	rośnie	maleje
Energia potencjalna	maleje	rośnie
Energia mechaniczna	maleje	maleje

Zadanie 49.1.

$x = 4$ cm

Zadanie 49.2.



Zadanie 49.3.
Po przebyciu drogi 12 cm klocek zatrzyma się i pozostanie w spoczynku, ponieważ siła tarcia statycznego będzie równoważyć siłę sprężystości.

Zadanie 49.4.
1. B

Zadanie 50.
$v_2 \approx 10^{-3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 51.1.
Należy posłużyć się II zasadą dynamiki dla ruchu obrotowego w postaci uogólnionej: $\frac{\Delta J}{\Delta t} = M$.
Jeżeli moment pędu planety jest zachowany, to znaczy, że zmiana momentu pędu $\Delta J = 0$.
Warunek ten zostanie spełniony, gdy wypadkowy moment sił działających na planetę również jest równy $M = 0$. Jedyną siłą działającą na planetę, jest siła grawitacji gwiazdy.
Należy zauważyć, że siła ta jest siłą centralną, czyli $\vec{R} \parallel \vec{F}$ i $\sin\measuredangle\left(\vec{R},\vec{F}\right) = 0$.
Z tego wynika, że: $M = F \cdot R \cdot \sin\measuredangle\left(\vec{R},\vec{F}\right) = F \cdot R \cdot 0 = 0$,
następnie: $\frac{\Delta J}{\Delta t} = 0 \ \Rightarrow \Delta J = 0 \ \Rightarrow J = const.$

Zadanie 51.2.
$v_a = 0{,}26\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$

Zadanie 5.3.
Oba łuki mają tę samą długość, ale punkty łuku BCD znajdują się dalej od Słońca niż łuku DAB i planeta porusza się po nim wolniej, dlatego jego pokonanie wymaga dłuższego czasu.

Zadanie 52.1.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 52.2.
C

Zadanie 52.3.
Energia świetlna – energia cieplna – energia świetlna – energia elektryczna.

Zadanie 54.1.
$q_3 = 1\ \mu\text{C}$

Zadanie 54.2.
3. B

Zadanie 55.
$\Delta E = 5{,}38 \cdot 10^{-12}\ \text{J}$

Zadanie 56.
C

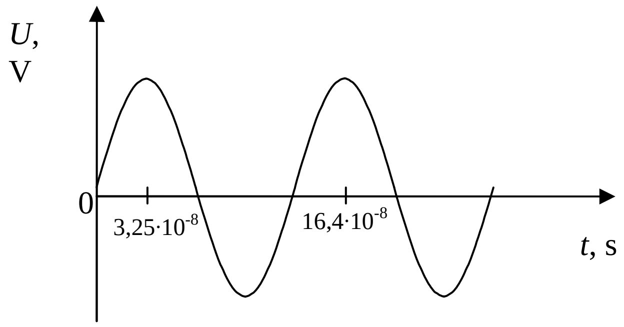
Zadanie 57.1.
3. B

Zadanie 57.2.
2. B

Zadanie 58.
Proton.

Zadanie 59.1.
$v = 7{,}58 \cdot 10^{7}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zadanie 59.2.



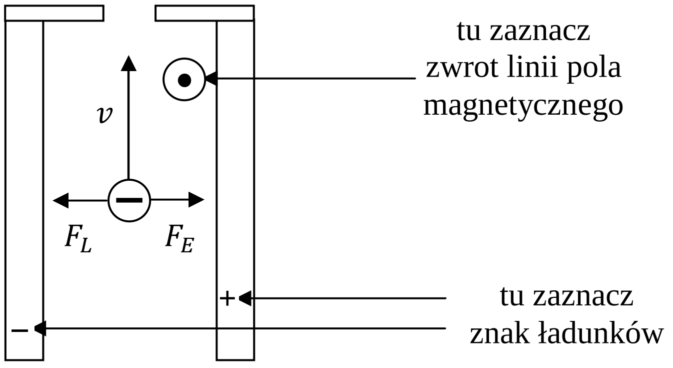
Zadanie 60.1.
1. F
2. P
3. P

Zadanie 60.2.
$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d - x}$$

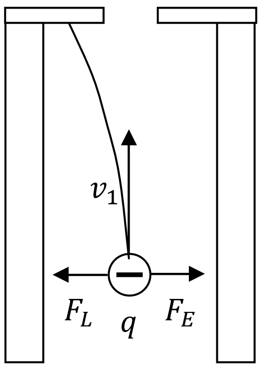
Zadanie 61.1.
$W = 0{,}097\ \text{J} \approx 0{,}1\ \text{J}$

Zadanie 61.2.
1. F
2. F
3. P

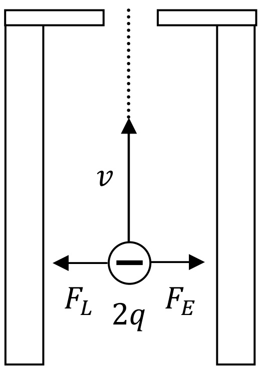
Zadanie 62.1.



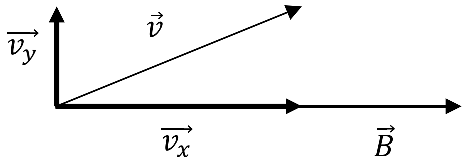
Zadanie 62.2.



Zadanie 62.3.
Jon o ładunku $2q$ pokona selektor bez zmiany kierunku, ponieważ siły równoważą się bez względu na wartość ładunku.
$2q \cdot E = 2q \cdot v \cdot B \Rightarrow F_E = F_L$
lub
Jak wynika z analizy przedstawionej w treści artykułu:
$F_E = F_L \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow v = \frac{E}{B}$.
Jon przejdzie przez selektor bez względu na posiadaną wartość ładunku.

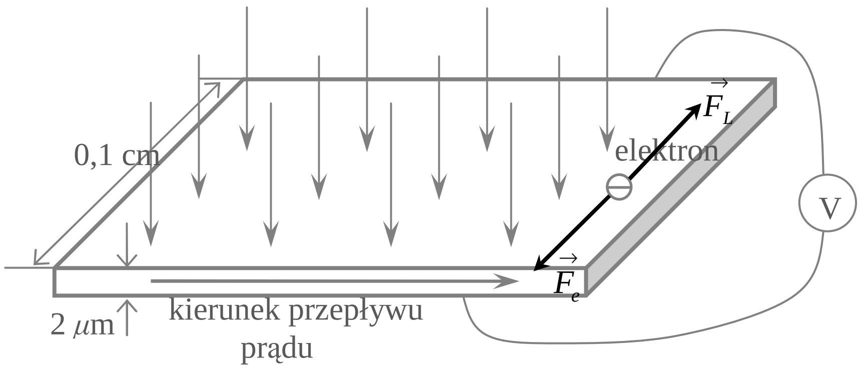


Zadanie 62.4.
C



Rozpatrzmy osobno ruch jonu wzdłuż linii pola magnetycznego i prostopadle do niego. Zauważamy, że wzdłuż linii pola jon porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością o wartości v_x, ponieważ nie działa na niego żadna siła w tym kierunku
$F_\mathrm{L} = q \cdot v_\mathrm{x} \cdot B_1 \cdot \sin 0° = 0$ N.
Prostopadle do linii pola jon porusza się z prędkością v_y, siła Lorentza spełnia rolę siły dośrodkowej, a jon porusza się ruchem jednostajnym po okręgu. Złożenie obu tych ruchów daje ruch jonu po linii śrubowej.

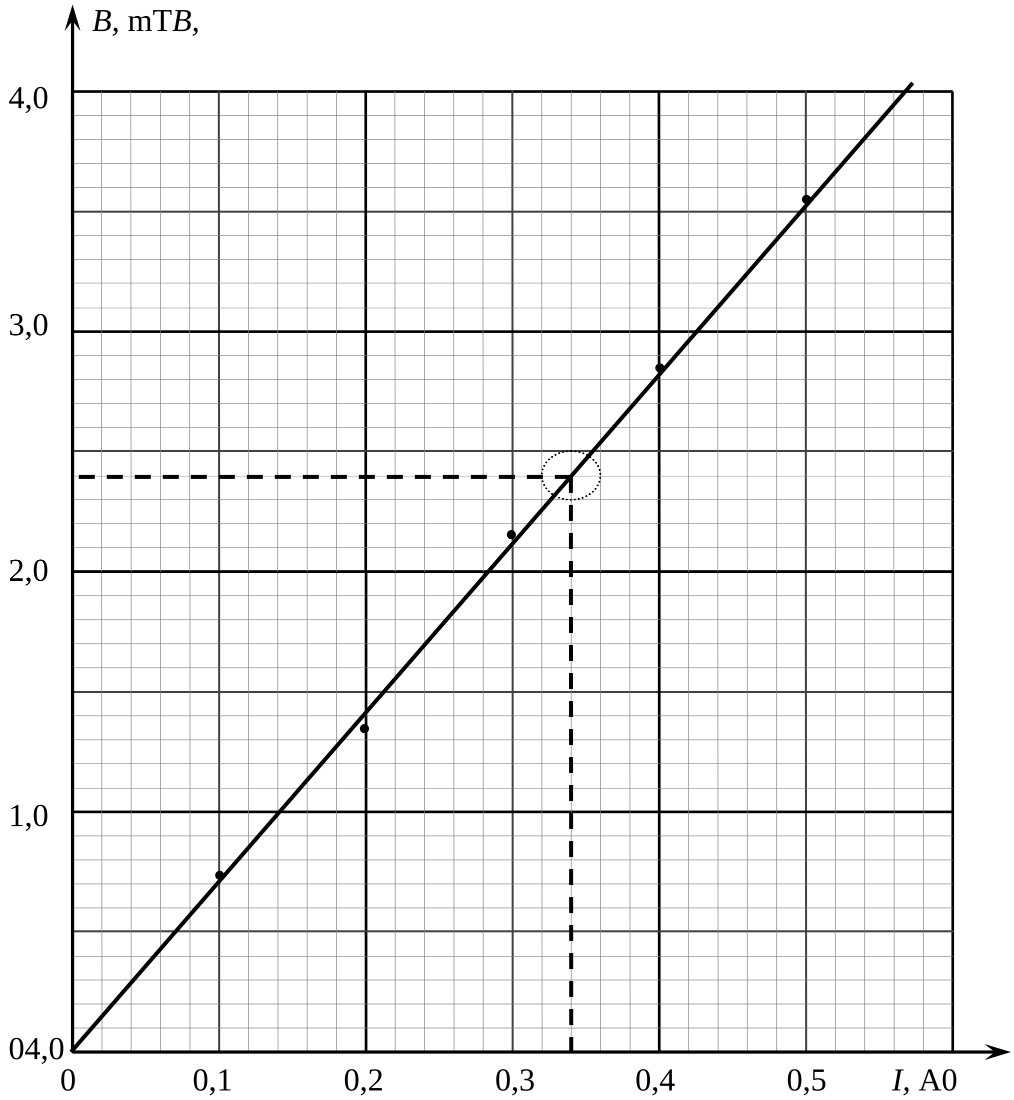
Zadanie 63.1.



Zadanie 63.2.
Czułość woltomierza powinna być rzędu 10^{-8} V.

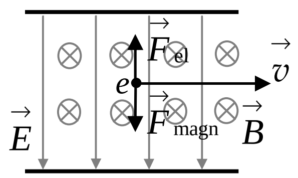
Zadanie 63.3.
Pole magnetyczne pochodzące od Ziemi.

Zadanie 63.4.



Liczba zwojów zwojnicy: 281.

Zadanie 64.1.



Zadanie 64.2.
Czas, w którym elektron przemierza obszar między okładkami kondensatora, jest równy:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{l}{\frac{E}{B}} = \frac{l \cdot B}{E}$$

(składowa prędkości elektronu równoległa do okładek jest stała i wynosi $v = \frac{E}{B}$, co napisano w tekście do zadania).

Przyspieszenie elektronu w kierunku równoległym do linii pola elektrycznego jest równe:

$a = \frac{e \cdot E}{m}$.

Odchylenie wiązki elektronów d jest równe drodze w ruchu jednostajnie przyspieszonym z prędkością początkową równą zeru w czasie, w którym elektron przemierza obszar między okładkami: $d = \frac{a \cdot t^2}{2}$.

Podstawiając do tego wzoru zapisane wcześniej wyrażenia na t oraz a, otrzymujemy:

$$d = \frac{\frac{e \cdot E}{m} \cdot \frac{l^2 \cdot B^2}{E^2}}{2} = \frac{e \cdot l^2 \cdot B^2}{2m \cdot E},$$

co po przekształceniu przyjmuje postać: $\frac{e}{m} = \frac{2E \cdot d}{B^2 \cdot l^2}$.

Zadanie 64.3.
beta, fotoelektrycznemu

Zadanie 64.4.
B

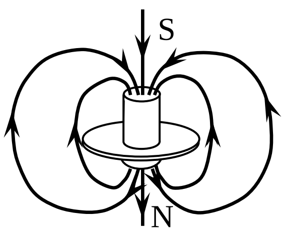
Zadanie 65.1.
10^{10} T -10^{11} T

Zadanie 65.2.
$g = 26{,}68 \cdot 10^{11} \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$

Zadanie 65.3.
$\frac{\rho}{\rho_{\mathrm{j}}} = 1{,}23$

Zadanie 65.4.
1. F
2. F
3. F

Zadanie 66.1.



Zadanie 66.2.
3. A

Zadanie 66.3.
Nieruchomy lewitron znajduje się w stanie równowagi nietrwałej.

Podczas obracania się lewitronu stały pozostaje moment pędu, a jego zmiana wymaga działania momentu sił obracającego lewitron, więc przez jakiś czas może on lewitować w polu magnetycznym.

Zadanie 66.4.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 67.1.
3. B

Zadanie 67.2.
A

Zadanie 67.3.
A

Zadanie 67.4.
1. P
2. P
3. P

Zadanie 67.5.
1. A

Zadanie 69.
Q = 1995,8 cal
Błąd względny wynosi 0,003, czyli 0,3%.

Zadanie 70.
D

Zadanie 71.
B

Zadanie 72.
Ciśnienie wywierane na podłoże przez osobnika dorosłego p_D jest 4 razy większe niż ciśnienie wywierane przez osobnika młodego p_M.

Zadanie 73.1.
$p_0 \approx 15{,}95$ MPa

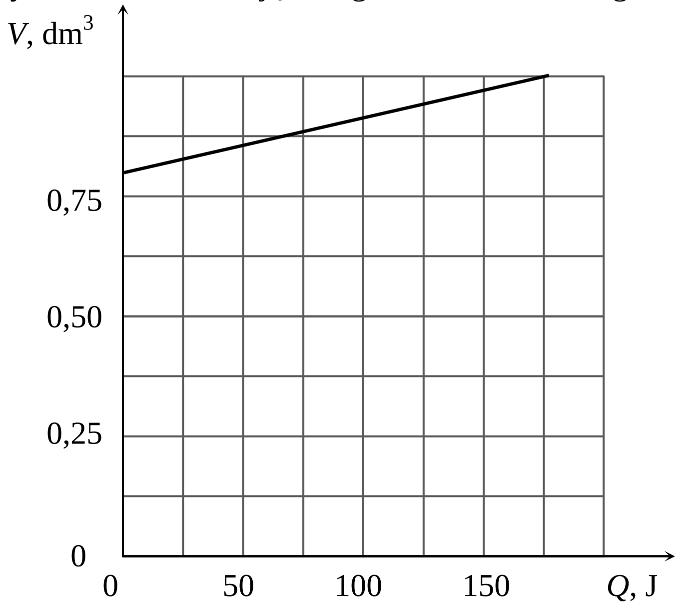
Zadanie 73.2.
$h \approx 16\,\mathrm{m}$

Zadanie 74.1.
120°C

Zadanie 74.2.
$m \approx 0{,}13$ kg

Zadanie 75.1.
$m = 2$ g

Zadanie 75.2.
Wykres zależności objętości gazu od dostarczonego ciepła.



Praca wykonana przez gaz w przemianie izobarycznej $W = 51{,}4$ J .

Zadanie 76.1.
B

Zadanie 76.2.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 76.3.
$Q = nC_p\Delta T_1$ i $Q = nC_V\Delta T_2$

$\Delta T_1 = \frac{Q}{nC_p}$ i $\Delta T_2 = \frac{Q}{nC_V}$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{\frac{Q}{nC_p}}{\frac{Q}{nC_V}} \Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{Q}{nC_p} \cdot \frac{nC_V}{Q} \Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{C_V}{C_p}$$

$C_p = C_V + R$ $c_p = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$$

Zadanie 76.4.
$W = p\Delta V$

$pV_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{p}$ $\qquad pV_2 = nRT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{nRT_2}{p}$

$\Delta V = \frac{nRT_2}{p} - \frac{nRT_1}{p} \Rightarrow \ \Delta V = \frac{nR(T_2 - T_1)}{p} \Rightarrow \Delta V = \frac{nR\Delta T}{p}$

$Q = nC_p\Delta T$

$\Delta T = \dfrac{Q}{nC_p}$

$\Delta V = \frac{nR\Delta T}{p} = \frac{nR\frac{Q}{nC_p}}{p} = \ \frac{Q \cdot R}{p \cdot C_p}$.

$W = \ p\Delta V = p \cdot \dfrac{Q \cdot R}{p \cdot C_p}$

$W = \frac{Q \cdot R}{C_p} = \frac{Q \cdot R}{\frac{5R}{2}} = \frac{2Q \cdot R}{5R} = \frac{2Q}{5} = \frac{4000}{5} = 800$ J

Zadanie 77.1.
2. B

Zadanie 77.2.
$T_1 = 338\,\mathrm{K}$ (t = 65°C)

Zadanie 77.3.
Ciśnienie słupa wody o wysokości 2 cm:

$$p = d_w \cdot g \cdot h = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m} = 200\,\mathrm{Pa}$$

p = 200 Pa

Ciśnienie słupa wody stanowi 0,2 % ciśnienia atmosferycznego.

Zadanie 78.
1. F
2. F
3. F

Zadanie 79.1.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 79.2.

$p = \rho \cdot g \cdot h$

$\rho_1 \cdot g \cdot (h_1 - h_3) + p_{atm} = \rho_2 \cdot g \cdot (h_2 - h_3) + p_{atm}$

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_3}$$

Zadanie 79.3.

$p + (h_2 - h_1) \cdot \rho_1 \cdot g = p_{atm} = p + (h_3 - h_4) \cdot \rho_2 \cdot g$

Zadanie 80.1.

$$m_1 = \frac{S - S_{\text{otw}}}{S} \cdot m_0 = 0{,}96\ \text{kg}$$

Zadanie 80.2.
3. A

Zadanie 81.
2. B

Zadanie 82.1.
1. P
2. F
3. P

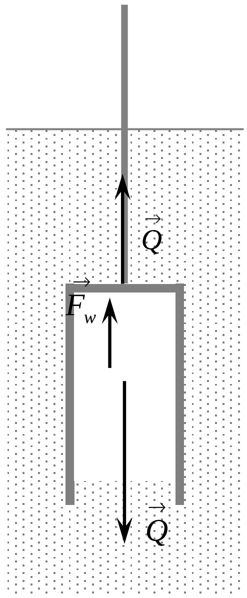
Zadanie 82.2.
Na dzwon ten działają 3 siły:

– ciężar $\vec{Q}$,

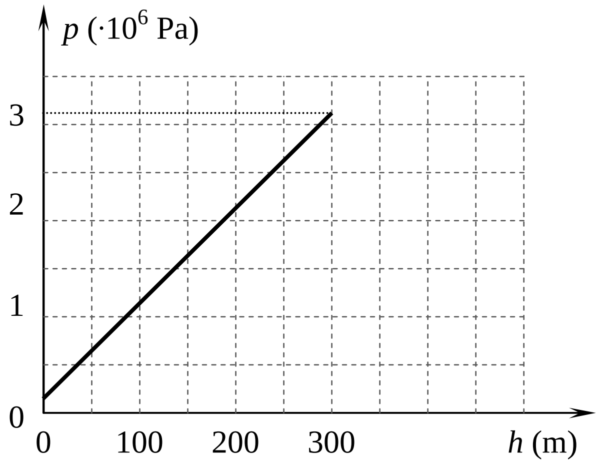
– siła wyporu $\vec{F}_w$,

– siła naciągu liny $\vec{N}$.

Siła wypadkowa ma wartość równą zeru.



Zadanie 82.3.
Wykres zależności ciśnienia wewnątrz cylindra od głębokości zanurzenia.



Zadanie 82.4.
Wysokość słupa powietrza wewnątrz dzwonu na głębokości 300 m wynosi $x = 0{,}076$ m .

Zadanie 83.1
D

Zadanie 83.2.
1. A

Zadanie 83.3.

$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$n = \dfrac{p \cdot V}{R \cdot T}$

$n = n_1 + n_2$

$n = \dfrac{p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2}{R \cdot T}$

Zadanie 83.4.

$p_k = 0{,}29$ MPa ≈ 0,3 MPa

Zadanie 84.1.

D

Zadanie 84.2.

1. F
2. P
3. F

Zadanie 84.3.

2. B

Zadanie 85.1.

$W = 773$ J

Zadanie 85.2.

1. F
2. F
3. P

Zadanie 85.3.

$Q_1 \approx 5774$ J

Zadanie 86.1.

$m = 0{,}542$ kg ≈ 0,54 kg

Zadanie 86.2.

1. B

Zadanie 86.3.

$W \approx 33{,}75$ kJ

Zadanie 87.1.

1. B

Zadanie 87.2.

Praca efektywna wykonana przez gaz w jednym cyklu wynosi:

$W = \frac{1}{2}(2p_0 - p_0)(2V_0 - V_0) = \frac{1}{2} p_0 V_0$, ciepło pobierane przez gaz w jednym cyklu jest równe:

$$Q = C_V \cdot n \cdot (T_B - T_A) + C_p \cdot n \cdot (T_C - T_B) = C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0 ,$$

gdzie n – liczba moli gazu, T_A, T_B, T_C – temperatury w punktach A, B, C cyklu, $T_0 = T_A$, sprawność cyklu wynosi:

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \cdot V_0}{C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0} = \frac{\frac{1}{2} n \cdot R \cdot T_0}{C_V \cdot n \cdot T_0 + C_p \cdot n \cdot 2T_0} = \frac{\frac{1}{2} R}{C_V + 2C_p} = \frac{R}{2C_V + 4C_p} .$$

Zadanie 88.1.
Gaz pobiera ciepło podczas przemian A → B oraz B → C.
Gaz oddaje ciepło podczas przemiany C → A.

Zadanie 88.2.
Ciepło pobrane przez gaz w przemianie A → B wynosi $Q_{A-B} = 29{,}9\ \text{kJ}$.

Zadanie 88.3.
Sprawność cyklu: $\eta = \dfrac{W}{Q_{pobr}} = 35{,}9\ \%$.

Zadanie 89.1.
Jeżeli opisując stany gazu (2) i (4) we współrzędnych $p(V)$, poprowadzimy przez nie izotermę, oznacza to, że gaz w tych stanach musi mieć tę samą temperaturę. Temperatura gazu w stanie (1) wynosi 280 K.
Chcąc obliczyć temperaturę gazu w stanie (2), wystarczy zauważyć, że przemiana 1 → 2 jest przemianą izobaryczną.
W przemianie tej objętość wzrosła 3 razy, więc z równania stanu gazu doskonałego wynika, że temperatura również wzrosła 3 razy.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 \cdot p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1}$$

Z powyższego wynika, że temperatura w stanie (2) wynosi $T_2 = 3 \cdot 280\ \text{K} = 840\ \text{K}$.

Zadanie 89.2.
3. A

Zadanie 89.3.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 90.1.

$$\frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = 22140 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Zadanie 90.2.
Porównując wartości współczynników przewodności cieplnej dla słomy i korka stwierdzamy, że słoma ma lepsze właściwości, jeśli chodzi o izolację cieplną.

Zadanie 91.
3. B

Zadanie 92.1.

$$\left[\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{K}\cdot\mathrm{s}^2}\right]$$

Pojemność cieplna to ilość ciepła potrzebna do ogrzania kalorymetru o 1 kelwin (lub stopień Celsjusza).

Zadanie 92.2.
3. A

Zadanie 92.3.
Szeregowe połączenie identycznych grzałek gwarantuje, że ciepła dostarczone przez obie grzałki do wody i oleju są jednakowe.
Można to zapisać, porównując oba ciepła pobrane w doświadczeniu i uwzględniając, że ogrzewają się ciecze i kalorymetry, za pomocą wzoru:

$$\left(m_\mathrm{w}\cdot c_\mathrm{w}+m_\mathrm{k}\cdot c_\mathrm{k}\right)\cdot\Delta t_\mathrm{w}=\left(m_\mathrm{o}\cdot c_\mathrm{o}+m_\mathrm{k}\cdot c_\mathrm{k}\right)\cdot\Delta t_\mathrm{o}\ .$$

Po przekształceniu ciepło oleju wyraża się wzorem:

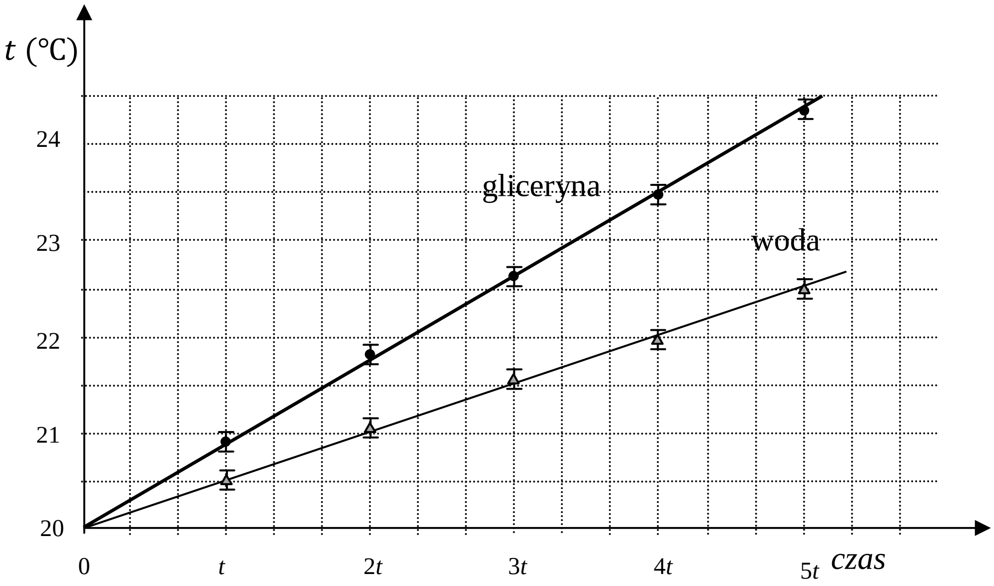
$$c_\mathrm{o}=\frac{\left(m_\mathrm{w}\cdot c_\mathrm{w}+m_\mathrm{k}\cdot c_\mathrm{k}\right)\cdot\Delta t_\mathrm{w}-m_\mathrm{k}\cdot c_\mathrm{k}\cdot\Delta t_\mathrm{o}}{m_\mathrm{o}\cdot\Delta t_2}\ .$$

Zadanie 92.4.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 92.5.
Niepewność wyznaczenia różnicy temperatur cieczy jest równa podwojonej niepewności wyznaczenia temperatury cieczy, ponieważ niepewność taka wystąpi, gdy podczas obliczania różnicy temperatur jedną z wartości temperatury odczytamy z niedomiarem, a drugą z nadmiarem.
(Uzasadnienie może odwoływać się również do metody najmniej korzystnego przypadku lub do metody obliczania niepewności dla zmiennej będącej sumą lub różnicą zmiennych).

Zadanie 92.6.
Masy cieczy nadal mają wpływ na niepewność wyznaczenia ciepła właściwego, ponieważ występują we wzorach na ciepła pobrane przez ciecze i podczas wykonywania doświadczenia obie ciecze trzeba zważyć z określonymi niepewnościami, aby upewnić się, że ich masy są jednakowe.

Zadanie 93.1.



Zadanie 93.2.

$$c_w = 4500\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot{}^\circ\mathrm{C}}$$

Zadanie 93.3.

$$\frac{c_{w(obliczone)} - c_{w(tablicowe)}}{c_{w(tablicowe)}} \cdot 100\% = 7{,}14\%$$

Zadanie 93.4.

Przyczyny strat energii:
– nie uwzględniamy strat ciepła do otoczenia,
– nie uwzględniamy ciepła pobranego przez kalorymetr.
Poprawienie izolacji pomiędzy ściankami naczynia wewnętrznego i zewnętrznego kalorymetru.

Zadanie 93.5.

Tak. Dostarczenie tej samej ilości energii do wody powoduje mniejszy przyrost jej temperatury niż gliceryny, co świadczy o tym, że ciepło właściwe wody jest większe niż gliceryny.

Zadanie 94.1.

Czynność 1.	C
Czynność 2.	B
Czynność 3.	A
Czynność 4.	E
Czynność 5.	D

Zadanie 94.2.

$$c_g = \frac{m_w \cdot c_w \cdot t_w}{m_g \cdot t_g} = 2275\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}$$

Zadanie 94.3.

$$\frac{\Delta c_g}{c} = 0{,}047 = 4{,}7\%$$

Zadanie 94.4.

1. P
2. F
3. F

Zadanie 95.1.

$p_k \approx 1017 \text{ hPa}$

Zadanie 95.2.

$$c_v \approx 1333{,}3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Zadanie 95.3.

B

Zadanie 95.4.

1. F
2. F
3. P

Zadanie 95.5.

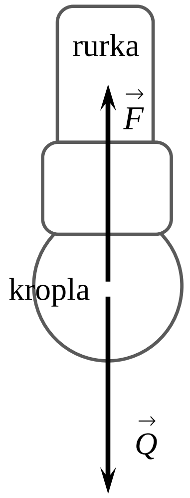
Określenie trzech spośród wymienionych, dowolnych (związanych z funkcjonowaniem przedstawionego układu pomiarowego) przyczyn strat energii:

– rozpraszanie ciepła do otoczenia,
– pobranie ciepła przez materiał, z którego wykonano butelkę,
– wydzielanie ciepła w przewodach zasilających grzałkę,
– pobranie ciepła przez spiralę grzałki,
– pobranie ciepła przez przewody doprowadzające,
– pobranie ciepła przez czujnik temperatury.

Zadanie 96.1.

A

Zadanie 96.2.



Zadanie 96.3.

Współczynnik napięcia powierzchniowego: $\sigma = \frac{F}{l} = \frac{7 \cdot 10^{-4}\ \text{N}}{10 \cdot 10^{-3}\ \text{m}} = 7 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Zadanie 96.4.

Względna niepewność pomiarowa wyznaczenia masy kropli wynosi $\frac{|\Delta m|}{m} = 4\,\%$.

Zadanie 97.1.
B

Zadanie 97.2.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 97.3.
$1\ \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = 0{,}293\ \text{W} \approx 0{,}29\ \text{W}$

Zadanie 97.4.
1. C

Zadanie 98.1.
1. P
2. P
3. F

Zadanie 98.2.
2. A

Zadanie 98.3.
20°C, ponieważ pływak nr 2 ma większą gęstość, to będzie swobodnie pływał w temperaturze niższej niż pływak nr 3.

Zadanie 98.4.
$d \approx 990\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Zadanie 99.1.
1. P
2. P
3. P

Zadanie 99.2.

$$\left[\frac{\mathrm{Pa}\cdot\mathrm{m}^6}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\cdot\mathrm{m}^6}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}^4}{\mathrm{mol}^2}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^5}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{mol}^2}\right]$$

Dopuszcza się także potraktowanie liczby moli jako wielkość bezwymiarową i uzyskanie wyniku $\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^5}{\mathrm{s}^2}$.

Zadanie 99.3.
Z równania van der Waalsa: $T_\mathrm{W} \approx 274{,}6\,\mathrm{K}$,
z równania stanu gazu doskonałego: $T_\mathrm{C} \approx 273{,}1\,\mathrm{K}$,
błąd względny: $\frac{|T_\mathrm{C} - T_\mathrm{W}|}{T_\mathrm{W}} \approx 0{,}55\,\%$.

Zadanie 100.1.
1. W miarę schładzania wody od temperatury 4°C do temperatury 0°C jej gęstość maleje.
2. Woda o wyższej temperaturze zamarza szybciej.

Zadanie 100.2.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 100.3.
A

Zadanie 100.4.
$m_2 = 400$ g

Zadanie 103.1.
3. A III

Zadanie 103.2.
1. C

Zadanie 103.3.
3. B

Zadanie 104.1.
$k_2 = 0{,}9\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_2}} = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$$

Zadanie 104.2.
1. A

Zadanie 104.3.
B

Zadanie 105.
Należy wyznaczyć $\sin(\omega \cdot t) = \frac{x}{A}$ i $\cos(\omega \cdot t) = \frac{y}{A}$ i podstawić do jedynki trygonometrycznej

$$\sin^2(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t) = \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{A^2} = 1,$$

co prowadzi do równania okręgu $x^2 + y^2 = A^2$.

Zadanie 106.
Zegar spóźnił się.

Zadanie 107.1.
$$\frac{F_1}{F_2} = 3{,}5$$

Zadanie 107.2.
Zapisanie uzasadnienia, np.: *dla częstotliwości podstawowej drgań struny, między jej końcami zawsze mieści się połowa długości fali.*

Zadanie 108.1.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 108.2.
$f = 318{,}75\ \mathrm{Hz}$

Zadanie 108.3.
Zjawisko rezonansu.

Zadanie 109.
Relacja jest nieprawdziwa.
I sposób: Obliczenie częstotliwości odbieranych przez obserwatora przy zbliżaniu i oddalaniu $f_z = 5{,}42$ [kHz], $f_{od} = 3{,}17$ [kHz]. Syrena pociągu była cały czas słyszalna dla obserwatora.
II sposób: Obliczenie wartości prędkości, z jaką musiałby poruszać się pociąg, by odbierana częstotliwość była poza zakresem słyszalności $v_p = 255\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 110.1.
$x = 50$ m

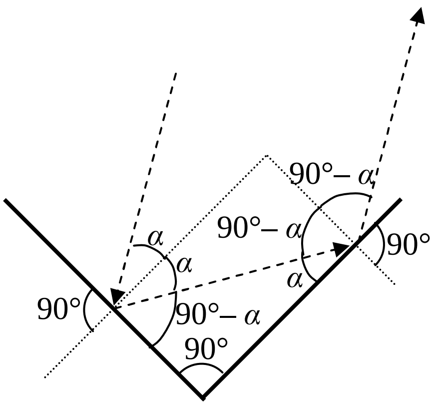
Zadanie 110.2.
1. F
2. P

Zadanie 111.1.
Aby w opisanej sytuacji na ekranie powstał obraz powiększony, przedmiot musi znajdować się w odległości $\frac{R}{2} < x < R$. Dla odległości x z przedziału od R do 2R powstanie obraz pomniejszony.

Zadanie 111.2.
Ekran znajduje się w odległości 2·R od zwierciadła, zatem $y = 2 \cdot R$.
Ponieważ $f = \frac{R}{2}$, zatem $\frac{2}{R} = \frac{1}{x} + \frac{1}{2 \cdot R}$.
Czyli $x = \frac{2 \cdot R}{3}$.
Powiększenie $p = \frac{y}{x} = \frac{2 \cdot R}{\frac{2 \cdot R}{3}} = 3$.

Zadanie 112.
wypukłym, prostym, pomniejszonym

Zadanie 113.1.



Suma kątów wewnętrznych przy zmianach kierunku promienia jest równa:
$\alpha + \alpha + (90° - \alpha) + (90° - \alpha) = 180°$,
czyli promień wychodzący będzie równoległy do wchodzącego.

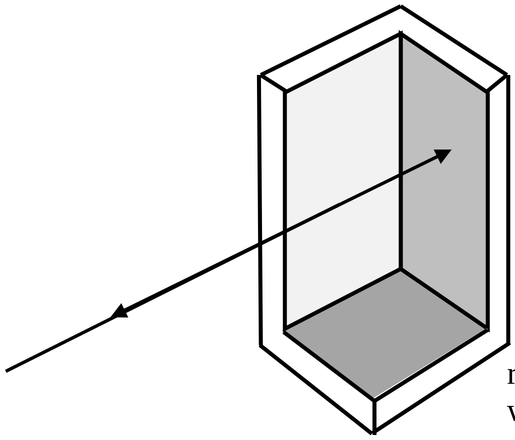
Zadanie 113.2.

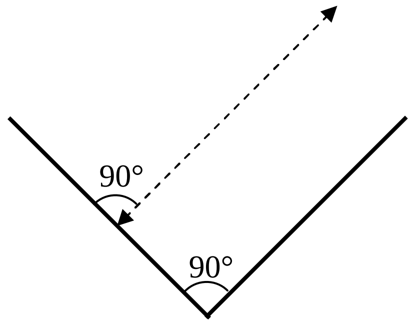
Sytuacje spełniające warunki polecenia są następujące:

– promień pada na jedno ze zwierciadeł prostopadle do jego płaszczyzny i odbija się,

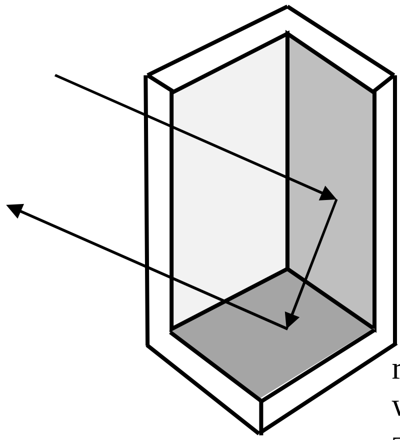
– promień odbija się od dwóch zwierciadeł w taki sposób, że płaszczyzna padania promienia jest prostopadła do płaszczyzn obu tych zwierciadeł.

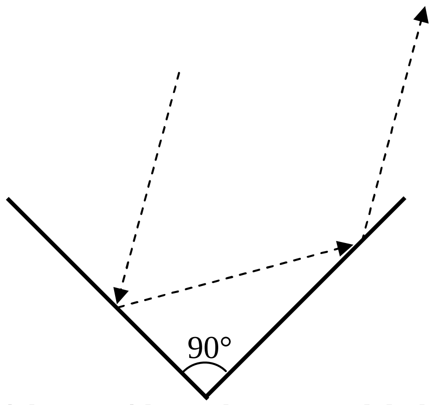
Kilka przykładowych rysunków spełniających warunki polecenia znajduje się poniżej.





rysunek dwóch spośród trzech zwierciadeł układu w przekroju poprzecznym (płaszczyzny obu zwierciadeł prostopadłe do płaszczyzny rysunku)





rysunek dwóch spośród trzech zwierciadeł układu w przekroju poprzecznym (płaszczyzny obu zwierciadeł prostopadłe do płaszczyzny rysunku, promień biegnie w płaszczyźnie rysunku)

Zadanie 113.3.

1. P
2. F
3. F

Zadanie 114.1.

$\alpha \approx 49^\circ$

Zadanie 114.2.

1. P
2. F
3. P

Zadanie 115.1.

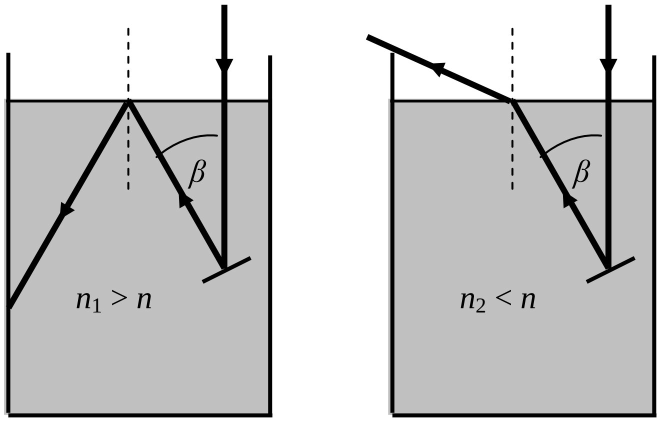
1. F

2. P
3. P

Zadanie 115.2.

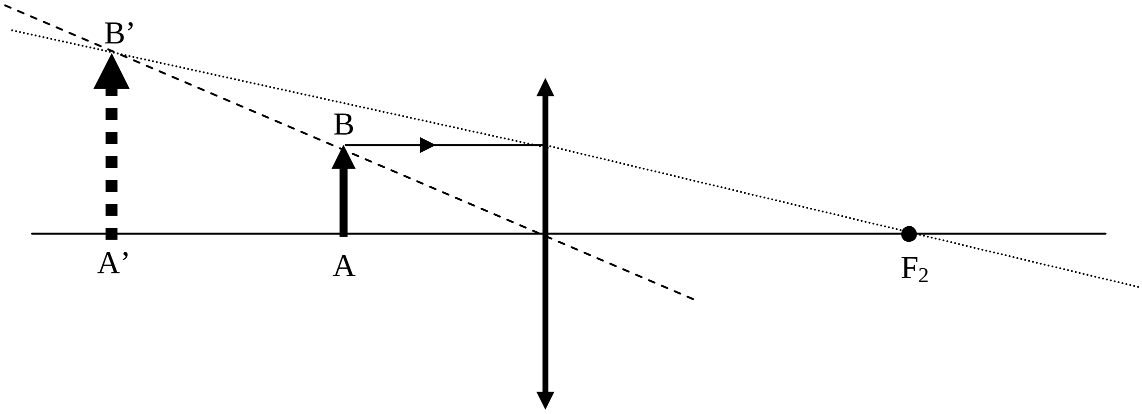
$$n = \frac{1}{\sin \beta}$$

Zadanie 115.3.

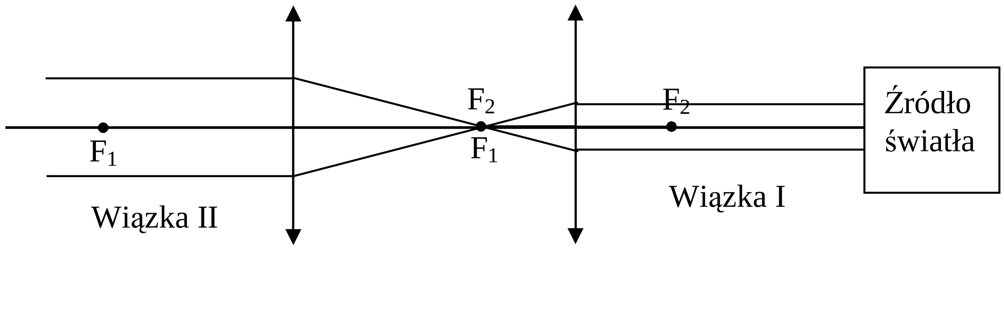


Zadanie 115.4.
Wewnętrzne odbicie na bocznej ściance naczynia zajdzie dla bezwzględnego współczynnika załamania materiału naczynia spełniającego warunek $n \leq 1{,}23$.

Zadanie 116.



Zadanie 117.
Soczewki należy ustawić na osi optycznej w odległości równej sumie obu ogniskowych, czyli 24 cm, przy czym istotne jest, by światło przechodziło najpierw przez soczewkę o krótszej ogniskowej, a dopiero potem przez soczewkę o dłuższej ogniskowej. Tylko taka kolejność pozwoli na zwiększenie średnicy wiązki światła (patrz rysunek).



Zadanie 118.
Siatka dyfrakcyjna.
Siatka dyfrakcyjna w widmach kolejnych rzędów silniej odchyla światło o barwie czerwonej w porównaniu ze światłem o barwie niebieskiej.

Zadanie 119.
1. P
2. P
3. P

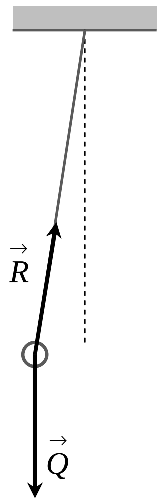
Zadanie 120.1.
$d = 5 \cdot 10^{-6}$ m

Zadanie 120.2.
D

Zadanie 121.1.
$\varphi = 1{,}14 \cdot 10^{-5}$ rad

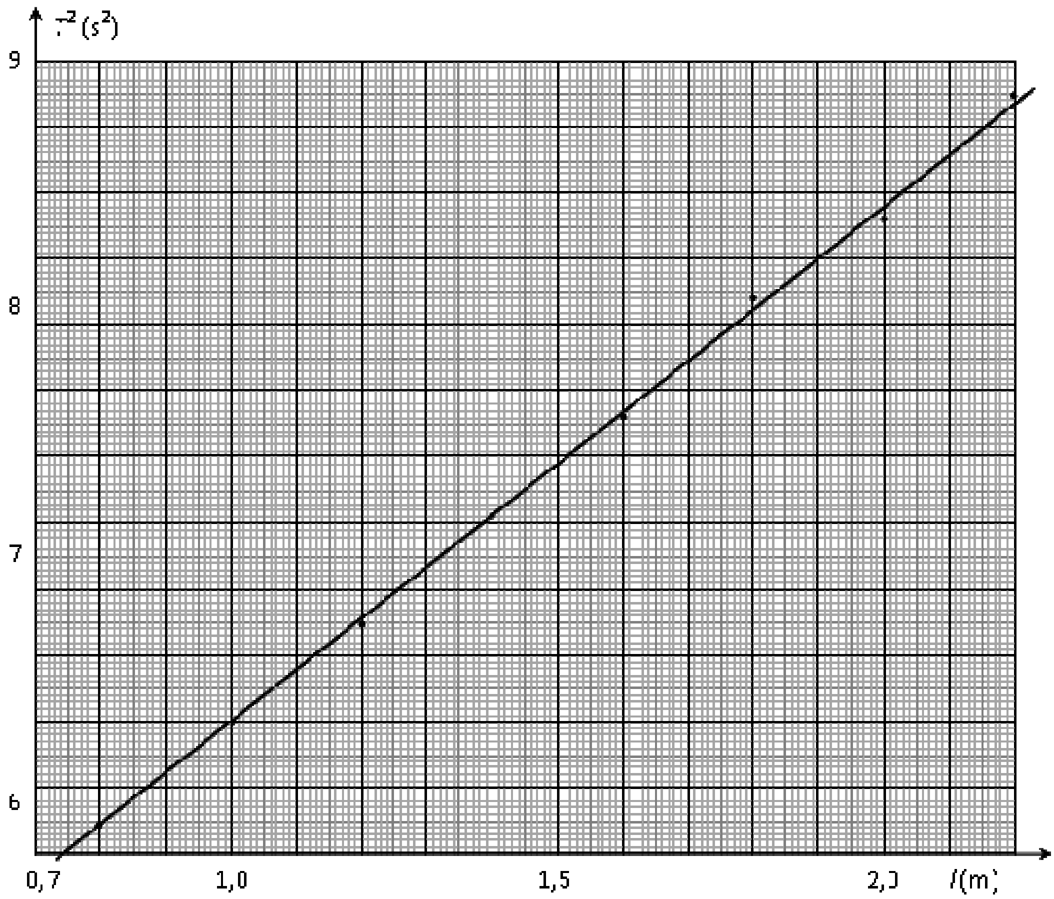
Zadanie 121.2.
mniejszej, niebieskiej

Zadanie 122.1.



Zadanie 122.2.
1. C

Zadanie 122.3.
Wykres zależności kwadratu okresu wahań wahadła od jego długości.



Wartość przyspieszenia ziemskiego: $g = 9{,}94\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Zadanie 122.4.

A. Wartość przyspieszenia ziemskiego: $g = 9{,}86\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

B. Niepewność względna wartości przyspieszenia ziemskiego $\frac{|\Delta g|}{g} = 0{,}022 = 2{,}2\%$.

Zadanie 122.5.

Większy wpływ ma pomiar czasu, dlatego że wartość przyspieszenia ziemskiego zależy od kwadratu okresu wahań wahadła, natomiast jest tylko wprost proporcjonalna do jego długości.

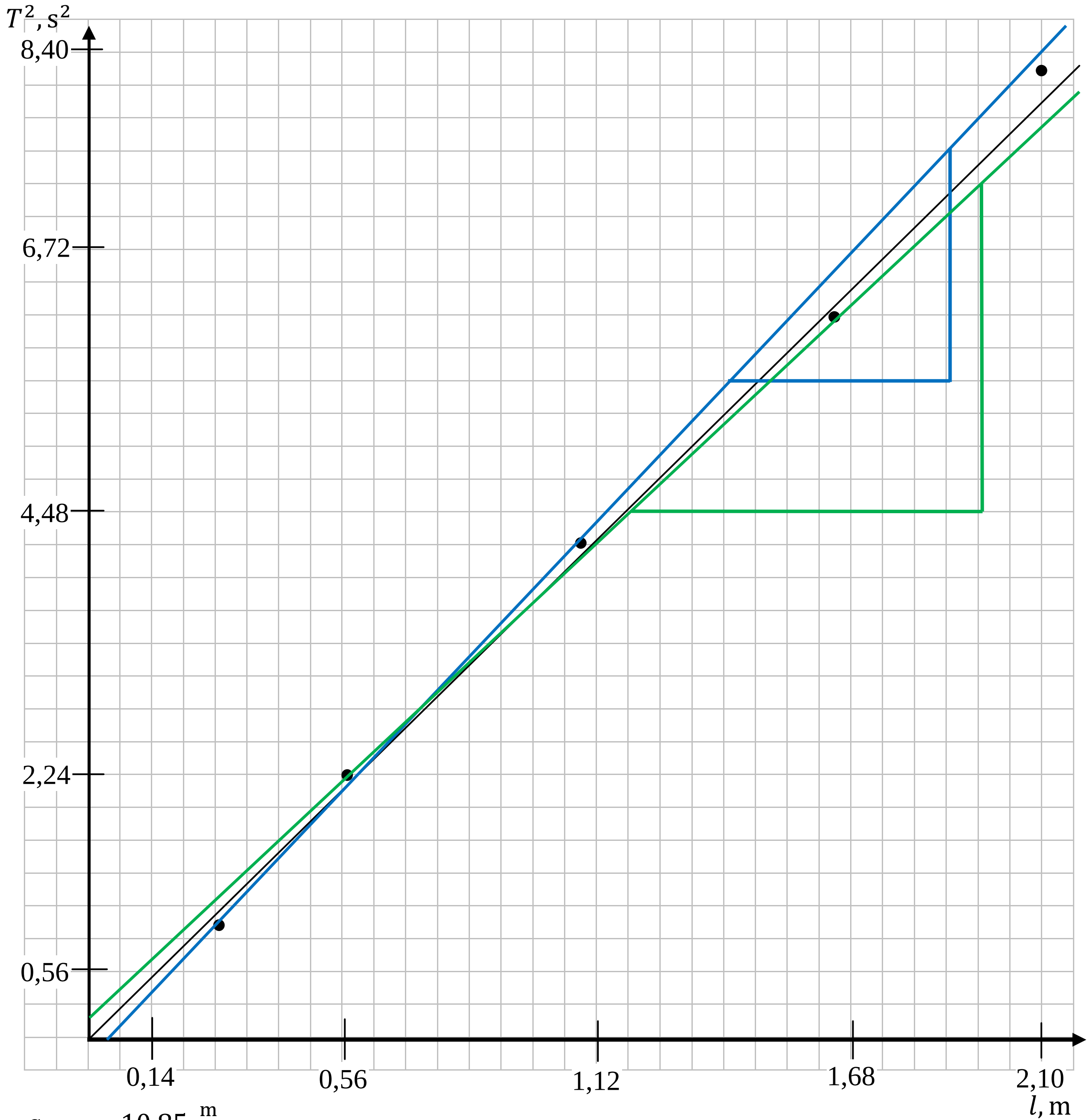
Zadanie 123.1.

Rezonans mechaniczny.

Zadanie 123.2.

$g = 10{,}38\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Zadanie 123.3.



$g_{max} = 10{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

$g_{min} = 9{,}86\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

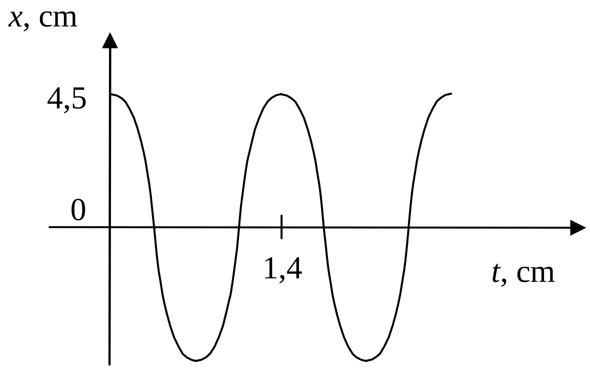
$\Delta g = 0{,}495\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Zadanie 123.4.
Ocena, czy okres drgań wahadła sprężynowego jest równy okresowi wahadła matematycznego była obarczona bardzo dużym błędem, a więc i długość nici l wahadła wyznaczona została niedokładnie.

Zadanie 123.5.
Długości byłyby inne ze względu na inną wartość przyspieszenia grawitacyjnego na Księżycu.

Zadanie 124.1.
bawełniana nitka, koralik z naturalnego korala, statyw, stoper, długa linijka

Zadanie 124.2.
$$g = \frac{6 \cdot \pi^2}{a} = 9{,}86 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Zadanie 124.3.


Zadanie 124.4.
1. F
2. F
3. F

Zadanie 125.1.
1. Wprowadzenie w niewielkie drgania słupa wody w wężu.
2. Pomiar wielokrotnego, np. 3-krotnego, okresu drgań słupa wody w wężu.

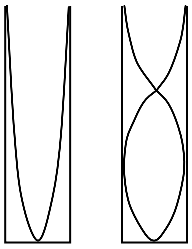
Zadanie 125.2.
$$l = \frac{g \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}$$

Zadanie 125.3.
Podanie dwóch odpowiedzi spośród poniższych.
1. Wykonanie wielokrotnego pomiaru okresu drgań.
2. Użycie dokładniejszego stopera lub zastosowanie np. fotokomórki do pomiaru czasu.
3. Użycie węża o większym przekroju, co spowoduje zmniejszenie oporów przepływu.
4. Wprawienie słupa w drgania o większej amplitudzie, wtedy mniejszy będzie błąd obserwacji położenia maksymalnego wychylenia.
5. Użycie krótszego węża, wtedy zmniejszają się opory przepływu.

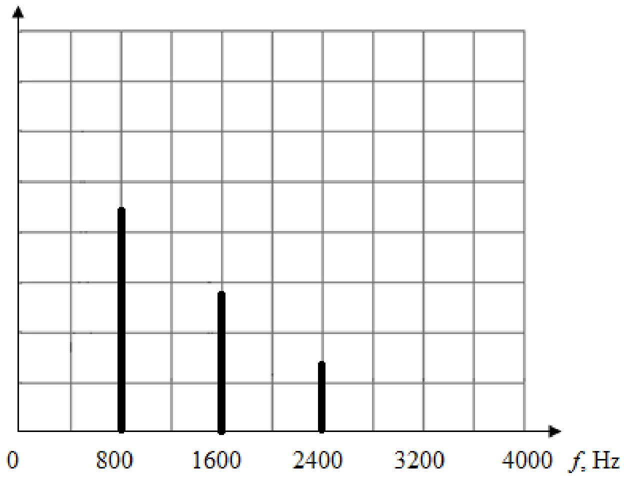
Zadanie 125.4.
B

Zadanie 126.1.
$l \approx 0{,}17$ m

Zadanie 126.2.
Druga harmoniczna ma 3 razy mniejszą długość i 3 razy większą częstotliwość niż pierwsza.



Zadanie 126.3.
f_1 = 800 Hz, f_2 = 1600 Hz, f_3 = 2400 Hz.

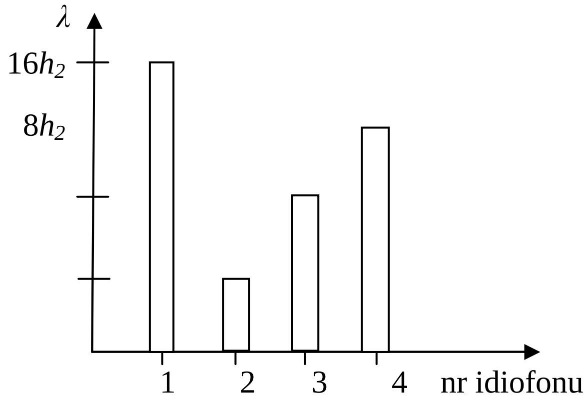


Zadanie 126.4.
Istotne czynności:
– pomiar długości probówki,
– obliczenie długości fali,
– wytworzenie dźwięku poprzez dmuchanie nad wylotem probówki,
– rejestracja widma dźwięku za pomocą programu komputerowego,
– odczytanie z ekranu komputera częstotliwości tonu podstawowego,
– zastosowanie wzoru $v = \lambda \cdot f$ i obliczenie prędkości dźwięku.

Zadanie 127.1.
Metr krawiecki, zależność $f = \frac{v}{4h}$.

Zadanie 127.2.
3. C

Zadanie 127.3.



Zadanie 127.4.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 127.5.
$S = \frac{16hmf^2}{E}$

Zadanie 128.1.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 128.2.
C

Zadanie 128.3.
A. 1. Obciążanie struny przez zawieszanie kolejnych ciężarków o masach *m*.
2. Pobudzanie struny do drgań po zawieszaniu kolejnych ciężarków.
3. Pomiary częstotliwości drgań struny dla kolejnych obciążeń struny.
4. Zapisanie (w tabeli) wartości obciążeń i odpowiadających im częstotliwości.
5. Obliczenie kolejnych prędkości dźwięku w strunie ze wzoru $v_k = \lambda \cdot f_k$.
6. Sprawdzenie poprawności wzoru (*) np.: poprzez sprawdzenie, czy iloraz $\frac{v_k}{\sqrt{F_k}}$ lub $\frac{v_k}{\sqrt{k \cdot m \cdot g}}$ lub $\frac{v_k}{\sqrt{m}}$ jest stały dla $k = 1, 2, 3 \ldots$ lub podstawić za $v_k = \lambda \cdot f_k$ i sprawdzić ilorazy $\frac{f_k}{\sqrt{F_k}}$

B. Tabela zawierająca kolumny:
1. Masa obciążników (liczba obciążników),
2. Częstotliwości drgań (*f*),
3. Siła obciążająca (*F*),
4. Prędkość dźwięku (*v*),

5. Wartość $\frac{v_k}{\sqrt{F_k}}$ lub $\frac{v_k}{\sqrt{k \cdot m \cdot g}}$ lub $\frac{v_k}{\sqrt{m}}$ (w zależności od przyjętej metody sprawdzenia).

Zadanie 128.4.

Wyrażenie $v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}$ można zapisać, korzystając z definicji gęstości $\rho = \frac{m}{V}$ oraz ze wzoru na objętość walca $V = S \cdot l$ (struna jest walcem o długości l i powierzchni przekroju poprzecznego S) jako:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{V} \cdot S}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{S \cdot l} \cdot S}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{l}}}$$

Ułamek $\frac{m}{l}$ jest masą odcinka struny o długości jednego metra, czyli gęstością liniową struny oznaczoną przez μ.

Zatem wyrażenie $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ jest równe wyrażeniu $v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}$.

Zadanie 128.5.

Długość, prędkość i częstotliwość fali można powiązać wzorem $\lambda = \frac{v}{f}$.

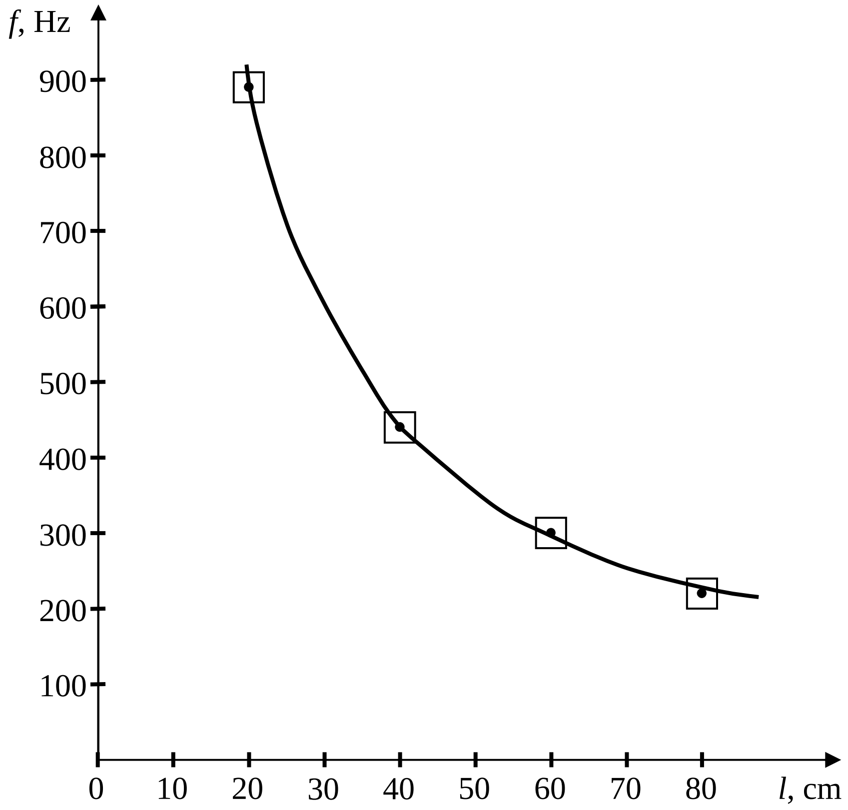
Po przekształceniu możemy zapisać $f = \frac{v}{\lambda}$.

Wstawiając $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ do powyższego wzoru, można otrzymać $f = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{\lambda}$.

Ponieważ długość struny l można powiązać z długością fali λ wzorem $l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$, można zapisać po przekształceniu, że $\lambda = \frac{2l}{n}$, gdzie $n = 1, 2, 3 \ldots$

Wzór $f = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{\lambda}$ przyjmie zatem postać $f_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

Zadanie 129.1.



Zadanie 129.2.

$v = 355\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\Delta v = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zadanie 129.3.

$f = \frac{n \cdot v}{2l}$

Zadanie 129.4.
1. B

Zadanie 129.5.
B

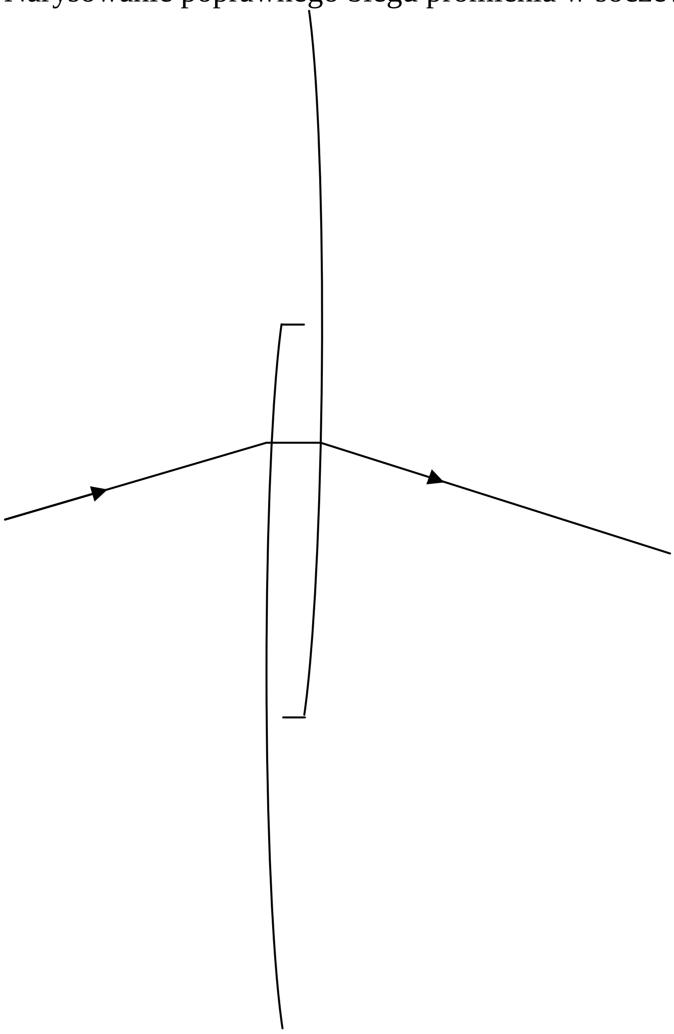
Zadanie 130.1.
laser, tarcza Kolbego, półkrążek

Zadanie 130.2.
Sposób 1. Wykorzystanie zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.
1. Odpowiednie zamocowanie półkrążka na tarczy Kolbego.
2. Skierowanie wiązki laserowej na wypukłą część półkrążka w taki sposób, aby zaobserwować zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.
3. Pomiar kąta granicznego.

4. Zanotowanie wyników i powtórzenie pomiaru.
Sposób 2. Wykorzystanie zjawiska załamania.
1. Zamocowanie na tarczy Kolbego półkrążka w taki sposób, aby jego środek pokrywał się ze środkiem tarczy.
2. Skierowanie wiązki laserowej na środkową cześć płaskiej ściany półkrążka prostopadle do niej (kąt padania promienia równy 0^o) i obserwowanie biegu promienia załamanego.
3. Zwiększanie kąta padania światła laserowego o 20^o i odczytanie odpowiadającego mu kąta załamania.
4. Zwiększamy następnie kąt o 20^o i ponownie odczytujemy kąt załamania.
5. Pomiary powtarzamy, zwiększając za każdym razem kąt padania światła w powietrzu o kolejne 20^o.
Względny współczynnik załamania można obliczyć korzystając ze wzoru: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21}$, gdzie α – kąt padania, β – kąt załamania.

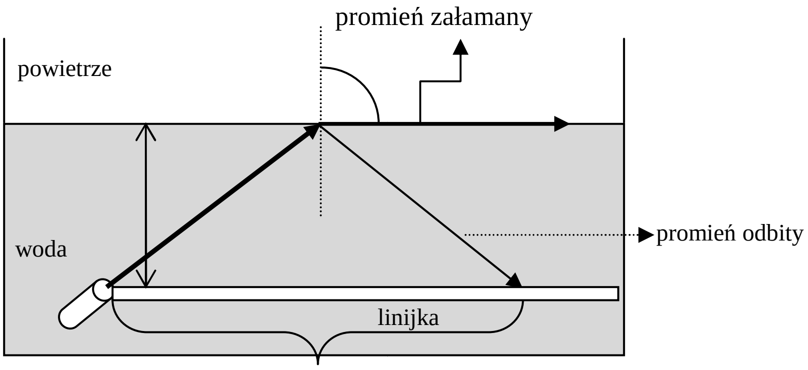
Zadanie 130.3.
Korzystając z prawa załamania $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}$ i zakładając, że β = 90° oraz n_2 = 1, otrzymujemy $\sin\alpha_{gr} = \frac{1}{n}$.

Zadanie 130.4.
Narysowanie poprawnego biegu promienia w soczewce oraz poza soczewką np.:



Zadanie 131.1.
D

Zadanie 131.2.



Zadanie 131.3.

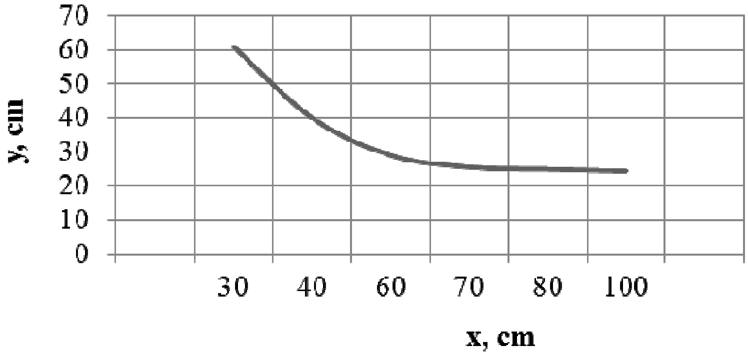
Zadanie 131.4.
2. A

Zadanie 131.5.

—

Zadanie 132.1.
$f = 20$ cm

Zadanie 132.2.



30 cm < x < 40 cm

Zadanie 132.3.
$$\frac{\Delta p}{p_2} = 3{,}3\%.$$

Zadanie 132.4.
$n = 1{,}6$

Zadanie 133.1.

Należy skorzystać z równania soczewki: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$,

do którego za *x* i *y* należy wstawić równania przedstawione w treści zadania:

$x = \frac{d-l}{2}$ oraz $y = \frac{d+l}{2}$.

Po wykonaniu odpowiednich przekształceń otrzymamy: $f = \frac{d^2 - l^2}{4 \cdot d}$.

Zadanie 133.2.

Równanie $f = \frac{d^2 - l^2}{4 \cdot d}$ należy doprowadzić do postaci: $4 \cdot d \cdot f = d^2 - l^2$,

a następnie do postaci: $l^2 = d(d - 4 \cdot f)$.

Ponieważ l^2 jest dodatnie, *d* również jest dodatnie, zatem wyrażenie w nawiasie $d - 4 \cdot f$, musi mieć wartość dodatnią, czyli $d > 4 \cdot f$.

Zadanie 133.3.

$f_{śr} \approx 20{,}04$ cm

Zadanie 133.4.

C

Zadanie 133.5.

Soczewki rozpraszające tworzą obrazy pozorne, których nie można obserwować na ekranie.

Zadanie 134.1.

$\lambda = 733$ nm

Zadanie 134.2.

$k = 27$

Zadanie 134.3.

Odległości pomiędzy prążkami rzędu zerowego i piątego oraz zerowego i szóstego wynoszą odpowiednio $x_5 = 0{,}59$ m i $x_6 = 73{,}2$ cm, z czego wynika, że na ekranie widoczny jest prążek rzędy piątego, natomiast prążek rzędu szóstego znajduje się poza ekranem.

Zadanie 135.1.

1. F
2. P
3. P

Zadanie 135.2.

$\lambda \approx 676$ nm

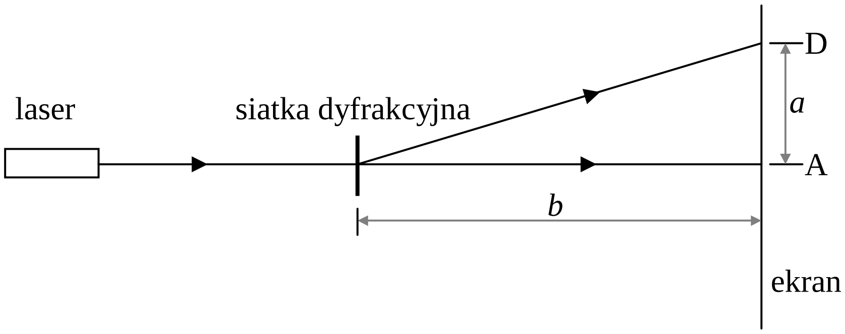
Zadanie 135.3.

$$\lambda = \frac{d \cdot x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$$

Zadanie 135.4.
1. C

Zadanie 135.5.
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 0{,}1$ ($\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 10\%$)

Zadanie 136.1.



Zadanie 136.2.
D

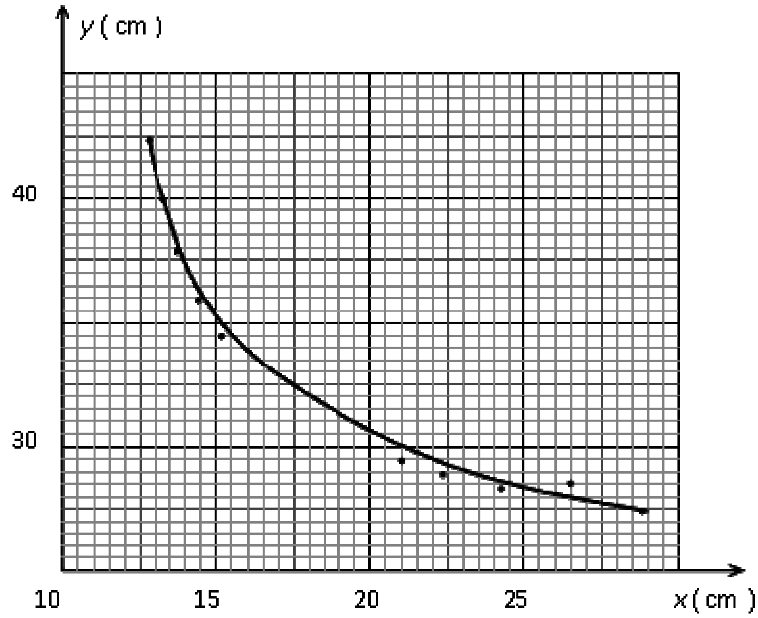
Zadanie 136.3.
1. F
2. P
3. P

Zadanie 136.4.
1. B

Zadanie 136.5.
N = 500 rys/mm
ΔN = 30 rys/mm
N = (500 ± 30) rys/mm

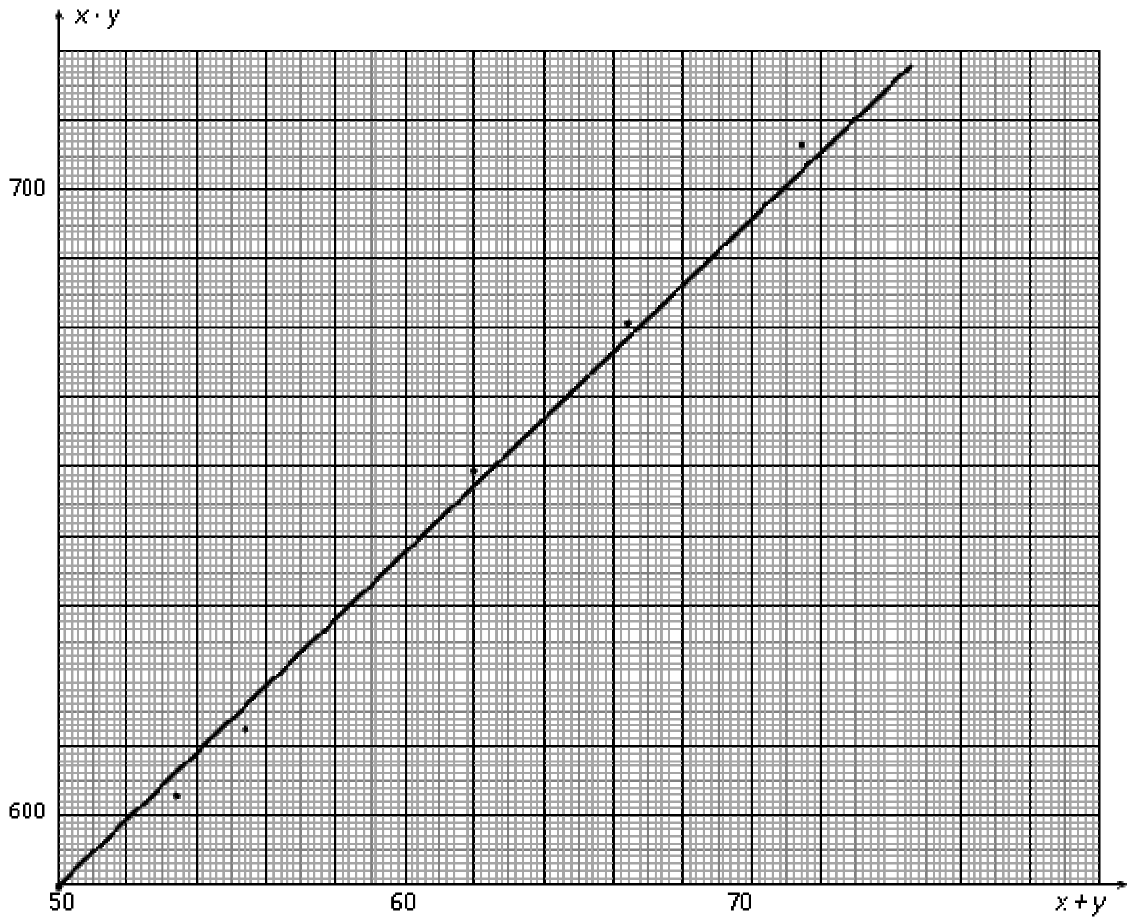
Zadanie 137.1.
nieostry, mniejszy

Zadanie 137.2.



Przykładowa para odległości: x = 17,5 cm, y = 25 cm.

Zadanie 137.3.

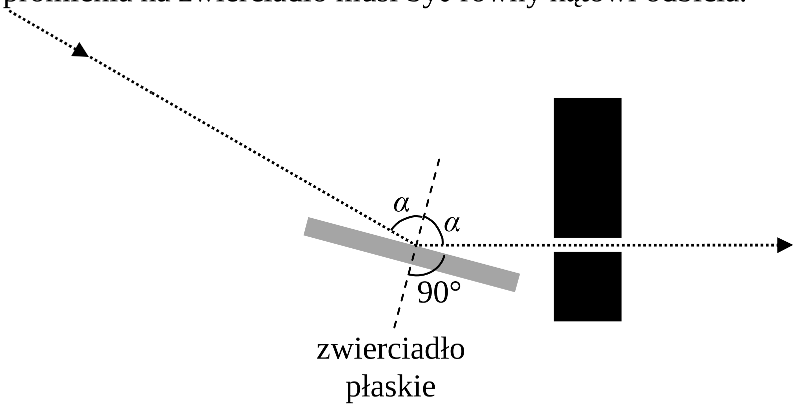


Naniesienie punktów z tabeli na wykres oraz wykreślenie prostej najlepszego dopasowania. Odczytanie danych z wykresu: na przykład $x + y = 68\ \text{cm}$ oraz $x \cdot y = 672\ \text{cm}^2$.

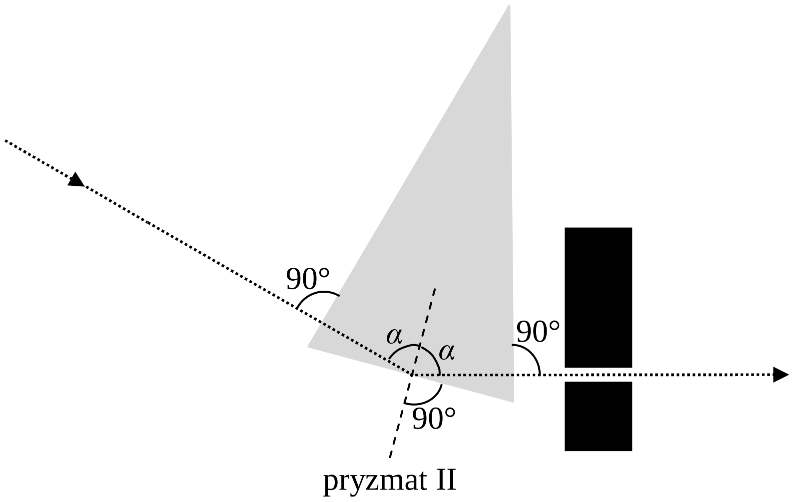
Obliczenie ogniskowej soczewki: $f = 9{,}88 \cdot 10^{-2}$ m.

Zadanie 137.4.
Ogniskowa soczewki: $f = 9{,}98 \cdot 10^{-2}$ m.
Niepewność bezwzględna ogniskowej: $\Delta f = \pm\, 0{,}130 \cdot 10^{-2}$ m.
Niepewność względna ogniskowej soczewki: $\dfrac{\Delta f}{f} = \dfrac{0{,}013}{9{,}98} = 1{,}30\ \%$.

Zadanie 138.1.
A. Zaznaczenie kątów oraz podpisanie zwierciadła nie jest wymagane, ale kąt padania promienia na zwierciadło musi być równy kątowi odbicia.



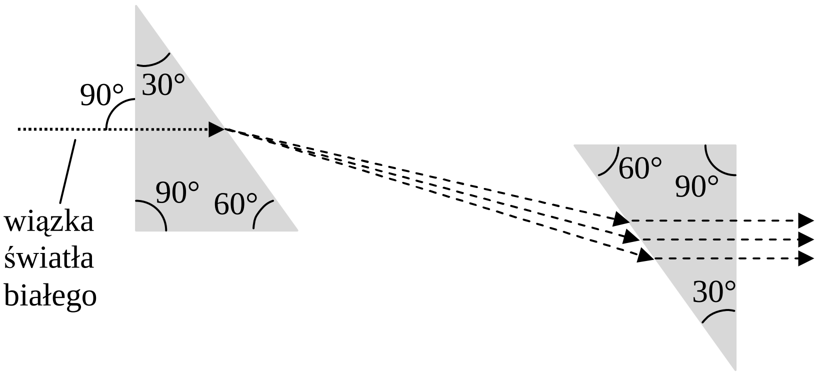
B. Zaznaczenie kątów oraz numeru pryzmatu na rysunku nie jest wymagane, ale spośród trzech pryzmatów (I, II i III) jedynie pryzmat II posiada odpowiednią geometrię, aby mogły być spełnione warunki polecenia.



Zadanie 138.2.
$n \approx 1{,}53$ (dopuszcza się także uzyskanie wyniku $n \approx 1{,}52$)

Zadanie 138.3.
2. A

Zadanie 138.4.



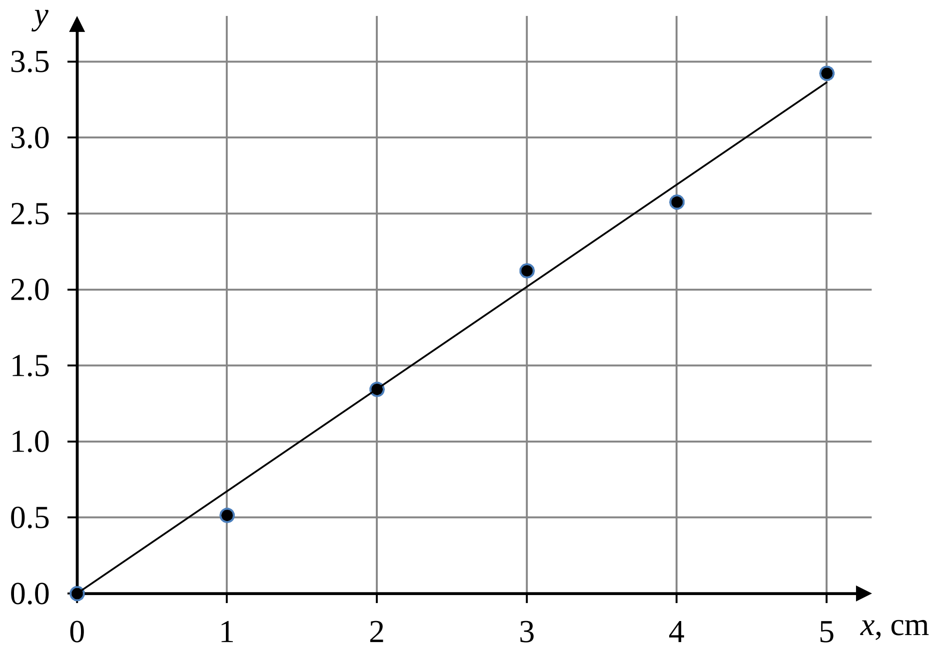
Zadanie 139.1.

Prawo rozpadu promieniotwórczego.

Zadanie 139.2.

$I = 0{,}125\,\dfrac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$

Zadanie 139.3.



Współczynnik absorpcji jest równy $a \approx 0{,}67\,\dfrac{1}{\mathrm{cm}}$.

Zadanie 140.1.

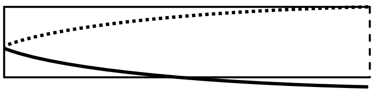
$\dfrac{Z_k}{Z} \approx 0{,}3$

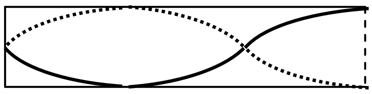
Zadanie 140.2.
d = 3,88 cm

Zadanie 140.3.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 141.1.
2. B

Zadanie 141.2.


ton podstawowy


ton następnego rzędu

Zadanie 141.3.
Źródłem drgań w piszczałkach wargowych są wiry powietrza, a w piszczałkach języczkowych drgający metalowy języczek. W obu przypadkach wzmacniane są tylko te dźwięki, które powodują powstanie fali stojącej w słupie powietrza zamkniętego w rurze piszczałki.

Zadanie 141.4.
Najniższa częstotliwość dźwięku emitowanego przez piszczałkę $f = 18{,}9\ \text{Hz}$.

Zadanie 142.1.
A

Zadanie 142.2.
$d \approx 6$ cm

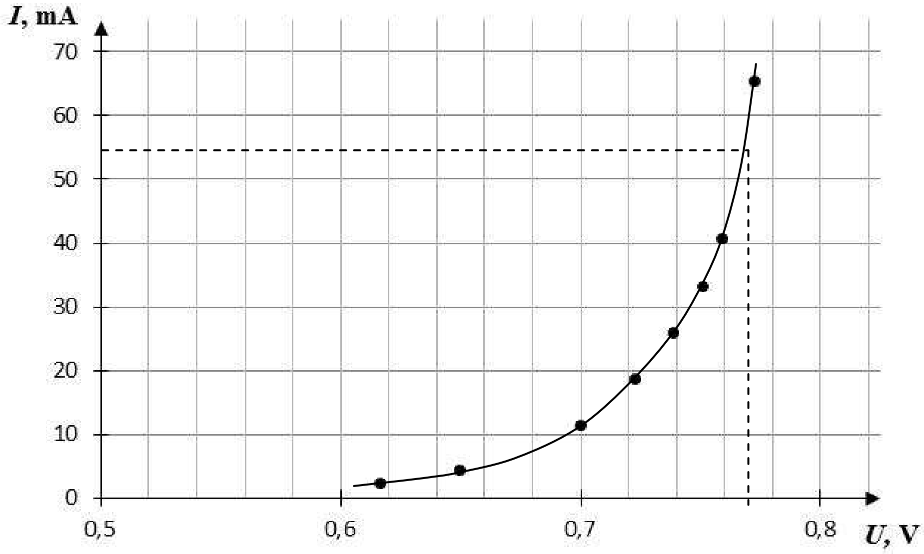
Zadanie 142.3.
3. A

Zadanie 142.4.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 142.5.
1. C

Zadanie 144.2.
$R \approx 30\ \Omega$

Zadanie 144.3.
$R \approx 14\ \Omega$



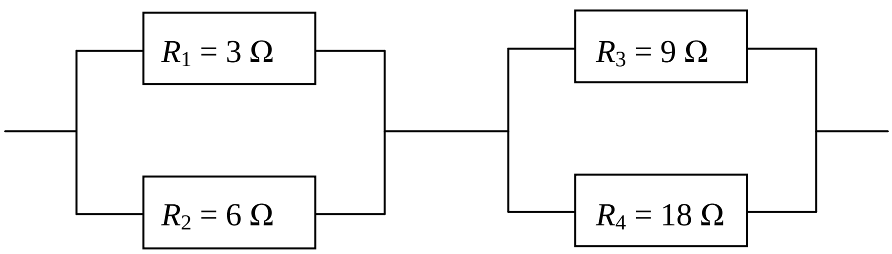
Zadanie 144.4.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 145.1.
C

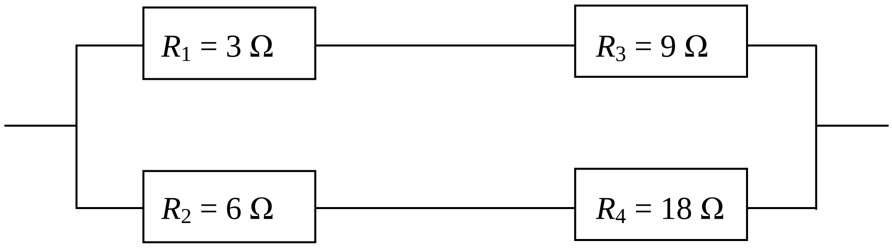
Zadanie 145.2.
B

Zadanie 146.
D

Zadanie 147.
Przykłady schematów układu i obliczeń spełniających warunki polecenia:



$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{3 \cdot 6}{3+6} + \frac{9 \cdot 18}{9+18} = 2 + 6 = 8\,\Omega$$



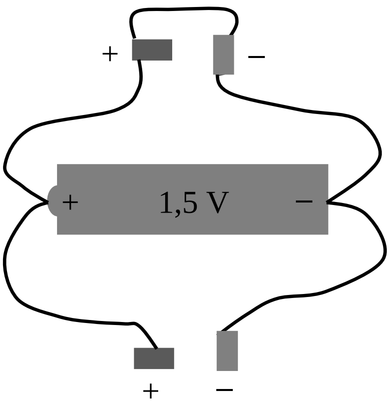
$$R = \frac{(R_1 + R_3)\cdot(R_2 + R_4)}{(R_1 + R_3) + (R_2 + R_4)} = \frac{12\cdot 24}{12 + 24} = \frac{288}{36} = 8\,\Omega$$

Zadanie 148.1.
$d = 2{,}33\cdot 10^{-4}$ m

Zadanie 148.2.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 148.3.
C

Zadanie 149.
Przedstawiony na rysunku schemat połączeń (równoważny zaproponowanemu w treści zadania) nie jest równoważny szeregowemu połączeniu dwóch baterii, co ma miejsce przy prawidłowym podłączeniu 2 baterii 1,5 V do pilota wymagającego zasilania napięciem 3 V.



Zadanie 150.1.
B

Zadanie 150.2.
1. F
2. P
3. F

Zadanie 150.3.
niepotrzebny, można obliczyć

Zadanie 150.4.
$\eta \approx 0{,}95$

Zadanie 151.1.
$\frac{r_w}{R} = \frac{\varepsilon - U}{U} = 0{,}25$, gdzie ε = 1,5 V – siła elektromotoryczna ogniwa, U = 1,2 V – napięcie wskazywane przez woltomierz, r_w – opór wewnętrzny ogniwa, R – opór opornika.

Zadanie 151.2.
1. P
2. F
3. P

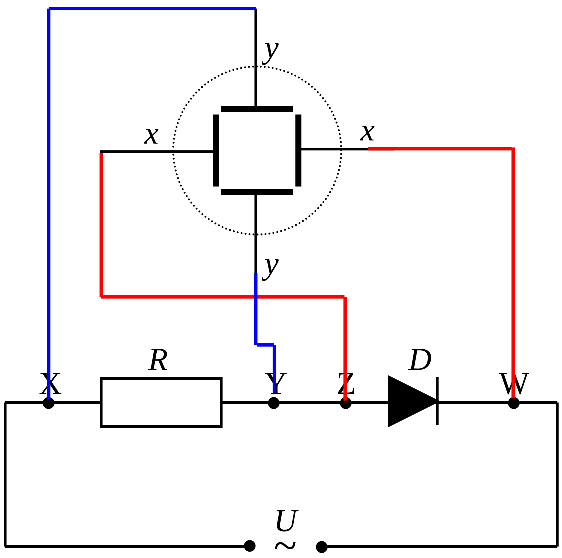
Zadanie 152.
C

Zadanie 153.1.
$$I_s = \sqrt{\frac{23}{36}} \cdot I_{max}$$

Zadanie 153.2.
B

Zadanie 154.1.
R = 12 Ω

Zadanie 154.2.



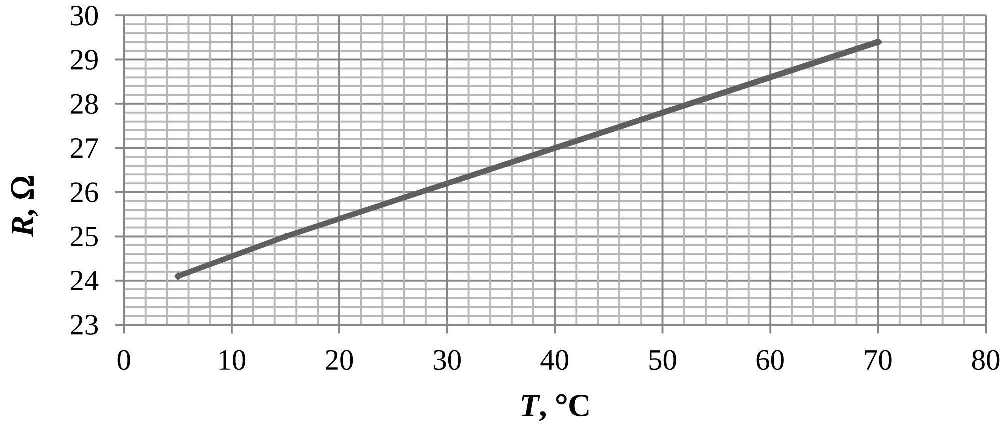
Zadanie 155.1.
1. półprzewodników, ujemny
2. metali, dodatni

Zadanie 155.2.
1. P
2. P
3. P

Zadanie 155.3.

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0(T_1 - T_0)}$$

Zadanie 156.1.
A.



B. α = 0,0034 K^{-1}

Zadanie 157.1.

$$\varepsilon \approx 1\,\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}.$$

Zadanie 157.2.

$\mathcal{E}_{max} \approx 35$ V

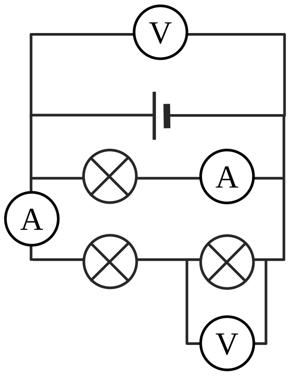
Zadanie 157.3.
1. F
2. P
3. F

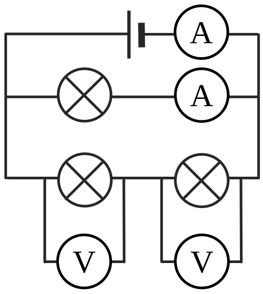
Zadanie 158.1.
P = 6,30 W
ΔP = 0,54 W

Zadanie 158.2.
Najmniejsza niepewność względna oporu i mocy: żarówka 2.
Największa niepewność względna oporu i mocy: żarówka 1.

Zadanie 158.3.
1. P
2. F
3. P

Zadanie 158.4.
Przykładowe dwa układy spełniające warunki polecenia:





Zadanie 158.5.
Najsłabiej świeciła żarówka nr 2, ponieważ miała najmniejszy opór.

Zadanie 159.1.

U (V)	I (mA)	Nazwa elementu, na którym mierzono napięcie
1,53	7,5	ogniwo
1,50	7,5	opornik
0,03	7,5	amperomierz

Zadanie 159.2.
1. P
2. F
3. P

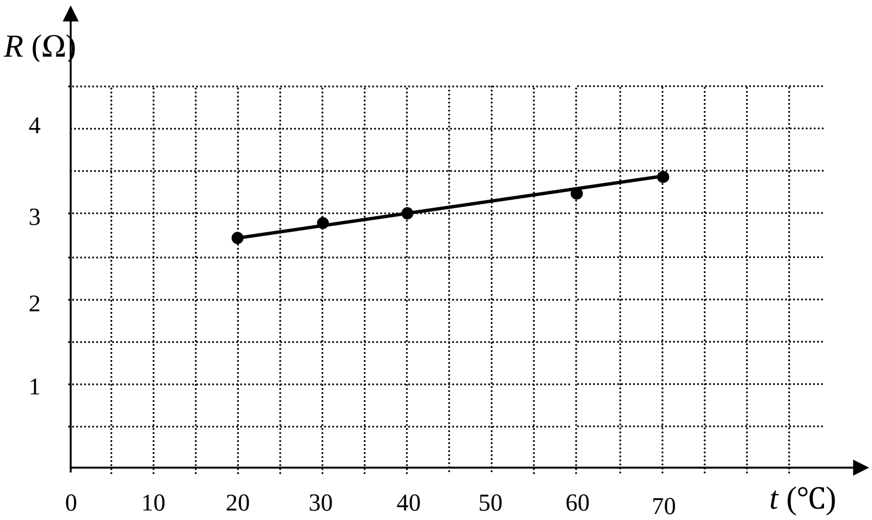
Zadanie 159.3.
$R = (30 \pm 2)\ \Omega$

Zadanie 159.4.
$R \approx 1{,}5\ \mathrm{M\Omega}$

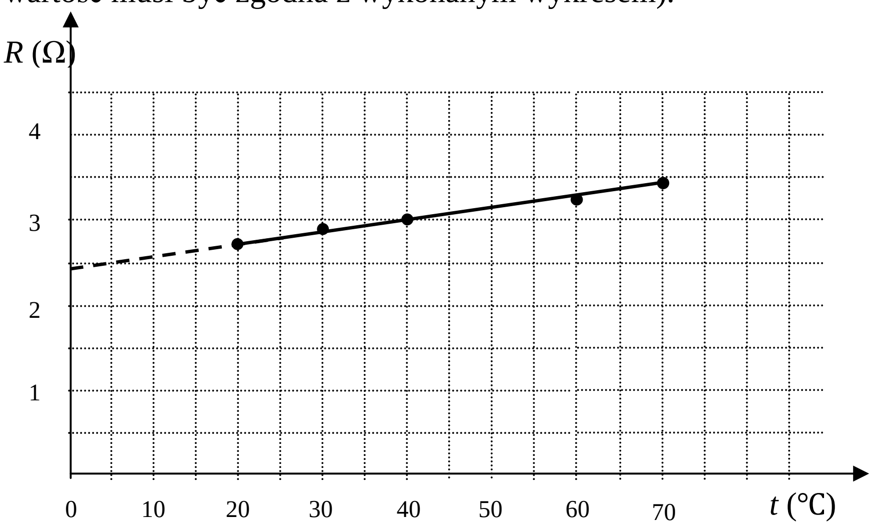
Zadanie 160.1.
– Bardzo małe natężenie prądu gwarantuje, że temperatura spirali wolframowej będzie taka sama, jak ogrzanej wody, w której jest zanurzona.
– Większe natężenie prądu spowodowałoby ogrzanie spirali powyżej temperatury wody i zafałszowanie wyników doświadczenia.

Zadanie 160.2.

R (Ω)	2,7	2,9	3		3,27	3,45



Zadanie 160.3.
Należy przedłużyć wykres do przecięcia z osią R i odczytać wartość $R \approx 2{,}4\ \Omega$ (odczytana wartość musi być zgodna z wykonanym wykresem).



Zadanie 160.4.
$U = 31{,}4$ mV

Zadanie 160.5.
$\alpha = 0{,}00625 \frac{1}{\mathrm{K}}$

Zadanie 160.6.
1. A

Zadanie 161.1.
$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4}$

Zadanie 161.2.
1. F
2. P

3. F
4. F

Zadanie 161.3.
2. E

Zadanie 161.4.

Opór R odcinka drutu oporowego o długości l można wyrazić wzorem: $R = \rho\frac{l}{S}$, gdzie przez ρ oznaczono opór właściwy materiału, a S to pole przekroju poprzecznego tego drutu.

Po podstawieniu zależności: $R = \rho\frac{l}{S}$ zamiast R_3 i R_4 w wyrażeniu:

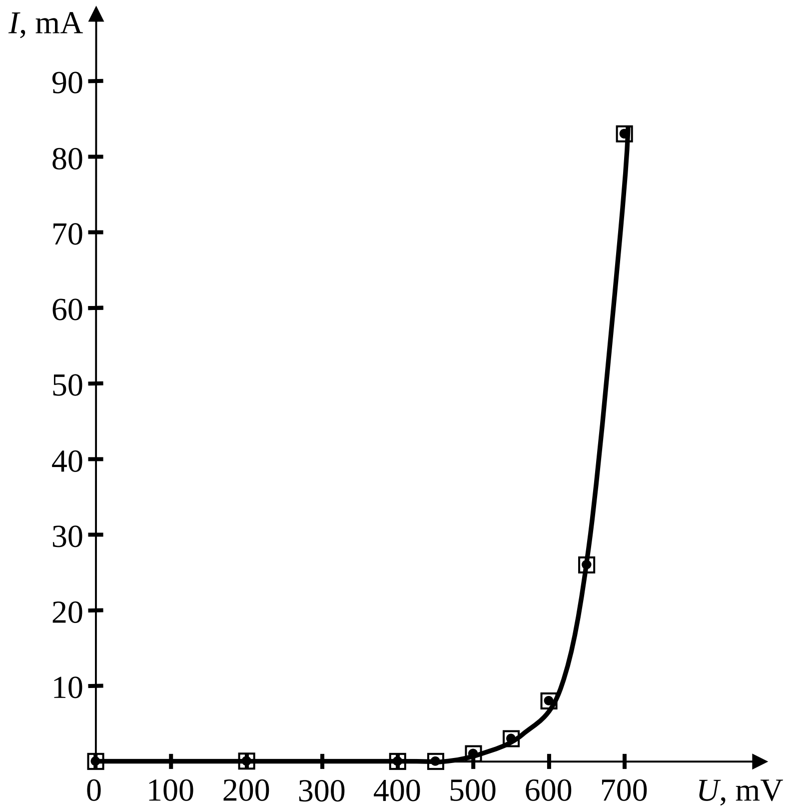
$R_1 = R_2\frac{R_3}{R_4} = R_2\frac{\rho\frac{l_3}{S}}{\rho\frac{l_4}{S}}$ i redukcji, otrzymamy wzór: $R_1 = R_2\frac{l_3}{l_4}$.

Zadanie 161.5.

Wykazanie, że wspólny mianownik obu ułamków ($l_3 \cdot l_4 - l^2$) osiąga wartość maksymalną dla $l_3 = l_4 = 0{,}5l$ i wtedy wyrażenie na $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta l_3}{l_3} + \frac{\Delta l_4}{l_4}$ osiąga minimalna wartość, czyli względna niepewność pomiarową oporu R_1 jest największa.

Zadanie 161.6.
nie muszą

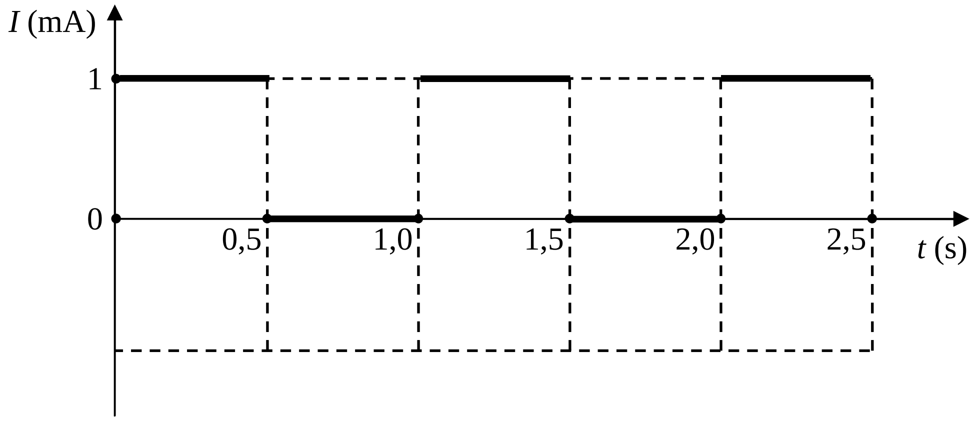
Zadanie 162.1.



Zadanie 162.2.
B

Zadanie 162.3.
Zakres $\frac{R_1}{R_2}$ od 0 do 0,875.

Zadanie 162.4.



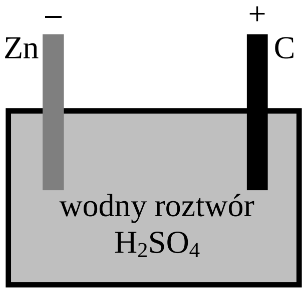
Zadanie 163.1.
Od –20°C do 0°C.

Zadanie 163.2.
2. B

Zadanie 163.3.
$R \approx 17$ kΩ

Zadanie 163.4.
Zmniejszenie pola przekroju poprzecznego spowoduje wzrost oporu.

Zadanie 164.1.



Zadanie 164.2.
D

Zadanie 164.3.
3. C

Zadanie 164.4.
$P \approx 2 \cdot 10^{-4}$ W

Zadanie 165.1.
I. 50°C
II. −15°C

Zadanie 165.2.
1. B

Zadanie 165.3.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 165.4.
widma światła, mogą

Zadanie 166.1.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 166.2.
W = 0,37 kWh

Zadanie 166.3.
Zapisanie błędu: $3\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}^2} \neq 0{,}01\mathrm{MPa}$ zamiast 0,03 MPa lub znalezienie błędu w zapisie jednostki Mpa, zamiast MPa.

Zadanie 167.3.
widm atomowych

Zadanie 168.1.
1. A

Zadanie 168.2.
A

Zadanie 169.1.
1. C

Zadanie 169.2.
Liczba fotonów emitowanych w tym samym czasie przez oba lasery jest taka sama, ponieważ maksymalne natężenie prądu płynącego przez obie fotokomórki jest takie samo, czyli wybijanych jest tyle samo elektronów.

Zadanie 170.1.
$\lambda = 6{,}6568 \cdot 10^{-10}$ m

Zadanie 170.2.
2. C

Zadanie 171.1.
$f = 6{,}6\cdot 10^{15}$ Hz

Zadanie 171.2.
1. F
2. F
3. F

Zadanie 171.3.
$R = 1{,}096\cdot 10^{7}\ \frac{1}{m}$

Zadanie 172.1.
C

Zadanie 172.2.
B

Zadanie 173.
Bardziej wydajna jest reakcja syntezy.

Zadanie 174.1.
Energia protonów (60 MeV) jest zbyt mała, aby wiązka protonów mogła wejść w tkankę na większą głębokość niż 3 cm.

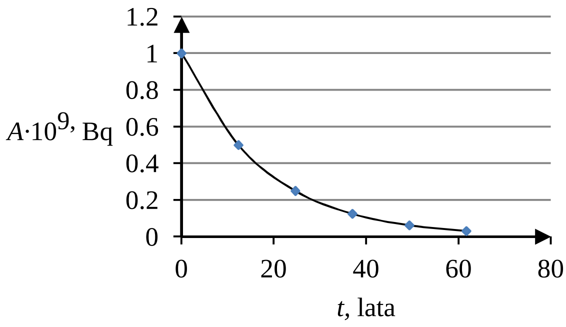
Zadanie 174.2.
Średnica duantów, indukcja pola magnetycznego.
Wzory: $v = \frac{q\cdot B\cdot R}{m}$ lub $E = \frac{q^2\cdot B^2\cdot R^2}{2\cdot m}$.

Zadanie 175.
1. F
2. P
3. F
4. P

Zadanie 176.1.
${}_{1}^{3}T \rightarrow {}_{2}^{3}He + {}_{-1}^{0}e + \overline{\nu_e}$

Zadanie 176.2.
ok. 10^{24} cząsteczek

Zadanie 176.3.



Zadanie 176.4.
$^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{3}_{1}T + ^{4}_{2}He$

Zadanie 177.1.
$H = 10^{-3}$mSv

Zadanie 177.2.
E = 0,3 mSv

Zadanie 177.3.
1. P
2. F

Zadanie 178.
1. P
2. F
3. F

Zadanie 179.
rentgenowskie, lampa rentgenowska, atomowa

Zadanie 180.1.
Osłanianie jest potrzebne, aby do fotopowielacza docierały jedynie fotony powstające w scyntylatorze pod wpływem promieniowania jonizującego.

Zadanie 180.2.
A

Zadanie 181.1.
C

Zadanie 181.2.
1. P
2. F
3. F

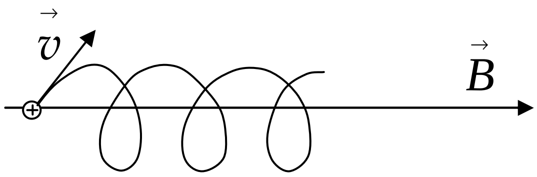
Zadanie 181.3.
Zwiększenie mocy promieniowania spowoduje emisję w tym samym czasie większej ilości fotonów. Fotony te wybiją więcej elektronów, powodując wzrost natężenia prądu.

Zadanie 181.4.
$P \approx 0{,}07$ W

Zadanie 182.1.
Informacja potwierdzająca hipotezę hormezy – *Śmiertelność z powodu wszystkich przyczyn była wśród robotników narażonych na promieniowanie około 24% mniejsza niż u stoczniowców nienapromienionych zawodowo.*
Informacja podważająca hipotezę liniową – *Według tej hipotezy dawka 350 mSv, odpowiada wzrostowi zgonów nowotworowych o 1,75%, nie zaobserwowano jednak wzrostu liczby nowotworów po takich dawkach, ani w Norwegii ani w innych krajach, gdzie średnia naturalna dawka życiowa jest jeszcze większa.*

Zadanie 182.2.
Jest to wiersz 2. i 5., ponieważ pomimo wzrostu dawki liczba zgonów zmalała.

Zadanie 182.3.
3. B

Zadanie 183.1.


Zadanie 183.2.
Dwa spośród niżej wymienionych:
– bardzo wydajne źródło energii,
– dostępność paliwa,
– małe zużycie paliwa,
– mała ilość odpadów,
– duże bezpieczeństwo,
– brak możliwości wybuchu.

Zadanie 183.3.
Np. ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ lub ${}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

Zadanie 183.4.
1. P
2. P
3. F

Zadanie 183.5.
1. B

Zadanie 184.1.
13 tys. terawatów energii lub *1 tys. megawatów energii*

Zadanie 184.2.

A. $P = \dfrac{\frac{l}{\pi} \cdot d}{4\pi r^2} \cdot P_{\text{sl}} \approx 2 \cdot 10^{15}$ W,

gdzie $l \approx 11\,000$ km – długość równika księżycowego, $d = 400$ km – szerokość pierścienia pokrytego ogniwami słonecznymi, $r \approx 150\,000\,000$ km – odległość Księżyca od Słońca, $P_{\text{sl}} \approx 4 \cdot 10^{26}$ W – moc promieniowania słonecznego.

B. $2 \cdot 10^{15}\ \text{W} < 13\,000\ \text{TW} = 13 \cdot 10^{15}$ W, więc 13 tys. terawatów nierealne.

Zadanie 184.3.

${}^{3}_{2}\text{He} + {}^{2}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{1}_{1}\text{p}$

(dozwolone użycie symbolu D dla deuteru, ${}^{4}_{2}\alpha$ zamiast ${}^{4}_{2}\text{He}$, ${}^{1}_{1}\text{H}$ zamiast ${}^{1}_{1}\text{p}$)

Zadanie 184.4.

3. C

Zadanie 185.1.

1. F
2. P
3. P

Zadanie 185.2.

A

Zadanie 185.3.

Użyto słowa *neutronowa* zamiast *neutrinowa*. Poprawne zdanie*: I choć w detektorach odnaleziono zaledwie 24 takie cząstki, pozagalaktyczna astronomia neutrinowa opierała się wyłącznie na ich pomiarach*.

Zadanie 185.4.

2. C

Zadanie 187.2.

1. A

Zadanie 187.3.

Wartość prędkości liniowej księżyców można obliczyć ze wzoru na prędkość satelity na orbicie kołowej:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}\ .$$

Ze wzoru tego wynika, że im większy jest promień orbity, tym mniejsza jest wartość prędkości satelity.

Zatem prędkość liniowa Deimosa ma mniejszą wartość niż prędkość liniowa Fobosa.

Zadanie 187.4.

Obliczona masa Marsa wynosi $M = 6{,}48 \cdot 10^{23}\,\text{kg}$.

Zadanie 188.
A. Ziemia krąży wokół Słońca, a jednocześnie obraca się wokół własnej osi. Gwiazda Polarna znajduje się w pobliżu punktu, przez który przechodzi oś obrotu Ziemi. Stąd gwiazdy zakreślają współśrodkowe okręgi wokół tego punktu.
B. Gwiazdy zakreśliły około 1/4 długości okręgu – czas otwarcia migawki aparatu to ok. 1/4 doby, czyli t = 6 h.

Zadanie 189.
D

Zadanie 190.1.
C

Zadanie 190.2.
1. P
2. P
3. F

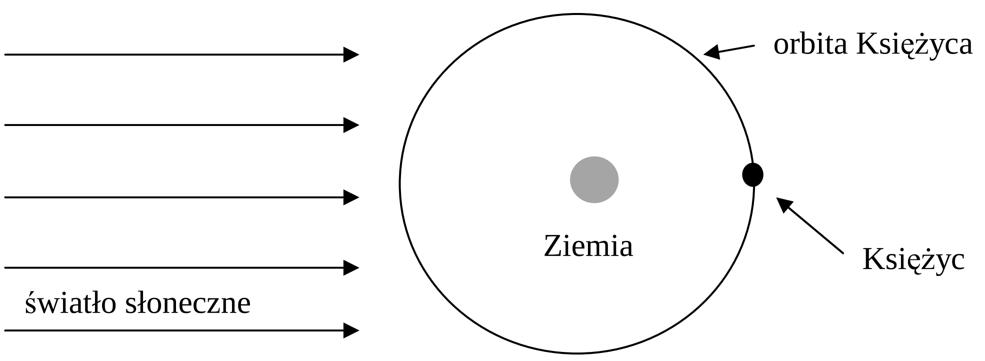
Zadanie 190.3.

$$r = \frac{360^\circ}{\alpha} \cdot \frac{l}{2\pi} \approx 3 \cdot 10^{16} \text{ m},$$

gdzie l = 150 000 000 km (promień orbity ziemskiej), $\alpha = 1'' = \frac{1}{3600}^\circ$ (kąt, pod jakim z kierunku prostopadłego do płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca z odległości 1 pc widać byłoby promień orbity ziemskiej), r = 1 pc.

Zadanie 191.1.
407 tys. km

Zadanie 191.2.
Księżyca; Słońce, Ziemia i Księżyc będą znajdować się na jednej linii



Zadanie 191.3.
1. B

Zadanie 192.

$$r^3 = \frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2} \quad ,$$

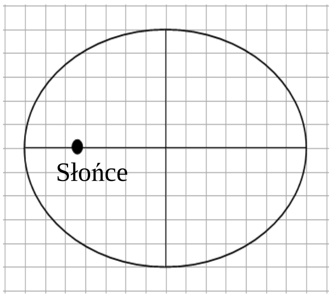
Gdzie: $r = 20\,400\ \text{km} = 2{,}04 \cdot 10^{7}\ \text{m}$ – promień orbity satelity, który mógłby pozostawać w spoczynku względem powierzchni Marsa, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ – stała grawitacji, $M = 6{,}4 \cdot 10^{23}\ \text{kg}$ – masa Marsa, $T = 24\ \text{h}\ 37\ \text{min} \approx 8{,}86 \cdot 10^{4}\ \text{s}$ – okres obiegu wokół Marsa satelity pozostającego w spoczynku względem powierzchni Marsa równy okresowi obrotu Marsa wokół własnej osi.

$r^3 \approx 8{,}5 \cdot 10^{21}\ \text{m}^3$

$\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2} \approx 8{,}5 \cdot 10^{21}\ \text{m}^3$

Zadanie 193.1.
3. B

Zadanie 193.2.
$e = 0{,}64$
Stwierdzenie, że elipsa jest wydłużona jest uzasadnione.



Położenie Słońca można także zaznaczyć w drugim ognisku elipsy.

Zadanie 193.3.
1. F
2. F
3. P

Zadanie 193.4.
$g \approx 10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Zadanie 193.5.
Po takim podskoku nie można powrócić na powierzchnię komety, ponieważ $v > v_{\text{II}}$.

Zadanie 194.1.
A

Zadanie 194.2.
1. F
2. F
3. F
4. F

Zadanie 195.1.

T_P = 0,19 roku ziemskiego

Zadanie 195.2.

C

4. Wykaz umiejętności ogólnych i szczegółowych sprawdzanych zadaniami

Litera **G** przy numerze wymagania oznacza III etap edukacyjny (gimnazjum), zaś litera **P** – IV etap edukacyjny, zakres podstawowy. Wymagania z IV etapu edukacyjnego z zakresu rozszerzonego zostały zapisane w postaci numerów bez symboli literowych.

Zadanie 1.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 1.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu.

Zadanie 2.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 2.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu; 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 2.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zadanie 3.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej; 1.5) […] interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 3.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.10) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zadanie 5.

Wymagania ogólne	G III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.3) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych; G 1.4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; G 1.10) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona.

Zadanie 6.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał.

Zadanie 6.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 7.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością […] w ruchu jednostajnym […] do obliczania parametrów ruchu; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 8.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.9) posługuje się pojęciem siły ciężkości; 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zadanie 9.1.

Wymagania ogólne	I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.2) oblicza energię potencjalną sprężystości; 3.5) stosuje zasadę zachowania energii […].

Zadanie 9.2.

Wymagania ogólne	I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Zadanie 9.3.

Wymagania ogólne	I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Zadanie 10.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Zadanie 10.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).

Zadanie 10.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 11.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

Zadanie 11.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego.

Zadanie 11.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego; 4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej.

Zadanie 12.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej i potencjalnej ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym.

Zadanie 12.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.

Zadanie 12.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.

Zadanie 13.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywana pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.6) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 13.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywana pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 13.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywana pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […]; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 14.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze.

Zadanie 15.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.3) oblicza momenty sił.

Zadanie 16.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.

Zadanie 17.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.3) oblicza momenty sił; 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa i przyspieszenie kątowe).

Zadanie 17.2.

Wymagania ogólne	III. wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa i przyspieszenie kątowe); 2.7) analizuje ruch obrotowy […].

Zadanie 18.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.13) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu […] jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 19.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu […] jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 19.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 19.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 20.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.1) rozróżnia pojęcia: punkt materialny, bryła sztywna, zna granice ich stosowalności; 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności.

Zadanie 20.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu; 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.

Zadanie 20.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Zadanie 20.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe).

Zadanie 21.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.3) oblicza momenty sił; 2.5) wyznacza położenie środka masy.

Zadanie 21.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.1) rozróżnia pojęcia: punkt materialny, bryła sztywna, zna granice ich stosowalności; 2.3) oblicza momenty sił.

Zadanie 22.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Zadanie 23.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.1) rozróżnia pojęcia: punkt materialny, bryła sztywna, zna granice ich stosowalności; 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.5) wyznacza położenie środka masy.

Zadanie 23.2.

Wymagania ogólne	G I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.2) posługuje się pojęciami amplitudy drgań, okresu, częstotliwości do opisu drgań, wskazuje położenie równowagi […].

Zadanie 23.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.5) wyznacza położenie środka masy; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 23.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.5) wyznacza położenie środka masy; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 24.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona.

Zadanie 24.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze.

Zadanie 24.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej […]); 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy ([…], oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).

Zadanie 25.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe); 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych); 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu […], oblicza wartości współczynników a i b […]; 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 26.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe).

Zadanie 26.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zadanie 26.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 26.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru […] (wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 26.5.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.13) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.

Zadanie 27.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił); G 9.4) wyznacza masę ciała za pomocą dźwigni dwustronnej, innego ciała o znanej masie i linijki.

Zadanie 27.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Zadanie 27.3.

Wymagania ogólne	G I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości.

Zadanie 27.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.3) oblicza momenty sił; 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Zadanie 27.5.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.5) wyznacza położenie środka masy.

Zadanie 28.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu; 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych); 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania […].

Zadanie 28.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 28.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru ([…], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 28.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.1) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego (np. wyznaczenie przyspieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym). 13.2) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego).

Zadanie 29.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.1) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego […].

Zadanie 29.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.1) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego […].

Zadanie 29.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń : G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących). 13.1) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego […].

Zadanie 29.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.5) […] interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 30.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą; 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 30.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą; G 1.9) posługuje się pojęciem siły ciężkości; 1.11) […] posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 30.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą; 1.11) […] posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 30.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.6) posługuje się pojęciem przyspieszenia do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 31.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; P 1.2) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej.

Zadanie 31.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; P 1.2) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych inieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym.

Zadanie 31.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu; opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego.

Zadanie 31.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona.

Zadanie 32.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.6) […] (stosuje III prawo Keplera).

Zadanie 32.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […] do zjawiska odrzutu; 1.2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia.

Zadanie 32.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał.

Zadanie 32.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.6) posługuje się pojęciem pierwszej prędkości kosmicznej […].

Zadanie 33.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.3) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych; G 1.4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; 2.3) oblicza momenty sił; 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Zadanie 33.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.7) opisuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; G 1.8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 8.6) odczytuje dane z tabeli i zapisuje dane w formie tabeli.

Zadanie 33.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.3) oblicza momenty sił; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 33.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; G 1.12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.

Zadanie 34.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił); 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; G 1.12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.

Zadanie 34.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.5) wyznacza położenie środka masy.

Zadanie 34.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił); 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił.

Zadanie 35.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 35.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […]; 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności.

Zadanie 35.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.9) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […]; G 2.3) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii.

Zadanie 36.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 36.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […]; 6.5) opisuje drgania wymuszone.

Zadanie 36.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił.

Zadanie 36.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.4) wyjaśnia na czym polega stan nieważkości i podaje warunki jego występowania; 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […].

Zadanie 37.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu; G 5.2) opisuje zachowanie igły magnetycznej w obecności magnesu oraz zasadę działania kompasu.

Zadanie 37.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa.

Zadanie 37.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.

Zadanie 37.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego; G 2.8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego […].

Zadanie 38.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.5) stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej; 3.5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.

Zadanie 39.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas […] zjawiska odrzutu.

Zadanie 39.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas […] zjawiska odrzutu.

Zadanie 40.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […]; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił.

Zadanie 40.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał.

Zadanie 41.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu; 2.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej […].

Zadanie 42.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […] i zjawiska odrzutu; 1.5) […] interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zadanie 43.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.

Zadanie 44.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu.

Zadanie 44.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej i potencjalnej ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 44.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu […].

Zadanie 45.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

Zadanie 45.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.4) posługuje się pojęciem energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu; 4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych.

Zadanie 46.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej […].

Zadanie 46.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych […]; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 47.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […].

Zadanie 47.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zadanie 47.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywana pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 48.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze.

Zadanie 48.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń : 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 48.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.4) posługuje się pojęciem energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej.

Zadanie 49.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.7) opisuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […].

Zadanie 49.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali […].

Zadanie 49.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; G 2.5) stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 49.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.2) posługuje się pojęciem pracy […]; 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze.

Zadanie 50.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu.

Zadanie 51.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia […]; 2.3) oblicza momenty sił; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

Zadanie 51.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

Zadanie 51.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.5) wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

Zadanie 52.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu […]; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 52.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia […]; G 7.3) wyjaśnia powstawanie obrazu pozornego w zwierciadle płaskim, wykorzystując prawa odbicia […]; G 7.4) opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej, rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez zwierciadła wklęsłe.

Zadanie 52.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 53.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (prze wodnik liniowy, pętla, zwojnica).

Zadanie 53.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica); 9.2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (prze wodnik liniowy, pętla, zwojnica).

Zadanie 54.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.1) wykorzystuje prawo Coulomba do obliczania siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi.

Zadanie 54.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zadanie 55.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.9) oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne; 7.10) oblicza pracę potrzebną do naładowania kondensatora.

Zadanie 56.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku […].

Zadanie 57.1.

Wymagania ogólne	I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 57.2.

Wymagania ogólne	I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 58.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania; oblicza wartości współczynników a i b (ocena ich niepewności nie jest wymagana); 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zadanie 59.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej […]; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 59.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu; opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).

Zadanie 60.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.8) posługuje się (intuicyjnie) pojęciem napięcia elektrycznego; 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.4) analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków; 7.12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku […].

Zadanie 60.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.8) posługuje się pojęciem pojemności elektrycznej kondensatora; 7.9) oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne.

Zadanie 61.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.9) oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne; 7.10) oblicza pracę potrzebną do naładowania kondensatora.

Zadanie 61.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.8) posługuje się (intuicyjnie) pojęciem napięcia elektrycznego; 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego.

Zadanie 62.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 7. 2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.7) opisuje pole kondensatora płaskiego […]; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 62.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zadanie 62.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu.

Zadanie 62.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach […].

Zadanie 63.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki na ładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 63.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru ([…], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 63.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.5) opisuje zastosowanie materiałów ferromagnetycznych.

Zadanie 63.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica).

Zadanie 64.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 64.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym.

Zadanie 64.3.

Wymagania ogólne	P III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych. P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 2.6) opisuje efekt fotoelektryczny […]; P 3.3) […] opisuje rozpady […] beta […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 64.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 65.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej (…).

Zadanie 65.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4.3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego.

Zadanie 65.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości.

Zadanie 65.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.11) opisuje reakcje termojądrowe […]; G 6.2) posługuje się pojęciami […] częstotliwości […].

Zadanie 66.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych […].

Zadanie 66.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 66.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 66.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 1.4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; 9.4) opisuje wpływ materiałów na pole magnetyczne.

Zadanie 67.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.4) analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków; G 4.1) opisuje sposoby elektryzowania ciał przez tarcie i dotyk; wyjaśnia, że zjawisko to polega na przepływie elektronów; analizuje kierunek przepływu elektronów; G 4.2) opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych.

Zadanie 67.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.6) przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola.

Zadanie 67.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.3) oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego.

Zadanie 67.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.4) stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego.

Zadanie 67.5.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.8) posługuje się (intuicyjnie) pojęciem napięcia elektrycznego; G 4.4) stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego.

Zadanie 68.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego.

Zadanie 68.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła.

Zadanie 69.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […].

Zadanie 70.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych […].

Zadanie 71.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

Zadanie 72.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia […].

Zadanie 73.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zadanie 73.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek.

Zadanie 74.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.11) odróżnia wrzenie od parowania powierzchniowego; analizuje wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy.

Zadanie 74.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia.

Zadanie 75.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zadanie 75.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Zadanie 76.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną.

Zadanie 76.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek; 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Zadanie 76.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zadanie 76.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Zadanie 77.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę […], izobaryczną […].

Zadanie 77.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zadanie 77.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosferycznego).

Zadanie 78.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania; G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosferycznego).

Zadanie 79.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 3.6) posługuje się pojeniem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego); G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

Zadanie 79.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojeniem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego); G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

Zadanie 79.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojeniem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego); G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

Zadanie 80.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego).

Zadanie 80.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego).

Zadanie 81.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego); G 3.7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

Zadanie 82.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.8) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy […].

Zadanie 82.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona.

Zadanie 82.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosferycznego); 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy […].

Zadanie 82.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego); 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zadanie 83.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.11) opisuje ruch cieczy i gazów w zjawisku konwekcji; 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego […].

Zadanie 83.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.7) wyjaśnia związek między energią kinetyczną cząsteczek i temperaturą; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek.

Zadanie 83.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu.

Zadanie 83.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu.

Zadanie 84.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zadanie 84.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zadanie 84.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zadanie 85.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […].

Zadanie 85.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zadanie 85.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.10) […] oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

Zadanie 86.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu.

Zadanie 86.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną […]; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […].

Zadanie 86.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną […]; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […]; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń […].

Zadanie 87.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.9) interpretuje drugą zasadę termodynamiki.

Zadanie 87.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

Zadanie 88.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego.

Zadanie 88.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zadanie 88.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę; G 8.8) […] odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 89.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego.

Zadanie 89.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	5 Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zadanie 89.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zadanie 90.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej.

Zadanie 90.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej.

Zadanie 91.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 3.4) stosuje do obliczeń związek między masą, gęstością i objętością ciał stałych i cieczy, na podstawie wyników pomiarów wyznacza gęstość cieczy i ciał stałych; G 8.1) opisuje przebieg i wynik przeprowadzanego doświadczenia, wyjaśnia rolę użytych przyrządów […]; G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru […].

Zadanie 92.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.10) posługuje się pojęciem ciepła właściwego […]; 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 92.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną w obwodzie.

Zadanie 92.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego.

Zadanie 92.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną w obwodzie.

Zadanie 92.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.2) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia; 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego […] w analizie bilansu cieplnego; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 92.6.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 93.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.

Wymagania szczegółowe	13.3) Wymagania doświadczalne dotyczące ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy). Uczeń: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych); 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu […].

Zadanie 93.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 93.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 93.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru ([…] wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej); 12.7) […] krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 93.5.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego.

Zadanie 94.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.3) Wymagania doświadczalne dotyczące ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy).

Zadanie 94.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.3) Wymagania doświadczalne dotyczące ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy).

Zadanie 94.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.3) Wymagania doświadczalne dotyczące ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy). Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej […]).

Zadanie 94.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.3) Wymagania doświadczalne dotyczące ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy).

Zadanie 95.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równania Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zadanie 95.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.

Zadanie 95.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 7.8) posługuje się pojęciem pojemności elektrycznej kondensatora.

Zadanie 95.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze; 7.8) posługuje się pojęciem pojemności elektrycznej kondensatora.

Zadanie 95.5.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 96.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.5) opisuje zjawisko napięcia powierzchniowego na wybranym przykładzie.

Zadanie 96.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał.

Zadanie 96.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; G 3.5) opisuje zjawisko napięcia powierzchniowego na wybranym przykładzie.

Zadanie 96.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących); 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej […]).

Zadanie 97.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.6) analizuje jakościowo zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonaniem pracy i przepływem ciepła; G 2.9) opisuje zjawisko parowania i skraplania.

Zadanie 97.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.9) interpretuje drugą zasadę termodynamiki; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 97.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.

Zadanie 97.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.9) interpretuje drugą zasadę termodynamiki; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 98.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 3.9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa; G 2.8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego […].

Zadanie 98.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.8) […] odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 98.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.8) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie; G 3.9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa.

Zadanie 98.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.4) stosuje do obliczeń związek między masą, gęstością i objętością ciał stałych i cieczy, na podstawie wyników pomiarów wyznacza gęstość cieczy i ciał stałych; G 8.8) […] odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 99.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 99.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 99.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 100.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 2.9) opisuje zjawisko topnienia, krzepnięcia […].

Zadanie 100.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa; 2.9) opisuje zjawisko topnienia, krzepnięcia […].

Zadanie 100.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.11) odróżnia wrzenie od parowania powierzchniowego (…).

Zadanie 100.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.

Zadanie 101.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.3) oblicza okres drgań […] wahadła matematycznego; G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, […] mierzy: czas, długość […].

Zadanie 102.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających.

Zadanie 103.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.1) opisuje ruch wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie oraz analizuje przemiany energii w tych ruchach; 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu; 6.4) interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym.

Zadanie 103.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego.

Zadanie 103.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego.

Zadanie 104.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie […].

Zadanie 104.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […].

Zadanie 104.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […].

Zadanie 105.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […]; 6.4) interpretuje wykresy zależności położenia […] od czasu w ruchu drgającym.

Zadanie 106.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.3) oblicza okres drgań […] wahadła matematycznego.

Zadanie 107.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 107.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 108.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.6) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym.

Zadanie 108.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 108.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.6) opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach; 6.5) opisuje drgania wymuszone.

Zadanie 109.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.13) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.

Zadanie 110.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

Zadanie 110.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością; 6.13) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.

Zadanie 111.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7. 4) opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej, rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez zwierciadła wklęsłe.

Zadanie 111.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.4) opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej, rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez zwierciadła wklęsłe; 10.9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.

Zadanie 112.

Wymagania ogólne	G III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.3) wyjaśnia powstawanie obrazu pozornego w zwierciadle płaskim, wykorzystując prawa odbicia; opisuje zjawisko rozproszenia światła przy odbiciu od powierzchni chropowatej; G 7.4) opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej, rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez zwierciadła wklęsłe.

Zadani 113.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia […] fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 113.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia […] fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 113.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia […] fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […]); 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 114.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 114.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia […]; 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 115.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.5) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie; 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 115.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10. 6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 115.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawo odbicia i załamania fal do wyznaczania biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 115.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 116.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających.

Zadanie 117.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.6) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą (biegnących równolegle do osi optycznej), posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej.

Zadanie 118.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.3) opisuje doświadczenie Younga.

Zadanie 119.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.5) opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu i przy przejściu przez polaryzator.

Zadanie 120.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 120.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 121.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.11) wyjaśnia zjawisko ugięcia fali […].

Zadanie 121.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.1) opisuje widmo fal elektromagnetycznych […].

Zadanie 122.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

Zadanie 122.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […].

Zadanie 122.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.2) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu wahadła […].

Zadanie 122.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej) […]; G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących).

Zadanie 122.5.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.10) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; 12.6) […] wskazuje wielkość, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej.

Zadanie 123.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.6) opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach.

Zadanie 123.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania; oblicza wartości współczynników a i b (ocena ich niepewności nie jest wymagana).

Zadanie 123.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania; oblicza wartości współczynników a i b (ocena ich niepewności nie jest wymagana); 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 123.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 123.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego.

Zadanie 124.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.12) wyznacza okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego; G 8.12) planuje doświadczenia lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru […].

Zadanie 124.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.12) wyznacza okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego; 12.5) […] oblicza wartość współczynników a i b […].

Zadanie 124.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymaganie szczegółowe	Uczeń: 9.12) wyznacz okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego.

Zadanie 124.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.12) wyznacz okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego.

Zadanie 125.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.2) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego).

Zadanie 125.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	13.2) Wymagania doświadczalne dotyczące ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego). Uczeń: 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie [...]; G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości.

Zadanie 125.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru ([…], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 125.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

Zadanie 126.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny). Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością; 6.12) opisuje fale stojące […]; G 8.8) […] odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 126.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące […].

Zadanie 126.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące […].

Zadanie 126.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: czas, długość, masę, temperaturę, napięcie elektryczne, natężenie prądu.

Zadanie 127.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.13) wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za po mocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego.

Zadanie 127.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.13) wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za po mocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego; G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych.

Zadanie 127.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.13) wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za po mocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego; 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością; 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 127.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.13) wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za po mocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego; 6.6) opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach.

Zadanie 127.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.13) wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za po mocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego; 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

Zadanie 128.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych; 6.12) opisuje fale stojące […].

Zadanie 128.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych; 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością […]; 6.12) opisuje fale stojące […]. 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny).

Zadanie 128.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.1) opisuje przebieg i wynik przeprowadzonego doświadczenia; G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru […]. 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny […].

Zadanie 128.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.3) posługuje się pojęciem gęstości; G 3.4) stosuje do obliczeń związek między masą, gęstością i objętością ciał stałych […].

Zadanie 128.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych; 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością […]; 6.12) opisuje fale stojące […].

Zadanie 129.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych). 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny).

Zadanie 129.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, […], prędkością; 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […]). 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny).

Zadanie 129.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, […], prędkością; 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie. 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny).

Zadanie 129.4.

Wymagania ogólne	G III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych. 13.6) Wymagania doświadczalne dotyczące drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny).

Zadanie 129.5.

Wymagania ogólne	G IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 130.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 13.8) załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego); 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 130.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.8) Wymagania doświadczalne dotyczące załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego). Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 130.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 130.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających.

Zadanie 131.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 131.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia […].

Zadanie 131.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny; 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 13.8) bada załamanie światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego).

Zadanie 131.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zadanie 131.5.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 132.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).

Zadanie 132.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).

Zadanie 132.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).

Zadanie 132.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).

Zadanie 133.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.

Zadanie 133.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu […] z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 133.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 133.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 133.5.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów […] pozornych otrzymywane za pomocą soczewek […] rozpraszających.

Zadanie 134.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.7) Wymagania doświadczalne dotyczące dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD).

Zadanie 134.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.7) Wymagania doświadczalne dotyczące dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD).

Zadanie 134.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.7) Wymagania doświadczalne dotyczące dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD).

Zadanie 135.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.10) opisuje zjawisko interferencji.

Zadanie 135.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.

Zadanie 135.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego.

Zadanie 135.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością; 6.10) opisuje zjawisko interferencji […].

Zadanie 135.5.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 136.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.7) Wymagania doświadczalne dotyczące dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD). Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 136.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 136.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 136.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	13.7) Wymagania doświadczalne dotyczące dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD). Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

Zadanie 136.5.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń:

	10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej; G 8.10) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących); 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej).

Zadanie 137.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek […].

Zadanie 137.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu.

Zadanie 137.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.9) Wymagania doświadczalne dotyczące obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek […]. Uczeń: G 8.5) rozróżnia wielkości dane i szukane; 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy […]; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 137.4.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących); 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej) […].

Zadanie 138.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.3) wyjaśnia powstawanie obrazu pozornego w zwierciadle płaskim, wykorzystując prawa odbicia […]; G 7.9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu;

	10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 13.8) Wymagania doświadczalne dotyczące załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego).

Zadanie 138.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu; G 8.11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących); 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny; 12.4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli […]. 13.8) Wymagania doświadczalne dotyczące załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego).

Zadanie 138.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny. 13.8) Wymagania doświadczalne dotyczące załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego).

Zadanie 138.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu; 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków. 13.8) Wymagania doświadczalne dotyczące załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego).

Zadanie 139.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi […].

Zadanie 139.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.8) sporządza wykres na podstawie danych z tabeli (oznaczenie wielkości i skali na osiach), a także odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 139.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.8) sporządza wykres na podstawie danych z tabeli (oznaczenie wielkości i skali na osiach), a także odczytuje dane z wykresu.

Zadanie 140.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) stosuje prawo odbicia i załamania fal […].

Zadanie 140.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) stosuje prawo odbicia i załamania fal […]; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym […]).

Zadanie 140.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.7) stosuje prawo odbicia i załamania fal […].

Zadanie 141.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie; G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych.

Zadanie 141.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 141.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 6.5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 141.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 142.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 5.9) interpretuje drugą zasadę termodynamiki; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 142.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.8) stosuje w obliczeniach związek pomiędzy parametrami fali: długością, częstotliwością, […] prędkością; 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 142.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.5) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie; 6.8) stosuje w obliczeniach związek pomiędzy parametrami fali: długością, częstotliwością, […] prędkością; 6.9) opisuje zjawisko załamania fali na granicy dwóch ośrodków.

Zadanie 142.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.12) nazywa rodzaje fal elektromagnetycznych ([…] mikrofale, […]) i podaje przykłady ich zastosowania; 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 142.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie.

Zadanie 143.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.

Zadanie 144.1.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądow-napięciowej opornika, żarówki, ewentualnie diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$. Uczeń: G 4.12) buduje proste obwody elektryczne i rysuje ich schematy; G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: czas, długość, masę, temperaturę, napięcie elektryczne, natężenie prądu.

Zadanie 144.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Zadanie 144.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądowo-napięciowej opornika, żarówki, ewentualnie diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$. Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; G 8.4) przelicza wielokrotności i podwielokrotności (przedrostki mikro-, mili-, centy-, hekto-, kilo-, mega); przelicza jednostki czasu (sekunda, minuta, godzina, doba); 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).

Zadanie 144.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika.

Zadanie 145.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne.

Zadanie 145.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne.

Zadanie 146.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 147.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Zadanie 148.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników […].

Zadanie 148.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.6) oblicza […] moc rozproszoną na oporze.

Zadanie 148.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów.

Zadanie 149.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 150.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego.

Zadanie 150.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 13.5) przeprowadza badanie charakterystyki prądowo-napięciowej opornika, żarówki, ewentualnie diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności *I*(*U*); G 4.12) buduje proste obwody elektryczne i rysuje ich schematy.

Zadanie 150.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 13.5) przeprowadza badanie charakterystyki prądowo-napięciowej opornika, żarówki, ewentualnie diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności *I*(*U*); G 4.12) buduje proste obwody elektryczne i rysuje ich schematy.

Zadanie 150.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.10) posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego; 3.4) oblicza moc urządzeń, uwzględniając ich sprawność; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

Zadanie 151.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 151.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 152.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika.

Zadanie 153.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.13) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość, wartości skuteczne).

Zadanie 153.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika.

Zadanie 154.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych.

Zadanie 154.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.

Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym.

Zadanie 155.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 155.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 3.1) analizuje różnice w budowie mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 155.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 156.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.

Zadanie 157.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe).

Zadanie 157.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń:

	9.10) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej; 9.12) opisuje budowę i zasadę działania prądnicy i transformatora.

Zadanie 157.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.12) opisuje budowę i zasadę działania prądnicy i transformatora; 9.13) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość, wartości skuteczne); 9.4) opisuje wpływ materiałów na pole magnetyczne; 9.5) opisuje zastosowanie materiałów ferromagnetycznych.

Zadanie 158.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.10) posługuje się pojęciem […] mocy prądu elektrycznego; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […]). G 9.9) Wymagania doświadczalne dotyczące wyznaczania mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza.

Zadanie 158.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.6) oblicza […] moc rozproszoną na oporze; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej). G 9.9) Wymagania doświadczalne dotyczące wyznaczania mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza.

Zadanie 158.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	G 9.9) Wymagania doświadczalne dotyczące wyznaczania mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza. Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Zadanie 158.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.10) posługuje się pojęciem […] mocy prądu elektrycznego;

	8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; G 9.9) Wymagania doświadczalne dotyczące wyznaczania mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza.

Zadanie 158.5.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.6) oblicza […] moc rozproszoną na oporze. G 9.9) Wymagania doświadczalne dotyczące wyznaczania mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza.

Zadanie 159.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.8) wyznacza opór elektryczny opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza; G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 159.2.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.8) wyznacza opór elektryczny opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza; G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: czas, długość, masę, temperaturę, napięcie elektryczne, natężenie prądu.

Zadanie 159.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 9.8) wyznacza opór elektryczny opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza; G 8.10) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej); 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 159.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle; 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 160.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego.

Zadanie 160.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego; 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali […].

Zadanie 160.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego postępowania.

Zadanie 160.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 12.4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu.

Zadanie 160.5.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali […].

Zadanie 160.6.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 161.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego […]; 8.2) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 161.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 161.3.

Wymagania ogólne	V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.2) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali […].

Zadanie 161.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego […]; 8.2) oblicz opór przewodnika znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne.

Zadanie 161.5.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego […]; 8.2) oblicz opór przewodnika znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej.

Zadanie 161.6.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 162.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych); 13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądowo--napięciowej […] diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$).

Zadanie 162.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika; 13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądowo--napięciowej […] diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$).

Zadanie 162.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądowo--napięciowej […] diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$).

Zadanie 162.4.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika; 13.5) Wymagania doświadczalne dotyczące charakterystyki prądowo--napięciowej […] diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$).

Zadanie 163.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu […].

Zadanie 163.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

Zadanie 163.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Zadanie 163.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne.

Zadanie 164.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.6) opisuje przepływ prądu w przewodnikach jako ruch elektronów swobodnych; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 164.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 164.3.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: […], napięcie elektryczne […]; 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa […]; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zadanie 164.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.10) posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego; G 8.4) […] przelicza jednostki czasu (sekunda, […], godzina, doba); 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

Zadanie 165.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.

Zadanie 165.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników; 10.1) opisuje widmo fal elektromagnetycznych […].

Zadanie 165.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.

Zadanie 165.4.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystywanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.

Zadanie 166.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze; 9.13) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość, wartości skuteczne).

Zadanie 166.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 166.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 167.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego.

Zadanie 167.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali […].

Zadanie 167.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego.

Zadanie 168.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, wyjaśnia zasadę działania fotokomórki; P 2.6) opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Zadanie 168.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 2.6) opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Zadanie 169.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, wyjaśnia zasadę działania fotokomórki.

Zadanie 169.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, wyjaśnia zasadę działania fotokomórki.

Zadanie 170.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.5) określa długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek; 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła.

Zadanie 170.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 2.3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone.

Zadanie 171.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu […]; 7.1) wykorzystuje prawo Coulomba […].

Zadanie 171.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczania częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy; P 2.3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone.

Zadanie 171.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystywania pojęć i praw fizyki do wyjaśnienia procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 2.3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone; G 2.4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii.

Zadanie 172.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.9) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}U$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej.

Zadanie 172.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.10) opisuje działanie elektrowni atomowej […].

Zadanie 173.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.9) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}U$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej; P 3.10) opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej; P 3.11) opisuje reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach oraz w bombie wodorowej.

Zadanie 174.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 174.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 175.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.9) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}U$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej; P 3.10) opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej.

Zadanie 176.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α, β, γ; opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane) […].

Zadanie 176.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej.

Zadanie 176.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu.

Zadanie 176.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.5) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

Zadanie 177.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy.

Zadanie 177.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy.

Zadanie 177.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego; P 3.3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α, β, γ […]; P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy.

Zadanie 178.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej; 11.5) określa długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek.

Zadanie 179.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 10.1) opisuje widmo fal elektromagnetycznych i podaje źródła fal w poszczególnych zakresach z omówieniem ich zastosowań; 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego.

Zadanie 180.1.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.6) opisuje wybrany sposób wykrywania promieniowania jonizującego.

Zadanie 180.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.6) opisuje wybrany sposób wykrywania promieniowania jonizującego; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 181.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 2.6) opisuje efekt fotoelektryczny […].

Zadanie 181.2.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów […]
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 2.4) wyjaśnia pojęcie fotonu […]; 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła.

Zadanie 181.3.

Wymagania ogólne	P I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk […].
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 2.4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii; 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła.

Zadanie 181.4.

Wymagania ogólne	P I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła.

Zadanie 182.1.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych). II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy.

Zadanie 182.2.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych). II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy.

Zadanie 182.3.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych). II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 183.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 183.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.8) podaje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości i energii jądrowej; P 3.10) opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej; P 3.11) opisuje reakcje termojądrowe […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 183.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; P 3.11) opisuje reakcje termojądrowe zachodzące w bombie wodorowej oraz w gwiazdach.

Zadanie 183.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 183.5.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 4.2) opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych; P 3.11) opisuje reakcje termojądrowe […]; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek.

Zadanie 184.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.

Zadanie 184.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 184.3.

Wymagania ogólne	P I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; P 3.5) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku […].

Zadanie 184.4.

Wymagania ogólne	P IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 3.2) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania […].

Zadanie 185.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej; 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 185.2.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.5) określa długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek.

Zadanie 185.3.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 185.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki […].

Zadanie 186.

Wymagania ogólne	P I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.9) opisuje zasadę pomiaru odległości z Ziemi do Księżyca i planet opartą na paralaksie i zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej, posługuje się pojęciem jednostki astronomicznej i roku świetlnego.

Zadanie 187.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1. 9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; G 7.2) wyjaśnia powstawanie obszarów cienia i półcienia za pomocą prostoliniowego rozchodzenia się światła w ośrodku jednorodnym.

Zadanie 187.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 187.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością […] w ruchu jednostajnym […] do obliczania parametrów ruchu.

Zadanie 187.4.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4.9) oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 188.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.1) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciem okresu […].

Zadanie 189.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.8) wyjaśnia przyczynę występowania faz i zaćmień Księżyca; 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi.

Zadanie 190.1.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.9) opisuje […] zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 190.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 7.5) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie; P 1.9) opisuje […] zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 190.3.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.9) opisuje […] zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 191.1.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.9) opisuje zasadę pomiaru odległości z Ziemi do Księżyca i planet opartą na paralaksie […]; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 191.2.

Wymagania ogólne	III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.8) wyjaśnia przyczynę występowania faz i zaćmień Księżyca; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 191.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.1) opisuje ruch jednostajny po okręgu posługując się pojęciem okresu […].

Zadanie 192.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.6) posługuje się pojęciem […] satelity geostacjonarnego […], wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, wyznacza zależność okresu ruchu od promienia orbity […]; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zadanie 193.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4.8) oblicza okresy obiegu planet […], wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych.

Zadanie 193.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularno-naukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zadanie 193.3.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.6) posługuje się pojęciem pierwszej prędkości kosmicznej […]; opisuje ruch sztucznych satelitów […]; 4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej […] prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.

Zadanie 193.4.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: G 8.3) szacuje rząd wielkości spodziewanego wyniku i ocenia na tej podstawie wartości obliczanych wielkości fizycznych; 4.4) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.

Zadanie 193.5.

Wymagania ogólne	IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu; 4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.

Zadanie 194.1.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; P 1.9) […] posługuje się pojęciem jednostki astronomicznej i roku świetlnego.

Zadanie 194.2.

Wymagania ogólne	II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: P 1.7) wyjaśnia, dlaczego planety widziane z Ziemi przesuwają się na tle gwiazd; P 1.9) opisuje zasadę pomiaru odległości z Ziemi do Księżyca i planet opartą na paralaksie i zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej, posługuje się pojęciem jednostki astronomicznej i roku świetlnego.

Zadanie 195.1.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych.

Zadanie 195.2.

Wymagania ogólne	I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
Wymagania szczegółowe	Uczeń: 12.1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.