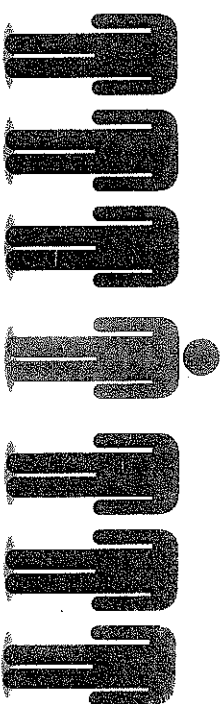


Internetowy zbiór zadań z fizyki

Zamkoru

Masz głowę na karku?



Skorzystaj z 2000 zadań

ze wskazówkami oraz pełnymi rozwiązaniami ekspertów



W grupie różnych

Multimedialny kurs fizyki Zamkoru

licencje grupowe dla szkół

Przygotowanie do matury w nowoczesnej formie

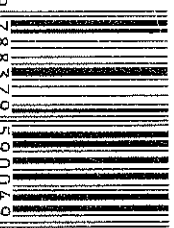
Zobacz więcej platforma.zamkor.pl

Zamkor spółka z ograniczoną
odpowiedzialnością S.K.A.
ul. Telegiero 19
31-352 Kraków
www.zamkor.pl

Sekretariat:
tel.: +48 12 623 25 20
faks: +48 12 623 25 24
e-mail: zamkor@zamkor.pl

Dział handlowy:
tel.: +48 12 623 25 10
faks: +48 12 623 25 13
e-mail: handel@zamkor.pl

ISBN 978-83-7959-004-9



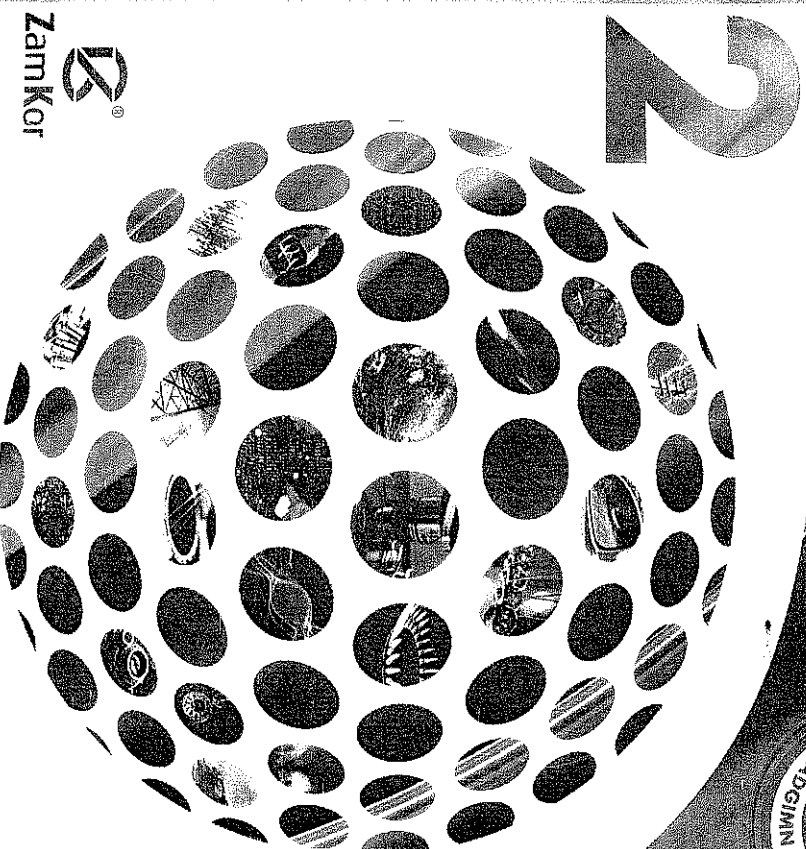
Agnieszka Bożek • Katarzyna Nessing • Jacek Salach

z fizyką w przyszłość zbiór zadań

dla szkół ponadgimnazjalnych
zakres rozszerzony



2



Zamkor

Autorki

Agnieszka Bożek, Katarzyna Nessing, Jadwiga Salach

Redakcja merytoryczna

Jadwiga Salach

Korekta językowa

Magdalena Puda-Błokesz

Projekt układu typograficznego

Paweł Serwan, Dominika Reńda

Projekt okładki

Joanna Wypiór

Redakcja techniczna

Stanisław Sagnowski



ZamKor

© Copyright by ZamKor spółka z ograniczoną odpowiedzialnością

Spółka komandytowo-akcyjna

ul. Tetmajera 19, 31-352 Kraków

NIP 677-23-73-069

REGON 122764214

tel. +48 12 623 25 00

faks +48 12 623 25 24

e-mail: zamkor@zamkor.pl

www.zamkor.pl

ISBN 978-83-7959-008-7 (całość)

ISBN 978-83-7959-004-9 (część 2)

Druk i oprawa

DRUKARNIA STABIL, Kraków, tel. 12 410 28 20

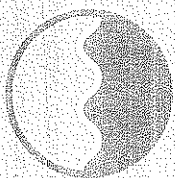
Spis treści

7. Drgania i fale mechaniczne.....	5
Opis ruchu drgającego.....	6
Wahadło matematyczne.....	13
Właściwości sprężyste ciał stałych. Prawo Hooke'a.....	14
Fale podłużne i poprzeczne. Równanie fali.....	14
Zjawiska falowe.....	16
Akustyka. Cechy dźwięków.....	17
Interferencja dźwięków. Fala stojąca.....	19
Zjawisko Dopplera.....	21
8. Zjawiska termodynamiczne.....	23
Gaz doskonały. Przemiany gazu doskonałego.....	24
Energia wewnętrzna. Pierwsza zasada termodynamiki.....	28
Silniki cieplne.....	32
Przemiany fazowe.....	36
Rozszerzalność liniowa i objętościowa.....	38
Przewodnictwo cieplne.....	40
9. Pole elektrostatyczne.....	41
Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych.....	42
Pole elektrostatyczne. Natężenie pola i potencjał.....	44
Kondensatory.....	49
10. Prąd stały.....	53
Prąd elektryczny. Natężenie prądu.....	54
Prawo Ohma. Opór elektryczny przewodnika.....	55
Praca i moc prądu elektrycznego.....	57
Łączenie odbiorników.....	58
Sila elektromotoryczna. Opór wewnętrzny ogniwa.....	66
Drugie prawo Kirchhoffa.....	70
11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm.....	73
Sila elektrodynamiczna.....	74
Cząstka w jednorodnym polu magnetycznym.....	77
Pole magnetyczne przewodników z prądem.....	81
Strumień indukcji magnetycznej.....	86
Prąd indukcyjny. Reguła Lenza.....	87
Prawo Faradaya.....	90
Zjawisko samoindukcji.....	94
Prąd zmienny.....	95
Transformator.....	97

12. Optyka	99
Zjawisko odbicia i załamania światła. Całkowite wewnętrzne odbicie	100
Zwierciadła	101
Płytką równoległościenną. Pryzmat	106
Soczewki	108
Układy optyczne: oko – soczewka	112
Lupa i mikroskop	113
Układy optyczne soczewek i zwierciadeł	114
13. Dualna natura promieniowania i materii	119
Dyfrakcja i interferencja	120
Polaryzacja światła	122
Zjawisko fotoelektryczne	124
Model Bohra	127
Fale de Broglie'a	130
Promieniowanie rentgenowskie	131
14. Modele przewodnictwa elektrycznego	133
Odpowiedzi	139
Stale fizyczne	167

7

Drgania i fale mechaniczne



Opis ruchu drgającego

W poniższych zadaniach przyjmij, że wychylenie, prędkość i przyspieszenie w ruchu harmonicznym wyrażają się następującymi wzorami:

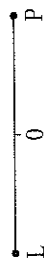
$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v_x(t) = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$a_x(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Zadanie 7.1

Ciało wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie $|LO| = |OP|$.



- Podaj nazwy rodzajów ruchu ciała:
 - od L do O
 - od O do P
 - od P do O
 - od O do L
- Wymień punkt (lub punkty), w którym (w których) ciało ma:
 - największą szybkość,
 - przyspieszenie o największej wartości,
 - szybkość równą zero,
 - przyspieszenie równe zero.

Zadanie 7.2

Zapisz równanie ruchu harmonicznego $x(t)$ ciężarka na sprężynie, jeśli odległość między jego najwyższym a najniższym położeniem jest równa 6 cm, a maksymalna szybkość wynosi 8π cm/s. Wielkości fizyczne w równaniu wyraż w jednostkach podstawowych SI.

Zadanie 7.3

Ruch pewnego ciała drgającego opisuje równanie $x(t) = 0,04 \sin \frac{\pi}{3} t$. Wszystkie wielkości są wyrażone w jednostkach SI. Oblicz:

- amplitudę i okres drgań,
- szybkość maksymalną i szybkość średnią w ciągu jednego okresu,
- wartość maksymalną przyspieszenia,
- Napisz funkcje $v_x(t)$ i $a_x(t)$ dla ciała drgającego.

Zadanie 7.4

Jeden koniec stalowej blaszki zamocowano w imadle. Drugi koniec po wychyleniu z położenia równowagi wykonuje w czasie 10 sekund 15 drgań o amplitudzie 2 cm. Dla drgającego końca blaszki napisz wzory opisujące zależność od czasu:

- wychylenia,
 - współrzędnej prędkości,
 - współrzędnej przyspieszenia.
- Współczynniki liczbowe wyraż w jednostkach SI.

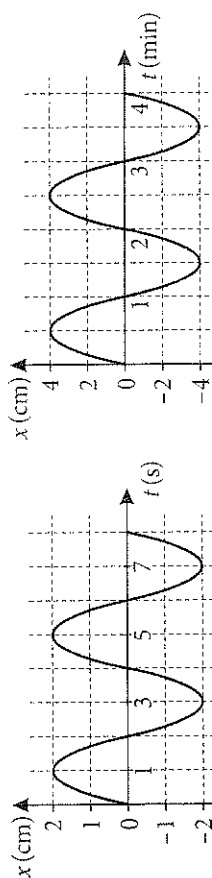
Zadanie 7.5

Środkowy punkt struny wykonuje drgania opisane wzorem: $x(t) = 0,001 \cdot \sin 870\pi t$, w którym współczynniki liczbowe są wyrażone w jednostkach SI. Oblicz:

- amplitudę drgań środka struny, okres i częstotliwość,
- maksymalną wartość prędkości,
- maksymalną wartość przyspieszenia tego punktu.

Zadanie 7.6

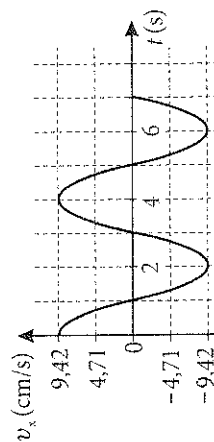
Rysunki przedstawiają zależność wychylenia od czasu dla dwóch różnych ciał drgających.



- Zapisz równania $x(t)$ obu drgań, wyrażając wszystkie wielkości w jednostkach podstawowych w SI.
- Oblicz stosunek częstotliwości drgań i porównaj go ze stosunkiem średnich szybkości ciał.

Zadanie 7.7

Wykres przedstawia współrzędną prędkości ciała drgającego w zależności od czasu.



- Oblicz wartość maksymalnego wychylenia i częstotliwość drgań.
- Napisz wzór funkcji $a_x(t)$ dla ciała drgającego.

Zadanie 7.8

Ciało wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie $A = 3$ cm. Oblicz jego wychylenie x po czasie $\frac{1}{12}T$ od chwili przejścia przez położenie równowagi.

Zadanie 7.9

Punkt materialny wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie A . Oblicz, po jakim czasie od chwili przejścia przez położenie równowagi punkt osiągnie wychylenie $x = \frac{\sqrt{2}}{2}A$, jeżeli okres $T = 4$ s.

Zadanie 7.10

Ciało porusza się ruchem harmonicznym o okresie $T = 4$ s i amplitudzie $A = 5$ cm. Oblicz jego szybkość w chwilach, w których wychylenie jest równe $\frac{\sqrt{3}}{2}A$.

Zadanie 7.11

Dwa punkty materialne 1 i 2 wykonują wzdłuż osi x drgania harmoniczne o takiej samej amplitudzie A i o takim samym okresie T . W chwili $t = 0$ punkt 1 przechodzi przez położenie równowagi ($x = 0$) i współrzędna jego prędkości jest dodatnia, a punkt 2 znajduje się w położeniu $x = A$.

- Napisz dla obu punktów równania ruchu $x_1(t)$ i $x_2(t)$.
- Oblicz czas, po którym punkty spokoją się, i współrzedną miejsca spotkania.
- Oblicz wartość prędkości względnej punktów w chwili spotkania.

Zadanie 7.12

Wykorzystując wzory redukcyjne, zapisz funkcje $x(t)$, $v_x(t)$ i $a_x(t)$ dla ciężarka drgającego na sprężynie, jeśli w chwili początkowej $t = 0$ jest on wychylony maksymalnie w dół od położenia równowagi, a oś x jest zwrócona w górę.

Zadanie 7.13

Punkt materialny wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie A wzdłuż osi x . Oblicz różnicę faz drgań w dwóch przypadkach:

- położenie początkowe $x_1 = 0$, a końcowe $x_2 = \frac{A}{2}$,
- położenie początkowe $x_1 = \frac{A}{2}$, a końcowe $x_2 = A$.

Zadanie 7.14

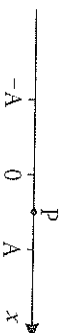
Punkt materialny wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie A wzdłuż osi x . W pewnej chwili jego wychylenie z położenia równowagi jest równe $\frac{A}{2}$.

- Oblicz wychylenie tego punktu w chwili późniejszej, w której jego faza jest większa o $\Delta\varphi = 120^\circ$. Przyjmij, że początkowa faza drgań jest równa zero.
- Sprawdź, że w przypadku, w którym faza początkowa φ_0 jest różna od zera, otrzymujemy taki sam wynik.

- Po otrzymaniu wyniku opowiedz, co działo się z punktem drgającym w odstępie czasu, w którym wystąpiła opisana różnica faz.
- Odpowiedz na pytania, czym różnią się:
 - współrzędne prędkości w chwili początkowej i końcowej,
 - współrzędne przyspieszenia w tych chwilach.

Zadanie 7.15

Małe ciało porusza się ruchem harmonicznym wzdłuż osi x . Amplituda drgań jest równa A . W chwili rozpoczęcia obserwacji ciało, poruszając się w prawo, przechodziło przez punkt P leżący w połowie amplitudy.



- Oblicz początkową fazę drgań ciała.
- Oblicz najkrótszy czas od chwili rozpoczęcia obserwacji, po którym ciało osiągnie maksymalne wychylenie, jeśli okres drgań $T = 6$ s. Narysuj wykres $x(t)$ od chwili rozpoczęcia obserwacji, jeśli $A = 5$ cm.

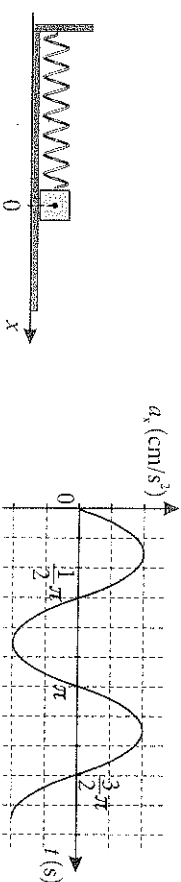
Zadanie 7.16

Ciało wykonuje drgania harmoniczne. Początkowa faza drgań wynosi $0,5\pi$, okres równy jest 3 s, a amplituda $A = 12$ cm. Oblicz:

- po jakim czasie od chwili początkowej ciało znajdzie się w położeniu, w którym jego wychylenie $x = 0,5A$,
- wartość prędkości ciała w tej chwili.

Zadanie 7.17

Kłosek leżący na gładkiej, poziomej powierzchni przyczepiony jest do końca sprężyny. Po wychyleniu z położenia równowagi wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie 5 cm. Wykres przedstawia zależność współrzędnej przyspieszenia klocka od czasu od chwili rozpoczęcia obserwacji.



a) Dokończ zdanie: Obserwację ruchu klocka rozpoczęto w chwili, w której klocek —
Podaj uzasadnienie.

b) Odczytaj z wykresu okres drgań i oblicz (w jednostkach SI) częstotliwość kołową ω i wartość maksymalnej prędkości klocka.

c) Narysuj wykresy zależności:

• położenia od czasu $x(t)$,

• współrzędnej prędkości od czasu $v_x(t)$

od chwili rozpoczęcia obserwacji.

d) Podstaw do wzoru opisującego ruch klocka: $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ odpowiednie wartości liczbowe A , ω i φ .

Zadanie 7.18

Kulka zawieszona na sprężynie porusza się ruchem harmonicznym wzdłuż osi y zwróconej w górę. Zależność wychylenia od czasu ma następującą postać:

$$y(t) = 10 \text{ cm} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} t + \frac{2}{3}\pi\right)$$

a) Oblicz wychylenie początkowe, tzn. y w chwili $t = 0$.

b) Oblicz współrzędną prędkości kulki w chwili $t = 0$. Z otrzymanego wyniku wywnioskuj, czy kulka zbliża się do położenia równowagi, czy oddala się od niego.

Zadanie 7.19

Współrzędna przyspieszenia ciężarka drgającego ruchem harmonicznym dana jest funkcją:

$$a_x(t) = -0,5\pi^2 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \sin\left(0,5\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

Zapisz:

a) równanie ruchu $x(t)$ dla tego ciała.

b) funkcję $v_x(t)$ dla ciężarka i oblicz współrzędną prędkości dla $t = 0$.

Zadanie 7.20

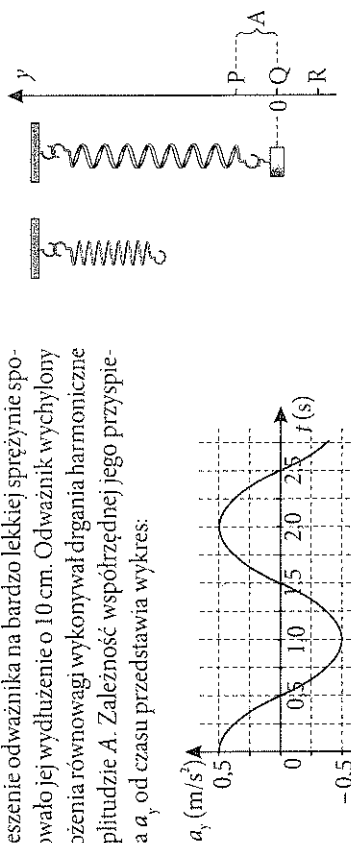
Obciążnik zawieszony na sprężynie wykonuje drgania harmoniczne w górę i w dół od pewnego położenia równowagi. Okres drgań $T = 1 \text{ s}$.

a) Odczepiamy obciążnik. Oblicz, o ile zmniejszy się długość sprężyny w porównaniu z jej długością w sytuacji, gdy układ odważnik-sprężyna był w położeniu równowagi.

b) Rozstrzygnij, czy z tych danych można obliczyć współczynnik sprężystości sprężyny. Jeśli tak, to oblicz jego wartość; jeśli nie, to napisz, jaka wielkość musiałaby być dodatkowo znana.

Zadanie 7.21

Zawieszenie odważnika na bardzo lekkiej sprężynie spowodowało jej wydłużenie o 10 cm. Odważnik wychylony z położenia równowagi wykonywał drgania harmoniczne o amplitudzie A . Zależność współrzędnej jego przyspieszenia a_y od czasu przedstawia wykres:



a) Odczytaj z wykresu okres drgań odważnika.

b) Ustal, w którym punkcie (P, Q, R) znajdował się odważnik w chwili, w której zaczęto mierzyć czas ($t_0 = 0$). Uzasadnij odpowiedź.

c) Oblicz amplitudę drgań odważnika.

d) Wykaż, że w przypadku gdy odważnik wykonuje drgania o amplitudzie $A = 5 \text{ cm}$, to w punkcie P sprężyna działa na odważnik siłą zwróconą w górę.

e) Podaj nazwy i źródła sił, których wypadkowa nadaje odważnikowi (w tym przypadku) przyspieszenie opisane wykresem. Podaj zwrot siły wypadkowej w punkcie P.

Zadanie 7.22

Oblicz, dla jakiego wychylenia x energia potencjalna ciała w ruchu harmonicznym jest 2 razy większa od jego energii kinetycznej. Amplituda drgań wynosi 4 cm.

Zadanie 7.23

Oblicz, ile razy energia kinetyczna ciała drgającego jest większa od jego energii potencjalnej, gdy wychylenie z położenia równowagi $x = 0,25A$.

Zadanie 7.24

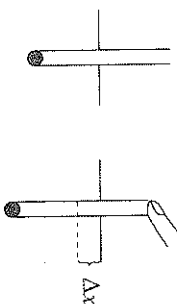
Oblicz, jaką część energii całkowitej stanowi energia kinetyczna ciała drgającego dla wychylenia $x = 0,75A$.

Zadanie 7.25

Oblicz, dla jakiego wychylenia stosunek energii kinetycznej do energii potencjalnej ciała drgającego $\frac{E_k}{E_p} = \frac{7}{9}$, jeżeli amplituda drgań wynosi 4 cm.

Zadanie 7.26

Obciążona probówka pływa w pozycji pionowej częściowo zanurzona w wodzie.



Po dodatkowym zanurzeniu o Δx i zwolnieniu, probówka wykonuje drgania. Masa probówki wraz z obciążeniem $m = 62$ g, jej przekrój $S = 2$ cm². Gęstość wody $\rho = 10^3$ kg/m³. Pomijamy opór wody.

- Wykaż, że drgania probówki są drganiami harmonicznymi.
- Oblicz okres drgań.
- Jeden z uczniów na pytanie: Co oznacza symbol k w ogólnym wzorze na okres drgań harmonicznych $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$? odpowiedział, że k to współczynnik sprężystości sprężyny. Sformułuj bardziej ogólną odpowiedź na to pytanie.

Zadanie 7.27

Obciążoną probówkę zanurzono w cieczy tak, że zaczęła wykonywać drgania z częstotliwością 0,28 Hz. Przyjmując, że drgania probówki są harmoniczne, jej masa wraz z obciążeniem wynosi 0,2 kg, a średnica 0,8 cm, oblicz gęstość cieczy.

Zadanie 7.28

Zakładając, że Ziemia jest jednorodną kulą, tzn. ma jednakową gęstość ρ w każdym punkcie, można pokazać, że natężenie pola grawitacyjnego wewnątrz Ziemi w odległości r od jej środka ma wartość

$$g = \frac{4}{3}\pi G \rho r$$

Przez Ziemię przewiercono tunel, przechodzący przez jej środek.

- Wykaż, że ciało o dowolnej masie, wpuszczone do tunelu wykonywałoby drgania harmoniczne. Wyprowadź wzór na okres tych drgań.
- Jedno ciało wyrzucono poziomo nad tunelem z pierwszą prędkością kosmiczną, a drugie równocześnie wpuszczono do tunelu. Sprawdź, czy ciała te spotykają się u jego wylotu z drugiej strony.
Wskazówka: Porównaj wyprowadzony wzór na okres drgań z wzorem na okres obiegu Ziemi po orbicie z pierwszą prędkością kosmiczną. W drugim z tych wzorów wyraż masę Ziemi przez jej promień i gęstość.

Wahadło matematyczne

W poniższych zadaniach przyjmij, że wartość g przyspieszenia ziemskiego jest równa 10 m/s².

Zadanie 7.29

Jak zmieni się okres drgań wahadła, jeżeli jego długości:

- zmniejszymy o 0,75 długości początkowej,
- zwiększymy 1,25 razy.

Zadanie 7.30

Dwa wahadła matematyczne wykonują w tym samym czasie odpowiednio $n_1 = 20$ i $n_2 = 40$ drgań. Oblicz, w jakim stosunku pozostają ich długości.

Zadanie 7.31

Długości dwóch wahadeł różnią się od siebie o 24 cm. Oblicz długość każdego wahadła, jeżeli w czasie 5 sekund drugie wahadło wykonuje dwa razy więcej drgań od pierwszego.

Zadanie 7.32

Oblicz, jaka musiałaby być długość wahadła matematycznego o okresie drgań równym 1 s:

- na Ziemi,
- na Marsie, jeśli wiadomo, że $\frac{M_{\text{Marsa}}}{M_{\text{Ziemi}}} = 0,107$, $\frac{R_{\text{Marsa}}}{R_{\text{Ziemi}}} = 0,53$.

Zadanie 7.33

Oblicz gęstość planety, na której wahadło o długości 4 m wykonywałoby drgania o częstotliwości 0,5 Hz, gdyby promień tej planety był równy promieniowi ziemskiemu $R_z = 6400$ km.

Zadanie 7.34

Oblicz okres drgań wahadła matematycznego o długości 1,5 m, jeśli umieścimy je w windzie jadącej:

- w górę ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem o wartości 2,5 m/s²,
- w dół ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem o wartości 3,2 m/s²,
- w górę ze stałą szybkością $v = 2,5$ m/s.

Zadanie 7.35

Za pomocą wahadła matematycznego można w prosty sposób wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego g . W tym celu należy zmierzyć czas np. 10 niewielkich wahań odpowiednio długiego wahadła. W doświadczeniu uczniowie użyli wahadła o długości $l = 1,5$ m. Czas 10 wahań wynosił 24 s.

- Oblicz wartość g , którą uczniowie otrzymali w tym doświadczeniu.
- Dlaczego otrzymamy wynik różniący się od wartości tablicowej?
- Oblicz względną bezwzględną niepewność pomiarową metodą najmniej korzystnego przypadku (NKP), zakładając, że czas mierzonego stoperem z dokładnością do 0,1 s, a długość wahadła przymiarom metrowym z dokładnością do 5 mm.

* Właściwości sprężyste ciał stałych. Prawo Hooke'a

Zadanie 7.36

Oblicz, o ile rozciągnęła się gumka pasmanteryjna o długości 100 cm i o polu przekroju 2 mm^2 po zawieszeniu na niej ciężarka o masie 50 g. Moduł Younga gumki wynosi $7 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$.

Zadanie 7.37

Kawałek drutu o długości l i polu przekroju poprzecznego S rozciągano, działając siłą o wartości F . Ile razy większą siłą należałoby rozciągać drut z tego samego materiału o dwa razy mniejszej długości i dwa razy większej średnicy, aby osiągnąć ten sam przyrost długości?

Zadanie 7.38

Druty: miedziany o module Younga $105 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ i aluminiowy o module Younga $70 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ o tych samych średnicach rozciągano taką samą siłą. Oblicz, w jakim stosunku musiały pozostać długości początkowe drutów, jeśli osiągnięto te same przyrosty długości.

Zadanie 7.39

Dwa druty o jednakowych długościach początkowych rozciągnięto, działając siłami o tych samych wartościach i osiągając jednakowe przyrosty długości. Oblicz, w jakim stosunku pozostały średnice obu drutów, jeśli jeden z nich był miedziany ($E_{\text{Cu}} = 105 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$), a drugi stalowy ($E_{\text{S}} = 21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$).

Zadanie 7.40

Oblicz pracę wykonaną przy rozciąganiu gumowej taśmy do ćwiczeń o długości 1 m i polu przekroju poprzecznego 100 mm^2 , jeśli wydłużono ją do 150 cm. Moduł Younga gumy wynosi $7 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$.

Zadanie 7.41

Z wysokości 2 m nad batutem skacze klaun o masie 58,5 kg. Batut ugina się o $x = 60 \text{ cm}$. Oblicz współczynnik sprężystości batuta.

Zadanie 7.42

Na szalce wagi sprężynowej spada jabłko o masie 25 dag. Sprężyna wagi o współczynniku sprężystości 5000 N/m odkształca się o 1 cm. Oblicz, z jakiej wysokości spadło jabłko.

Fale podłużne i poprzeczne. Równanie fali

Zadanie 7.43

Grupa uczniów, stojąc w wodzie niedaleko brzegu morza, usiłowała wyznaczyć przybliżoną wartość prędkości, z którą przybijają do brzegu morskie fale. Uczniowie oszacowali, że odległość między kolejnymi mijającymi ich grzbietami fal jest równa 8 m, a w czasie 0,5 minuty minęło ich 10 grzbietów. Oblicz przybliżoną wartość prędkości fal przy brzegu.

Zadanie 7.44

Jak zmienia się długość fali rozchodzącej się w pewnym ośrodku, jeśli częstotliwość drgań źródła:

- wzrośnie 4 razy,
- zmaleje o $1/4$ początkowej wartości?

Zadanie 7.45

Fala dźwiękowa przechodzi z powietrza do wody (szybkość dźwięku w powietrzu $v_p = 340 \text{ m/s}$, a w wodzie $v_w = 1450 \text{ m/s}$). Jak zmienia się częstotliwość i długość tej fali?

Zadanie 7.46

Dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością $v_p = 340 \text{ m/s}$, a w stali $v_s = 5300 \text{ m/s}$. Pociąg znajduje się w odległości 450,5 m od obserwatora. O ile wcześniej stukot pociągu dotrze do obserwatora poprzez szynny niż przez powietrze?

Zadanie 7.47

Fala płaska rozchodząca się w pewnym ośrodku opisana jest równaniem:

$$y = 0,04 \sin \left(\frac{\pi t}{2} - \frac{\pi x}{15} \right)$$

(wszystkie wielkości wyrażone są w jednostkach podstawowych SI). Oblicz:

- szybkość rozchodzenia się fali w ośrodku,
- maksymalną szybkość drgań cząsteczek ośrodka podczas rozchodzenia się fali.

Zadanie 7.48

W tym samym ośrodku z dwóch źródeł wychodzą fale płaskie opisane funkcjami:

$$y_1 = 12 \sin \left(2\pi t - \frac{\pi x}{10} \right) \text{ i } y_2 = 6 \sin \left(8\pi t - \frac{2\pi x}{5} \right).$$

We wzorach wszystkie długości wyrażone są w centymetrach, a czasy w sekundach. Oblicz, w jakim stosunku pozostają względem siebie:

- długości fal,
- okresy drgań cząsteczek ośrodka,
- szybkości drgań cząsteczek ośrodka w chwili przejścia przez położenie równowagi.

Zadanie 7.49

Zapisz równanie fali płaskiej (wyrażając wszystkie wielkości fizyczne w jednostkach podstawowych SI) powodującej, że cząsteczki ośrodka, w którym się rozchodzi, wykonują 50 drgań w ciągu minuty. W tym czasie każda cząsteczka przebywa drogę 120 cm, a fala przebywa drogę 1200 cm.

Zadanie 7.50

Różnica faz drgań dwóch punktów odległych od źródła o 10 m i 15 m wynosi 180° . Oblicz najmniejszą częstotliwość fali emitowanej ze źródła, jeżeli fala rozchodzi się z szybkością 320 m/s .

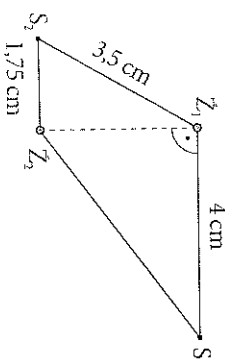
Zadanie 7.51.

Z dwóch źródeł punktowych Z_1, Z_2 idących w zgodnych fazach wysyłane są fale o długościach 40 cm. Różnica faz obu fal spotykających się w punkcie P wynosi 90° . Oblicz minimalną odległość punkтового źródła Z_1 od punktu P, jeżeli odległość źródła Z_2 od tego punktu wynosi 8 cm.

Zjawiska falowe

Zadanie 7.52

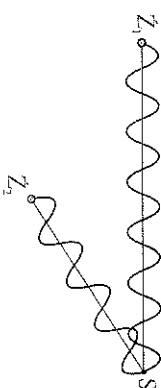
Z dwóch źródeł idących w zgodnych fazach wysyłane są fale o długościach 0,5 cm.



Zbadaj, w którym z punktów (S_1, S_2) zaznaczonych na rysunku nastąpi wzmocnienie, a w którym wygaszenie fali.

Zadanie 7.53

Dwa źródła wykonujące identyczne drgania wysyłają fale, jak na rysunku.

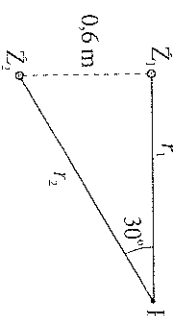


- Rozstrzygnij, czy w punkcie S obserwujemy wzmocnienie czy wygaszenie fali.
- Oblicz długość fali, jeśli $Z_1S = 13$ cm, $Z_2S = 8$ cm.
- Oblicz różnicę faz fal nakładających się w punkcie S.

Zadanie 7.54

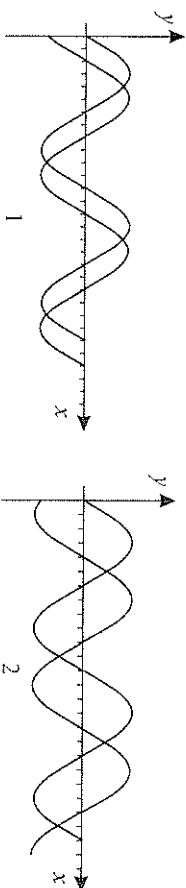
W odległości 0,6 m od siebie znajdują się źródła Z_1 i Z_2 fal kołowych o jednakowych długościach 0,16 m. Czy w punkcie P zaobserwujemy wzmocnienie, czy wygaszenie? Rozważ przypadek, gdy źródła drgają:

- w zgodnych fazach,
- w przeciwnych fazach.



Zadanie 7.55

Na rysunkach 1 i 2 podano wykresy zależności wychyleń (y) od odległości (x) od źródła dla dwóch nakładających się fal płaskich o tych samych długościach i amplitudach.



- Z każdego rysunku odczytaj różnicę faz nakładających się fal.
- W każdym przypadku dodaj graficznie te fale, zaznaczając w podanych punktach wypadkowe wychYLENIA (sumę algebraiczną wychyleń składowych).
- Z każdego rysunku wywnioskuj:
 - jaki jest okres fali wypadkowej w porównaniu z okresem nakładających się fal składowych,
 - jaka część sumy amplitud fal składowych stanowi amplituda fali wypadkowej.

Zadanie 7.56

Na gumowej linie wytworzono falę stojącą. W pewnej chwili każdy punkt linii osiągnął swoje największe wychYLENIE. Odpowiedz na następujące pytania:

- Co można powiedzieć o wartości bezwzględnej wychYLENIA każdego punktu linii (poza węzłami) po upływie:
- połowy okresu,
 - czwartej części okresu,
 - trzech czwartych okresu
- od podanej chwili?

Akustyka. Cechy dźwięku

Zadanie 7.57

Struna ma długość 25 cm. Szybkość fali poprzecznej na strunie jest równa 400 m/s, a szybkość fali głosowej w powietrzu 340 m/s. Oblicz:

- częstotliwość drgań struny,
- długość fali dźwiękowej wytwarzanej przez tę strunę w powietrzu.

Zadanie 7.58

Kamerton dęga z częstotliwością 435 Hz. Szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s. Oblicz:

- najmniejszą wzajemną odległość punktów, w których fala głosowa w powietrzu otaczającym kamerton ma przeciwne fazy,
- różnicę faz drgań dwóch punktów w otaczającym powietrzu, których wzajemna odległość wynosi 19 cm.

Zadanie 7.59

Oblicz, ile razy natężenie dźwięku wydawanego przez startujący samolot o poziomie natężenia 130 dB jest większe od natężenia dźwięku wydawanego przez rozpędzony pociąg o poziomie natężenia 80 dB.

Zadanie 7.60

Oblicz, o ile wzrósł poziom natężenia dźwięku, jeśli jego natężenie wzrosło od 10^{-12} W/m^2 do 10^{-7} W/m^2 .

Zadanie 7.61

Poziom natężenia dźwięku motocykla bez tłumika jest równy 100 dB. Oblicz poziom natężenia dźwięku stu identycznych motocykli.

Zadanie 7.62

Poziom natężenia fal pochodzących od dwóch źródeł dźwięku różni się o 60 dB. Oblicz stosunek natężeń tych fal.

Zadanie 7.63

Ela z Agnieszka wybrały się na koncert rockowy. Ela stała w odległości 5 m od głośnika, a Agnieszka w odległości 8 m. Oblicz, ile razy natężenie dźwięku słyszanego przez Elę jest większe od natężenia dźwięku słyszanego przez Agnieszkę.

Zadanie 7.64

Próg słyszalności dźwięku o częstotliwości 1000 Hz wynosi $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Jaka musiałaby być minimalna moc punktowego źródła dźwięku, żeby był on słyszalny z odległości 100 m?

Zadanie 7.65

Przyjmując, że powierzchnia błony bębenkowej wynosi 1 cm^2 , oblicz, jaka musi być moc dźwięku o częstotliwości 1000 Hz dobiegającego do ucha obserwatora ze źródła punktowego, aby zaczął on odczuwać ból. Próg bólu wynosi 120 dB, próg słyszalności dźwięku o częstotliwości 1000 Hz $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

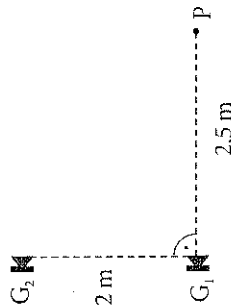
Zadanie 7.66

W punkcie A umieszczono punktowe źródło dźwięku o mocy $P = 1 \text{ mW}$. Oblicz:

- natężenie fali dźwiękowej w odległości $d_1 = 0.9 \text{ m}$ od źródła,
- poziom natężenia dźwięku w tej odległości,
- energię przenoszoną w czasie $t = 10 \text{ s}$ przez $1/100$ powierzchni kuli o środku w punkcie A,
- energię przenoszoną w tym samym czasie przez powierzchnię $S = 0.01 \text{ m}^2$, która stanowi fragment powierzchni kuli o środku w punkcie A i o promieniu $r = 3 \text{ m}$.

Interferencja dźwięków. Fala stojąca**Zadanie 7.67**

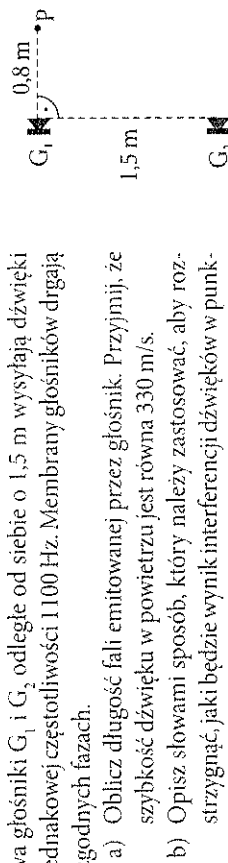
Na boisku ustawiono dwa identyczne głośniki w odległości wzajemnej 2 m. Membrany głośników drgają w zgodnych fazach i wysyłają dźwięki o jednakowych częstotliwościach 1650 Hz. Szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s.



- Oblicz długość fali dźwiękowej emitowanej przez głośniki.
- Odpowiedz na pytanie: Czy w miejscu odległym od jednego głośnika o 4 m, a od drugiego o 3,7 m powietrze będzie wprawione w drgania, gdy amplitudy drgań membran głośników 1) są jednakowe, 2) nieco się różnią? Uzasadnij odpowiedź.
Pominiecie zależności amplitudy fali kulistej od odległości od źródła jest w tym przypadku usprawiedliwione.
- Ustal, czy w punkcie P (wskazanym na rysunku) powietrze zostanie wprawione w drgania, jeśli amplitudy drgań membran głośników są jednakowe. Uzasadnij odpowiedź, obliczając stosunek natężeń nakładających się fal (I_1/I_2) w punkcie P oraz stosunek ich amplitud (A_1/A_2) w tym punkcie.

Zadanie 7.68

Dwa głośniki G_1 i G_2 oddległe od siebie o 1,5 m wysyłają dźwięki o jednakowej częstotliwości 1100 Hz. Membrany głośników drgają w zgodnych fazach.



- Oblicz długość fali emitowanej przez głośnik. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s.
- Opisz słowami sposób, który należy zastosować, aby rozstrzygnąć, jaki będzie wynik interferencji dźwięków w punkcie P położonym tak, jak pokazuje rysunek.
- Stosując ten sposób, wykaż, że w punkcie P nastąpi maksymalne wzmocnienie dźwięku.
- Oblicz, o ile **najmniej** musiałaby **wzrosnąć** częstotliwość dźwięku emitowanego przez głośniki, aby w punkcie P znowu wystąpiło maksymalne wzmocnienie.
- Oblicz wszystkie częstotliwości mniejsze od 1100 Hz, dla których w punkcie P wystąpi maksymalne osłabienie dźwięku.

**Zadanie 7.69**

Odległość między piątym węzłem i ósmą strzałką pewnej fali stojącej wynosi 49 cm.



Oblicz długość fali biegnącej, która po nałożeniu się z odbicią utworzyła falę stojącą (na rysunku pokazano fragment tej fali, począwszy od pierwszego węzła).

Zadanie 7.70

Gwizdek (piszczalka jednostronnie otwarta) ma długość 23,5 cm. Oblicz podstawową częstotliwość rezonansową dźwięku wydawanego przez ten gwizdek. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi 340 m/s.

Zadanie 7.71

W piszczalce obustronnie otwartej o długości 33 cm otrzymano falę stojącą. Oblicz długość fali akustycznej rozchodzącej się w powietrzu wewnątrz piszczalki oraz jej częstotliwość. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 340 m/s.

Zadanie 7.72

Jedna piszczalka organowa ma długość 50 cm, a druga jest o 75 cm dłuższa. Oblicz częstotliwości trzecich harmonicznych dźwięku pobudzanego w tych piszczalkach. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 340 m/s. Piszczalkę organową potraktuj jak piszczalkę jednostronnie zamkniętą.

Zadanie 7.73

Metalowa rura o długości 170 cm jest wypełniona powietrzem. Oblicz częstotliwość podstawowej fali akustycznej pobudzonej w rurze, jeżeli rurę zamknięty z jednej strony. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi 340 m/s.

Zadanie 7.74

Drgający kamerton umieszczono nad menzurką z wodą i uzyskano wzmocnienie dźwięku, gdy poziom wody był 25 cm poniżej brzożu menzurki. Wiedząc, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi 340 m/s i nie jest możliwe otrzymanie wzmocnienia przy wyższym poziomie cieczy w naczyniu, oblicz częstotliwość drgań kamertonu.

Zjawisko Dopplera**Zadanie 7.75**

W historycznym eksperymencie grupa muzyków podróżująca na platformie wagonu kolejowego poruszającego się z szybkością 72 km/h grała dźwięk o zadanej częstotliwości. Inna grupa stojąca przy torach miała ten dźwięk rozpoznać. Oblicz różnicę częstotliwości dźwięku, który odbierali obserwatorzy, gdy wagon zbliżał się do nich i gdy się oddalał, jeśli grano dźwięk o częstotliwości 256 Hz. Przyjmij, że dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością 340 m/s.

Zadanie 7.76

Lokomotywa zbliża się do niestrzeżonego przejazdu kolejowego z szybkością 54 km/h i wysłała ostrzegawczy sygnał dźwiękowy o częstotliwości 660 Hz. Oblicz częstotliwość dźwięku odbieranego przez kierowcę, który zatrzymał się przed znakiem STOP na przejeździe. Przyjmij, że dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością 340 m/s.

Zadanie 7.77

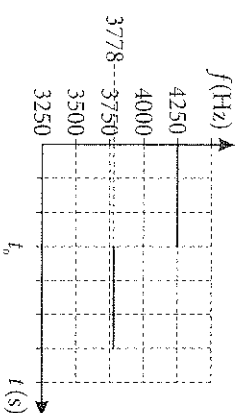
Podczas lekcji wychowania fizycznego uczeń biegnie w kierunku nauczyciela z szybkością 4 m/s. Dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością 340 m/s. Oblicz częstotliwość dźwięku gwizdka użytego przez nauczyciela, jeśli uczeń odbiera dźwięk o częstotliwości 5868 Hz.

Zadanie 7.78

Najszybsze pociągi osiągały prędkości o wartościach ponad 500 km/h. Oblicz maksymalną wartość częstotliwości syreny takiego pociągu jadącego z szybkością 540 km/h, którą mogliby usłyszeć nieruchomi odbiorcy. Przyjmij, że górna granica częstotliwości dźwięków słyszalnych przez człowieka wynosi 20 kHz, a szybkość dźwięku w powietrzu 340 m/s.

Zadanie 7.79

Z wykresu obok można odczytać częstotliwości dźwięku odbieranego przez nieruchomego obserwatora, którego mija lokomotywa wydająca gwizd, jadąc ruchem jednostajnym.



Przyjmij, że dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością 340 m/s i oblicz:

- szybkość poruszającej się lokomotywy,
- częstotliwość dźwięku wydawanego przez lokomotywę.



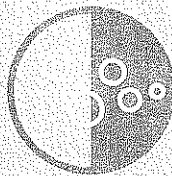
Zadanie 7.80

Dwie karetki pogołowia jadą do wypadku. Pierwsza jedzie z szybkością 120 km/h, a druga, która usiłuje ją dogonić, jedzie z szybkością 150 km/h i wysłała sygnał o częstotliwości 10 000 Hz. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s.

- a) Oblicz częstotliwość dźwięku odbieranego przez kierowcę pierwszej karetki.
- b) Oblicz częstotliwość dźwięku, który odbierały kierowca drugiej karetki, gdyby sygnał o częstotliwości 10 000 Hz wysłała pierwsza karetka. Przyjmij, że obydwie karetki jadą z takimi samymi szybkościami jak poprzednio.

8

Zjawiska termodynamiczne



W niektórych zadaniach tego rozdziału do obliczeń będą potrzebne:

- stała gazowa $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
- stała Boltzmannna $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
- stała Avogadra $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$
- ciepło molowe gazu jednoatomowego przy stałej objętości $C_V = \frac{3}{2} R$
- ciepło molowe gazu dwuatomowego przy stałej objętości $C_V = \frac{5}{2} R$
- wartość przyspieszenia ziemskiego $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Gaz doskonały. Przemiany gazu doskonałego

Zadanie 8.1

Tlen zawarty w zbiorniku ma masę $M = 2 \text{ g}$. Oblicz:

- liczbę moli tlenu w zbiorniku,
- masę jednej cząsteczki tlenu,
- liczbę cząsteczek tlenu w zbiorniku.

Masa molowa tlenu $\mu = 32 \text{ g/mol}$.

Zadanie 8.2

W jednym szczelnym naczyniu znajduje się wodór, a w drugim hel. Średnie szybkości kwadratowe $\left(\sqrt{v^2}\right)$ cząsteczek gazu są w obu naczyniach takie same. Oblicz, w jakim stosunku pozostają temperatury tych gazów.

Zadanie 8.3

Masa cząsteczki tlenu $m_{\text{tlenu}} = 53,12 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, a jej średnia szybkość w temperaturze 0°C $v_{\text{st.}} = 461,8 \text{ m/s}$. Oblicz:

- średnią szybkość kwadratową cząsteczki tlenu w temperaturze 273°C ,
- średnią energię kinetyczną cząsteczki tlenu w tej temperaturze.

Zadanie 8.4

Zbiornik zawiera dwutlenek węgla w warunkach normalnych. W 0°C średnia szybkość kwadratowa cząsteczek tego gazu jest równa 390 m/s . Oblicz liczbę cząsteczek dwutlenku węgla w jednostce objętości tego zbiornika. Masa molowa dwutlenku węgla jest równa 44 g/mol .

Zadanie 8.5

Średnia szybkość kwadratowa cząsteczek tlenu w temperaturze pokojowej wynosi około 500 m/s .

- Oblicz wartość pędu cząsteczki tlenu w tej temperaturze. Masa molowa tlenu jest równa 32 g/mol .
- Ustal, w jakim przypadku cząsteczka poruszająca się z taką szybkością i zderzająca się ze ścianką naczynia przekazuje jej największy pęd. Oblicz wartość zmiany pędu w tym przypadku.

Zadanie 8.6

Związek między temperaturą bezwzględną gazu a średnią energią kinetyczną ruchu postępowego jego cząsteczek jest następujący:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

gdzie k to stała Boltzmannna. Po podstawieniu jej wartości:

$$\bar{E}_k = 2,07 \cdot 10^{-21} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot T$$

Oblicz:

- średnią szybkość kwadratową cząsteczek tlenu i azotu w temperaturze pokojowej (20°C),
- stosunek średnich szybkości kwadratowych atomów helu w temperaturze powierzchni Słońca (6000 K) i w temperaturze 0°C .

Zadanie 8.7

Temperatura pomieszczenia o objętości 50 m^3 jest równa 20°C , a ciśnienie zawartego w nim powietrza wynosi 1000 hPa . Traktując powietrze jako gaz doskonały, oblicz:

- średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczki powietrza w pomieszczeniu (patrz zadanie poprzednie),
- liczbę cząsteczek w pomieszczeniu i energię kinetyczną ruchu postępowego wszystkich cząsteczek.

Zadanie 8.8

Dętkę rowerową napompowano powietrzem o temperaturze 20°C , powodując wzrost ciśnienia w dętce do 7200 hPa . Czy dętka pęknie po rozgrzaniu się podczas jazdy do temperatury 45°C , jeśli maksymalne dopuszczalne ciśnienie wynosi 758 450 Pa ? Zauważ, że objętość dętki nie ulegnie zmianie.

Zadanie 8.9

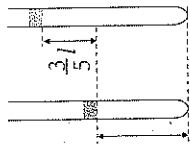
W naczyniu z tlenem, który może się swobodnie poruszać znajduje się gaz o temperaturze początkowej 180°C . Po oziębieniu objętość gazu zmalała $1,5$ raza. Oblicz temperaturę końcową gazu. Wynik podaj w stopniach Celsjusza.

Zadanie 8.10

Gaz ogrzano izochorycznie od temperatury 27°C do 127°C . Oblicz końcowe ciśnienie gazu, jeśli ciśnienie początkowe wynosiło $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Zadanie 8.11

W rurce zamkniętej kropłą rtęci znajduje się powietrze. Oblicz, ile razy wzrosła temperatura powietrza, jeśli kropła rtęci przesunęła się w górę o $3/5$ początkowej odległości od dna rurki tak, jak pokazano na rysunku obok.



Zadanie 8.12

Podczas przemiany izotermicznej ciśnienie gazu zmalało od $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ do $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Oblicz, jak i ile razy zmieniła się gęstość gazu.

Zadanie 8.13

W naczyniu z tlenkiem, mogącym się swobodnie poruszać, podgrzewano gaz od temperatury $30,0^{\circ}\text{C}$ do $90,6^{\circ}\text{C}$. Oblicz, o ile procent zmieniła się objętość gazu w stosunku do objętości początkowej.

Zadanie 8.14

W zasklepionej na jednym końcu rurce o długości 20 cm znajduje się powietrze pod ciśnieniem normalnym. Rurkę odwróconą dnem do góry zanurzono całkowicie w zbiorniku z wodą. Po zanurzeniu dno rurki znalazło się na powierzchni wody. Oblicz wysokość słupa wody w rurce. Załóż, że temperatura powietrza zawartego w rurce nie uległa zmianie.

Zadanie 8.15

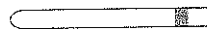
Rurkę szklaną zamkniętą kropłą rtęci obrócono bardzo powoli od położenia pionowego:

- o kąt 90° (rys. 1),
- o kąt 180° (rys. 2).

rys. 1



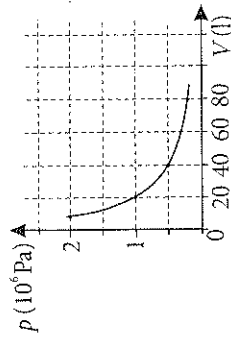
rys. 2



Wysokość słupka rtęci wynosi 1 cm . Oblicz, o ile wzrosła objętość powietrza w rurce w stosunku do objętości początkowej. Przyjmij, że ciśnienie atmosferyczne jest równe 10^3 hPa . Gęstość rtęci wynosi $13\,550 \text{ kg/m}^3$. Wyniki zaokrąglij do trzeciego miejsca po przecinku.

Zadanie 8.16

Oblicz masę azotu, którego izotermę w temperaturze -32°C przedstawiono na wykresie.



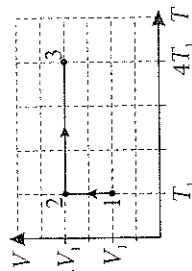
Zadanie 8.17

Do spawania używa się mieszaniny tlenowo-acetylenowej. Oblicz masę tlenu i masę acetylenu zamkniętych w butlach, jeśli $V_{\text{tlen}} = V_{\text{acetylen}} = 40 \text{ dm}^3$, $p_{\text{tlen}} = 10 \text{ MPa}$, $p_{\text{acetylen}} = 1 \text{ MPa}$. Temperatury obu gazów wynoszą 15°C . Masa mola tleny 32 g/mol , a acetyleny 26 g/mol . Stałą gazową podano na początku rozdziału.

Zadanie 8.18

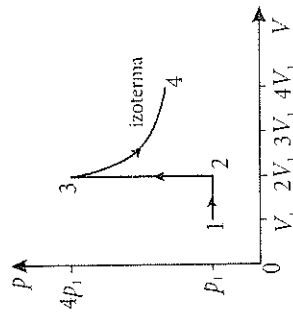
Dwa mole azotu poddano przemianom $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$, które przedstawiono na wykresie $V(T)$. Parametry początkowe wynoszą: $V_1 = 6 \text{ dm}^3$, $T_1 = 250 \text{ K}$.

- Nazwij wszystkie przemiany.
- Oblicz wszystkie parametry azotu w punktach 1, 2, 3 (ciśnienie, objętość, temperaturę).
- Narysuj wykresy $p(V)$ i $p(T)$ dla tych przemian.



Zadanie 8.19

Cztery gramy tleny poddano przemianom $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$, które przedstawiono na wykresie $p(V)$.



- Nazwij wszystkie przemiany.

- b) Uzupełnij tabelę, wyrażając wszystkie parametry gazu (ciśnienie, objętość, temperaturę) w trzech pozostałych stanach przez parametry tlenu w stanie początkowym. Masa molowa tlenu jest równa 32 g/mol.

$p_1 = 1038,75 \text{ hPa}$	$p_2 =$	$p_3 =$	$p_4 =$
$V_1 = 1,2 \text{ dm}^3$	$V_2 =$	$V_3 =$	$V_4 =$
$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$

- c) Narysuj wykresy $V(T)$ i $p(T)$ dla tych przemian.

Energia wewnętrzna. Pierwsza zasada termodynamiki

Zadanie 8.20

W zbiorniku o stałej objętości znajduje się gaz o masie m i temperaturze 47°C . Wskutek chwilowego otwarcia zaworu część gazu o masie $\frac{1}{5}m$ wydostała się na zewnątrz.

- Oblicz końcową temperaturę gazu w zbiorniku, jeśli jego ciśnienie spadło o 0,25 ciśnienia początkowego.
- Oblicz, do jakiej wartości musiałaby wzrosnąć temperatura gazu pozostałego w zbiorniku, aby jego ciśnienie nie uległo zmianie.
- Rozstrzygnij, czy ścianki zbiornika mogły być zbudowane z izolatora ciepła, aby mogły zaizolować procesy opisane w punktach a) i b).

Zadanie 8.21

Objętość gazu zawartego w cylindrze zmniejszamy adiabatycznie przez szybkie wsuniecie tłoka. Cząsteczki gazu zderzają się wówczas z ruchomym tłokiem cylindra.

- Wyjaśnij na podstawie teorii kinetyczno-molekularnej gazu, dlaczego rośnie wtedy jego temperatura.
- Mając na uwadze wzór pokazujący zależność ciśnienia gazu w zbiorniku zamkniętym od liczby cząsteczek w jednostce objętości i od średniej energii kinetycznej ich ruchu postępuowego:

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{\epsilon}_k$$

wyjaśnij, dlaczego ciśnienie gazu podczas rozprężania adiabatycznego rośnie bardziej, gwałtownie niż podczas sprężania izotermicznego.

Zadanie 8.22

Dwa zbiorniki połączone są ze sobą cienką rurką z kranem. Pierwszy o objętości 3 litrów zawiera powietrze pod ciśnieniem $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, a drugi o objętości 0,4 litra – dwutlenek węgla pod ciśnieniem $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

- Oblicz ciśnienie mieszaniny powietrza z dwutlenkiem węgla po otwarciu kranu. Zakładamy, że temperatura gazów podczas mieszania nie ulega zmianie.
- Oblicz stosunek liczby moli powietrza do liczby moli dwutlenku węgla w mieszaninie.

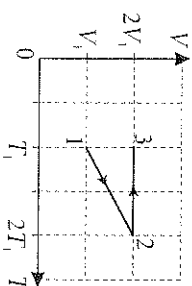
Zadanie 8.23*

Izolowany cieplnie zbiornik jest podzielony nieruchomą ścianką przewodzącą ciepło na dwie części o objętościach $V_1 = 0,5 \text{ m}^3$ i $V_2 = 0,8 \text{ m}^3$. W pierwszej części znajduje się azot pod ciśnieniem $p_1 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, o początkowej temperaturze $T_1 = 300 \text{ K}$, w drugiej tlen pod ciśnieniem $p_2 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, o początkowej temperaturze $T_2 = 400 \text{ K}$. Oba gazy potraktuj jako doskonałe.

- Wyprowadź wzór na wspólną temperaturę gazów (po przekazaniu ciepła) i oblicz jej wartość liczbową. Ciepła molowe obu gazów w stałych objętościach są jednakowe.
- Jaką postać przyjmie ten wzór, gdy (1) $V_1 = V_2$, a ciśnienia i temperatury będą takie same jak poprzednio, (2) $V_1 = V_2$, $p_1 = p_2$, a początkowe temperatury będą takie jak poprzednio. Oblicz wartości liczbowe wyników.
- W przypadku a) oblicz ciśnienie tlenu i azotu po przekazaniu ciepła.

Zadanie 8.24

Dwa mole jednoatomowego gazu o objętości $V_1 = 125 \text{ dm}^3$ i temperaturze $T_1 = 27^\circ\text{C}$ poddano przemianom przedstawionym na wykresie.



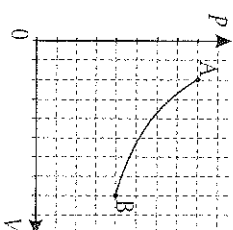
- Oblicz ciśnienie gazu w stanach 1, 2, 3.
- Przedstaw przemianę na wykresie $p(V)$.
- Oblicz ciepło wymienione przez gaz z otoczeniem podczas obu przemian.
- Oblicz pracę wykonaną przez gaz podczas każdej przemiany.

Zadanie 8.25

Jeden mol jednoatomowego gazu doskonałego poddano przemianie, którą ilustruje wykres zależności $p(V)$, pokazany na rysunku.

Rozstrzygnij, czy energia wewnętrzna gazu w tej przemianie rośnie czy maleje. Uzasadnij odpowiedź.

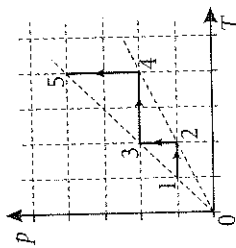
- Oblicz zmianę energii wewnętrznej, jeśli w stanie A objętość gazu była równa 6 l, a ciśnienie wynosiło $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.



- b) Ustal wartość zmiany objętości, której odpowiada poziomy bok kratki na wykresie, oraz wartość zmiany ciśnienia, której odpowiada pionowy bok kratki. Na tej podstawie oblicz pracę odpowiadającą jednej kratce.
- c) Oszacuj pracę wykonaną przez gaz w tej przemianie.
- d) Oszacuj ilość ciepła pobranego przez gaz w tej przemianie oraz średnią wartość jego ciepła molowego w przemianie $A \rightarrow B$.

Zadanie 8.26

Gaz doskonały przeprowadzono od stanu 1 do stanu 5, wykonując dwie przemiany izobaryczne i dwie izotermiczne, jak przedstawia wykres w układzie $p(T)$.



- a) Narysuj wykresy ilustrujące te przemiany w układach $V(T)$ i $p(V)$, zachowując te same proporcje między ciśnieniami, temperaturami i objętościami gazu w stanach 1, 2, 3, 4 i 5.
- b) Wymień przemiany, w których:
- praca siły zewnętrznej jest dodatnia,
 - praca gazu jest dodatnia,
 - wykonana praca jest równa zero.

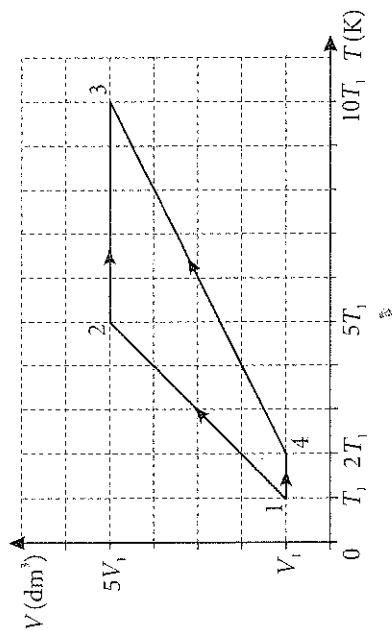
Zadanie 8.27

Mol tlenu o temperaturze 27°C i ciśnieniu $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ogrzano izochorycznie tak, że jego ciśnienie wzrosło do $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Oblicz:

- a) końcową temperaturę tlenu,
- b) przyrost jego energii wewnętrznej,
- c) Rozstrzygnij, czy przyrost energii wewnętrznej tlenu byłby taki sam, gdyby jego temperatura zwiększyć o taką samą wartość w przemianie izobarycznej. Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 8.28

5 moli jednoatomowego gazu przeprowadzono od stanu 1 do stanu 3 dwoma sposobami: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ i $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3$ tak, jak przedstawiają wykresy w układzie $V(T)$. Temperatura w stanie 3 $T_3 = 147^\circ\text{C}$.

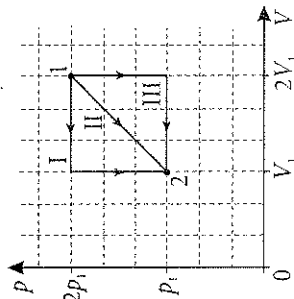


Przedstaw oba te sposoby w układach $p(V)$ i $p(T)$, a następnie:

- a) oblicz i porównaj ze sobą ilości ciepła pobrane przez gaz w każdym ze sposobów,
- b) oblicz zmianę energii wewnętrznej w każdym z nich.

Zadanie 8.29

Gaz doskonały, którego ciepło molowe w stałej objętości jest równe $\frac{5}{2}R$, przeprowadzono trzema sposobami (I, II i III) ze stanu 1 do stanu 2; $p_1 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 1 \text{ m}^3$.



- a) Korzystając z pierwszej zasady termodynamiki, przeprowadź rozumowanie w celu ustalenia, w którym ze sposobów gaz oddaje otoczeniu największą ilość ciepła.
- b) Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu przy przejściu ze stanu 1 do stanu 2.
- c) Oblicz pracę siły zewnętrznej i ciepło wymienione z otoczeniem we wszystkich trzech sposobach.

Zadanie 8.30

Mol jednoatomowego gazu doskonałego przechodzi ze stanu 1 o temperaturze $T_1 = 300 \text{ K}$ do stanu 2, w którym jego temperatura jest dwukrotnie wyższa, a objętość trzy razy mniejsza niż w stanie 1. Aby przejść od stanu 1 do stanu 2, ze wszystkich możliwych sposobów wybra-

no ten, w którym ciśnienie nie spada poniżej wartości początkowej, a praca wykonana nad gazem jest najmniejsza.

- Narysuj wykres ilustrujący opisany proces w układzie $p(V)$. Nazwij kolejne przemiany szczególne, które doprowadziły gaz od stanu 1 do stanu 2. Stan pośredni oznacz literą P.
- Wyraż parametry gazu w stanie pośrednim P przez ich wartości początkowe: p_1 , T_1 i V_1 .
- Narysuj wykresy ilustrujące opisany proces w układach $V(T)$ i $p(T)$. Oznacz na nich stany 1 i 2 oraz stan P. Zachowaj na każdym wykresie opisane proporcje.
- Oblicz ilość ciepła wymienione przez gaz z otoczeniem w przemianach: $1 \rightarrow P$ i $P \rightarrow 2$.

Zadanie 8.31

Balon wypełniony heliem o masie 50 kg wznosił się z poziomu Ziemi na wysokość, gdzie panowało ciśnienie 1,5 raza mniejsze niż przy powierzchni Ziemi. Oblicz, ile ciepła oddał balon do otoczenia podczas wznoszenia. Przyjmij, że początkowa temperatura wynosiła 23°C , a zmianę objętości balonu w czasie lotu można pominąć. Masa molowa helu wynosi 4 g/mol .

Zadanie 8.32

Jeden mol gazu dwuatomowego sprężono izobarycznie, zmniejszając objętość od $1,8\text{ dm}^3$ do $0,3\text{ m}^3$. Wiedząc, że temperatura początkowa gazu wynosiła 300 K , oblicz ciepło oddane przez gaz, pracę wykonaną nad gazem oraz przyrost jego energii wewnętrznej.

Zadanie 8.33

Hel ogrzewano izobarycznie od temperatury 23°C , dostarczając mu $15\,600\text{ J}$ ciepła. W wyniku tej przemiany objętość gazu wzrosła 1,5 raza. Oblicz masę ogrzewanego gazu oraz pracę, jaką wykonał gaz przy rozprężaniu.

Silniki cieplne

Zadanie 8.34

Oblicz pracę, jaką wykonałby silnik Carnota pracujący między temperaturami $t_1 = 100^\circ\text{C}$ i $t_2 = 3^\circ\text{C}$, jeżeli pobrałby 600 kJ ciepła.

Zadanie 8.35

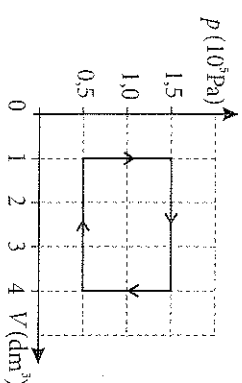
Temperatura chłodnicy idealnego silnika Carnota $t_2 = 17^\circ\text{C}$, a różnica temperatur między źródłem ciepła a chłodnicą $\Delta t = 145^\circ\text{C}$. Oblicz sprawność silnika.

Zadanie 8.36

Oblicz, ile ciepła oddał do chłodnicy silnik o sprawności 35%, jeżeli wykonał pracę 700 kJ .

Zadanie 8.37

Sprawność silnika, którego cykl przedstawiono na wykresie $p(V)$, wynosi 25%.



Oblicz, ile ciepła pobiera ten silnik w każdym cyklu.

Zadanie 8.38

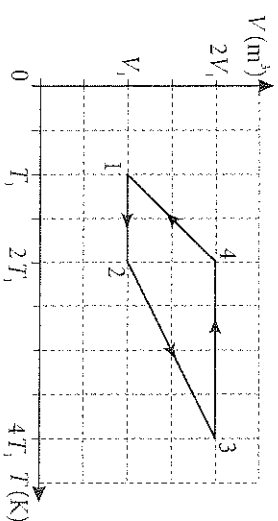
Silnik, który w pewnym czasie spalił litr oleju napędowego o cieple spalania 40 MJ/kg i gęstości 840 kg/m^3 , ma sprawność 20%. Oblicz, na jaką maksymalną wysokość można by podnieść w tym czasie ładunek o masie 2 t , wykorzystując ten silnik.

Zadanie 8.39

Oblicz, ile lodu o temperaturze 0°C uległoby stopieniu, gdyby silnik o sprawności 35% oddał mu ciepło, rozprężając jednocześnie pojazd o masie 2 t do szybkości 108 km/h na drodze 200 m . Przyjmij, że opory ruchu mają wartość 350 N .

Zadanie 8.40

Na wykresie $V(T)$ przedstawiono cykl pracy silnika, w którym ciałem roboczym są dwa mole gazu doskonałego o częstotliwościach dwuatomowych.



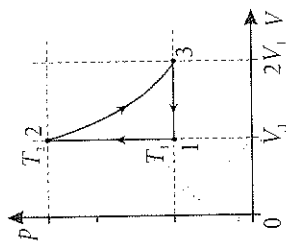
Parametry w stanie 1 są następujące: $V_1 = 0,02\text{ m}^3$, $T_1 = 300\text{ K}$.

- Oblicz parametry gazu (ciśnienie, objętość, temperaturę) we wszystkich stanach.
- Przedstaw cykl na wykresie $p(V)$.
- Oblicz ciepło pobrane i oddane przez gaz w całym cyklu.
- Oblicz pracę efektywną w cyklu i sprawność silnika.

Zadanie 8.41

Na rysunku przedstawiono cykl pracy silnika cieplnego, w którym ciałem roboczym jest pół mola dwuatomowego gazu doskonałego. Przemiana $2 \rightarrow 3$ jest adiabatyczna. Dane są temperatury: $T_1 = 300 \text{ K}$ i $T_2 = 790 \text{ K}$.

- Oblicz sprawność silnika.
- Oblicz pracę wykonaną przez gaz w przemianie adiabatycznej dwoma sposobami:
 - korzystając z wyniku uzyskanego w punkcie a),
 - korzystając z pierwszej zasady termodynamiki.



Zadanie 8.42

Ciało robocze pewnego silnika stanowi 6 moli gazu doskonałego o cząsteczkach jednoatomowych. Cykl pracy tego silnika składa się z czterech przemian:

- $1 \rightarrow 2$ izochoryczne ogrzewanie
- $2 \rightarrow 3$ izobaryczne rozprężanie
- $3 \rightarrow 4$ izochoryczne ochłodzenie
- $4 \rightarrow 1$ izobaryczne sprężanie

a) Uzupełnij tabelę.

	Stan 1	Stan 2	Stan 3	Stan 4
ciśnienie (kPa)		2216		
objętość (dm^3)	18			
temperatura (K)	400		1600	800

b) Przedstaw cykl na wykresach $p(T)$ i $p(V)$.

c) Uzupełnij tabelę.

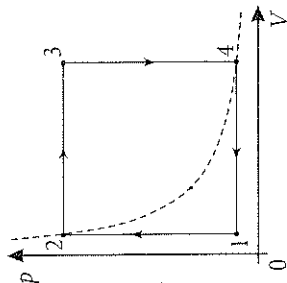
Proces	$\Delta U (J)$	$W (J)$	$Q (J)$
$1 \rightarrow 2$			
$2 \rightarrow 3$			
$3 \rightarrow 4$			
$4 \rightarrow 1$			

d) Oblicz sprawność silnika.

e) Oblicz sprawność silnika Carnota, którego źródło ciepła miałoby temperaturę równą najwyższej temperaturze, a chłodnica temperaturę równą najniższej temperaturze tego gazu.

Zadanie 8.43

Mol gazu doskonałego poddano cyklowi zamkniętemu, składającemu się z dwóch przemian izochorycznych i z dwóch izobarycznych. Punkty 2 i 4 leżą na tej samej izotermie.



W stanach 1 i 3 temperatury wynoszą T_1 i T_3 .

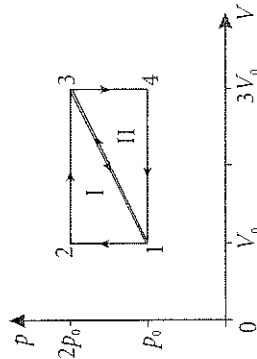
- Wyprowadź wzór na temperaturę T gazu w stanach 2 i 4.
- Wyprowadź wzór na pracę użyteczną wykonaną przez gaz w tym cyklu.
- Oblicz wartości liczbowe T i W_{gaz} dla $T_1 = 100 \text{ K}$ i $T_3 = 900 \text{ K}$.
- Oblicz sprawność cyklu, korzystając z obliczonej w punkcie b) pracy gazu i przyjmując, że ciałem roboczym był gaz jednoatomowy.

Zadanie 8.44*

Na rysunku przedstawiono dwa cykle zamknięte:

- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$
- $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

którym podlega gaz doskonały.



a) Na podstawie pierwszej zasady termodynamiki zastosowanej do pierwszego cyklu oraz definicji sprawności wykaż, że sprawność drugiego cyklu jest większa niż sprawność pierwszego.

b) Oblicz stosunek $\frac{\eta_{II}}{\eta_I}$, wiedząc, że użyty gaz jest jednoatomowy.

Przemiany fazowe

Ciepło właściwe wody	$4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	Ciepło właściwe miedzi	$400 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$
Ciepło właściwe lodu	$2100 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	Ciepło topnienia lodu	$335\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Ciepło właściwe pary wodnej	$2000 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	Ciepło parowania wody (w 100°C)	$2\,260\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Ciepło właściwe aluminium	$900 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$		

Zadanie 8.45

Szklankę z wodą o masie 250 g pozostawiono na kawiarnianym stoliku tak, że padało na nią światło słoneczne. Woda ogrzała się do 30°C. Oblicz, ile kostek lodu o masie 12 g i temperaturze 0°C należy wrzucić do szklanki, aby temperatura wody obniżyła się do 12°C. Przyjmij, że po wrzuceniu lodu wymiana ciepła zachodzi tylko między wodą w szklance a lodem oraz wodą powstającą z lodu.

Zadanie 8.46

Oblicz, ile ciepła odda para wodna o masie 0,5 kg i temperaturze 120°C podczas oziębiania do temperatury –25°C. Przedstaw kolejne procesy na wykresie zależności temperatury od oddanego ciepła.

Zadanie 8.47

Do aluminiowego kalorymetru o masie 100 g wlało wodę o masie 300 g. Temperatura początkowa wody i kalorymetru wynosiła 25°C. Po wrzuceniu pokruszonego lodu o temperaturze –10°C temperatura wody obniżyła się do 8,4°C. Oblicz masę lodu.

Zadanie 8.48

Do miedzianego kalorymetru o masie 250 g wlało 400 g wody o temperaturze 30°C. Do wody wrzuciono kawałek lodu o temperaturze 0°C i masie 45 g. Oblicz temperaturę końcową wody w kalorymetrze.

Zadanie 8.49

Do kalorymetru zawierającego mieszaninę wody z lodem wlało 200 g wody o temperaturze 100°C.

- Oblicz, jaka musiała być początkowa masa lodu, jeśli na końcu doświadczenia w kalorymetrze otrzymano tylko wodę o temperaturze 0°C.
- Jaka musiałaby być początkowa masa lodu, gdyby zamiast wody do kalorymetru wpuszczono taką samą ilość pary wodnej o temperaturze 100°C.

Zadanie 8.50

W aluminiowym kalorymetrze o masie 150 g znajduje się woda o masie 500 g i o temperaturze 10°C. Po wypuszczeniu do kalorymetru pary wodnej o temperaturze 100°C temperatura wody podniosła się do 40°C. Oblicz masę wpuszczonej pary.

Zadanie 8.51

Kalorymetr aluminiowy o masie 800 g zawiera 0,5 kg wody zmieszanej z lodem (w stanie równowagi). Oblicz masę lodu, jeśli po skropleniu w kalorymetrze 150 g pary wodnej w temperaturze 100°C

- temperatura końcowa wody wyniosła 0°C.
- temperatura wzrosła do 100°C.

Zadanie 8.52*

Zależność ciśnienia atmosferycznego od wysokości nad poziomem morza ma charakter wykładniczy. Można ją wyrazić wzorem:

$$p(h) = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot e^{-0,116 \frac{h}{\text{km}}}$$

Uwaga: Wzór jest słuszny przy założeniu, że ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza jest równe 1013 hPa i że wartość przyspieszenia ziemskiego nie zależy od wysokości.

- Korzystając z kalkulatora, oblicz z podanego wzoru ciśnienie atmosferyczne na kilku podanych szczytach górskich. Wyniki wpisz do drugiej kolumny tabeli 1.

Tabela 1

Nazwa szczytu	Wysokość h, p.m. (m)	Ciśnienie atmosferyczne (hPa)	Temperatura wrzenia wody (°C)
1. Mount Blanc	4807		
2. Kilimandżaro	5895		
3. Annapurna	8078		
4. Lhotse	8501		
5. Czogori (K2)	8611		
6. Mount Everest	8848		

- b) Posługując się podaną niżej tabelą 2 zależności ciśnienia nasyconej pary wodnej od temperatury, oblicz (przez interpolację) temperatury wrzenia wody na tych szczytach. Wyniki wpisz do ostatniej kolumny tabeli 1.

Tabela 2

Temperatura (°C)	Ciśnienie nasyconej pary wodnej (hPa)	Temperatura (°C)	Ciśnienie nasyconej pary wodnej (hPa)
50	123	76	408
55	157	78	435
60	199	80	473
65	255	82	500
70	312	84	530
72	344	86	575
74	376	88	610

- c) Oblicz maksymalną wysokość nad poziomem morza, na której można by jeszcze ugotować jajka na twardo. Temperatura, w której ścina się białko kurzego jaja wynosi około 52°C .

Zadanie 8.53

Oblicz, o ile mniej ciepła odda w ciągu doby ściana budynku o powierzchni 100 m^2 i grubości 24 cm zbudowana z drewna od ściany z cegły o identycznych wymiarach, jeśli wewnątrz budynku panuje temperatura 20°C , a na zewnątrz -5°C . Współczynnik przewodnictwa cieplnego dla cegły wynosi $0,5 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}}$, a dla drewna $0,15 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}}$.

Zadanie 8.54

W ciągu godziny przez szybę o powierzchni $150\text{ cm} \times 100\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ i współczynniku przewodnictwa cieplnego $1,2\text{ W/mK}$ „ucieka” około 4320 kJ ciepła. Oblicz temperaturę w mieszkaniu, jeżeli temperatura na zewnątrz wynosi $16,4^\circ\text{C}$.

Rozszerzalność liniowa i objętościowa

Zadanie 8.55

Długość mosiężnej rurki w temperaturze 20°C, jest równa 700,0 mm, a w temperaturze 100°C 701,0 mm. Oblicz:

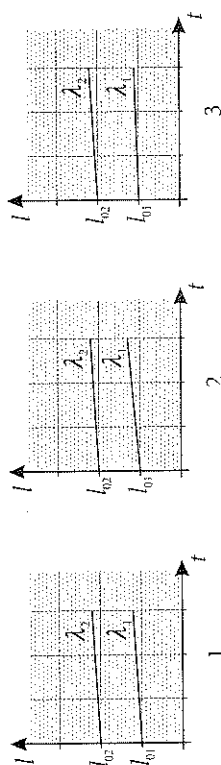
- współczynnik rozszerzalności liniowej mosiądzu,
- długość rurki w 600°C.

Zadanie 8.56

Szkolny przyrząd do badania rozszerzalności termicznej ciał stałych składa się z mosiężnej kuli o średnicy 5 cm i pierścienia o wewnętrznej średnicy 5,03 cm. Oblicz, o ile co najmniej stopni należy ogrzać kulę, aby nie przeszła przez pierścienia.

Zadanie 8.57

poniżej przedstawiono trzy wykresy zależności długości prętów od temperatury:



Oblicz w każdym przypadku związek pomiędzy współczynnikami rozszerzalności λ_1 i λ_2 materiałów z których zostały wykonane pręty.

Zadanie 8.58

Stalowa taśma miernicza została wycedowana w 0°C. Taśmą tą zmierzono długość rurki z polichloroku winylu w 30°C i otrzymano wynik 250,00 mm. Współczynnik rozszerzalności liniowej tego materiału wynosi $1,0 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K}$, współczynnik rozszerzalności stali $1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$. Oblicz:

- długość rurki w 0°C ,
- jej długość w 30°C .

Zadanie 8.59

Stalowa kula, której promień w 0°C wynosi 2 cm, została ogrzana do 100°C . Oblicz:

- o ile procent zwiększył się promień kuli,
- o ile procent wzrosła powierzchnia kuli,
- o ile procent wzrosła jej objętość.

Zadanie 8.60

Zmianę objętości ciała spowodowaną ogrzaniem go o Δt wyrażamy wzorem: $\Delta V = \alpha V_0 \Delta t$, gdzie α jest współczynnikiem rozszerzalności objętościowej, a V_0 – objętością ciała przed ogrzaniem.

- Wyprowadź wzór na gęstość substancji w zależności od przyrostu temperatury: $\rho(\Delta t)$.
- Wykaż, że zmiana gęstości przy ogrzaniu o Δt wyraża się wzorem: $\Delta \rho = -\alpha \rho \Delta t$.

**Zadanie 8.61**

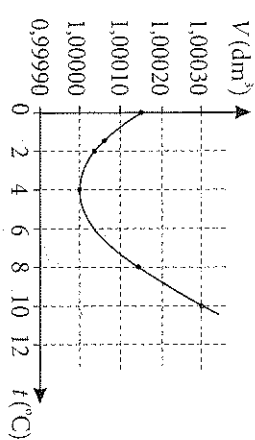
Wykres przedstawia zależność objętości 1 kg wody od temperatury.

- a) Oszacuj wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej wody w zakresie temperatury

- o od 0°C do 2°C,
- o od 8°C do 10°C.

- b) Oblicz z dokładnością do $1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ gęstość wody

- o w temperaturze 2°C,
- o w temperaturze 10°C.

**Przewodnictwo cieplne****Zadanie 8.62**

Dwie stykające się warstwy o takich samych grubościach wykonane z materiałów o współczynnikach przewodnictwa właściwego k_1 i k_2 stykają się ze środowiskami o różnych temperaturach. Spadek temperatury na pierwszej warstwie jest równy ΔT_1 . Wyprowadź wzór na spadek temperatury na obu warstwach $\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2$.

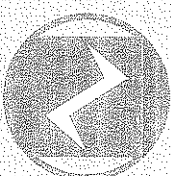
Zadanie 8.63

Drewniana ścianka o powierzchni 10 m^2 ma grubość $1,6 \text{ cm}$. Współczynnik cieplnego przewodnictwa właściwego drewna wynosi $0,2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$. Oblicz ilość ciepła traconą przez ściankę w ciągu godziny, jeśli po jednej stronie ścianki temperatura jest równa 22°C , a po drugiej 10°C .

Zadanie 8.64

Na drewnianą ściankę, o której mowa w poprzednim zadaniu, naklejono warstwę korka ($k = 0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$) o takiej samej grubości. Oblicz:

- a) ilość ciepła, którą teraz będziemy tracić w czasie jednej godziny, przy takiej samej różnicy temperatur,
- b) współczynnik cieplnego przewodnictwa właściwego warstwy zastępczej (tzn. warstwy o grubości $2d$, która przy takiej samej różnicy temperatur, w tym samym czasie przewodzi taką samą ilość ciepła).



Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych

Zadanie 9.1

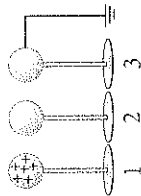
Jak zachowa się metalowa kulka zawieszona na nici, jeżeli zbliżymy do niej drugą kulkę naładowaną ujemnie? Wyjaśnij to zjawisko.

Zadanie 9.2

Do dwóch niestykających się z sobą metalowych kulek osadzonych na izolujących podstawkach zbliżamy palczkę ebonitową naelektryzowaną przez potarcie sukna. Jak postąpić, aby nie tracić, ani nie zmniejszając ładunku palczki, jedną kulkę naelektryzować dodatnio, a drugą ujemnie? Wymień kolejne czynności, które należy w tym celu wykonać.

Zadanie 9.3

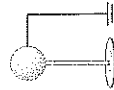
Do dwóch kulek: jednej naelektryzowanej dodatnio (1), a drugiej elektrycznie obojętnej (2) zbliżamy trzecią (3), uziomioną kulkę tak, jak pokazano na rysunku.



Jak naelektryzuje się trzecia kulka. Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 9.4

Metalizowana kulka naelektryzowana dodatnio wisi na sprężynie. Pod nią umieszczamy uziomioną kulkę tak, jak na rysunku obok. Czy na skutek tego sprężyna wydłuży się, czy skurczy? Uzasadnij odpowiedź.



Zadanie 9.5

Dwie identyczne kulki mogą się poruszać bez tarcia po podłożu z izolatora. Jedna ma ładunek $q_1 = 4 \mu\text{C}$, druga $q_2 = -6 \mu\text{C}$. Jaki ładunek ustali się na kulkach po ich zetknięciu. Co dalej będzie się z nimi działo?

Zadanie 9.6

Dwie małe jednakowo naelektryzowane kulki oddziałują na siebie z odległości 10 cm. Oblicz, na jaką odległość należy rozsunąć kulki, aby oddziaływały taką samą siłą po tym, jak ładunek jednej z nich wzrósł 9 razy, a drugiej zmalał 4 razy.

Zadanie 9.7

Dwa naelektryzowane ciała o niewielkich rozmiarach oddziałują na siebie elektrostatycznie siłami o wartości 0,6 N. Oblicz wartość sił wzajemnego oddziaływania ciał po ich zanurzeniu w glicerynie (która nie przewodzi elektrycznie) o stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 42$.

Zadanie 9.8

Dwa naelektryzowane ciała niewielkich rozmiarów oddziałują ze sobą elektrostatycznie. Oblicz, jak musiałaby się zmienić odległość między nimi, aby wartość sił wzajemnego oddziaływania nie zmieniła się po zanurzeniu ciał w nieprzewodzącej cieczy o stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 36$.

Zadanie 9.9

Dwa ładunki punktowe $q_1 = 3 \mu\text{C}$ i $q_2 = -27 \mu\text{C}$ znajdują się w odległości 15 cm od siebie. W jakiej odległości od pierwszego ładunku należy umieścić ładunek próbnny, aby siły działające na niego się równoważyły.

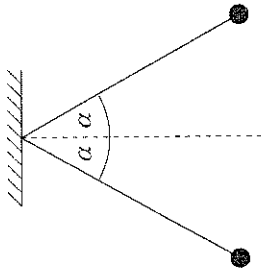
Zadanie 9.10

Miedzy dwoma ładunkami punktowymi o wartościach $q_1 = 0,1 \text{ mC}$ i $q_2 = 9 \mu\text{C}$ umieszczono w odległości 25 cm od ładunku q_1 ładunek q_0 . Wiedząc, że siły działające na ładunek q_0 się równoważą, oblicz odległość ładunków q_1 i q_2 .

Zadanie 9.11

Dwie kulki zawieszone na jedwabnych nitkach o jednakowej długości po naelektryzowaniu oddaliły się od siebie tak, że nitki utworzyły z pionem takie same kąty.

Jaki można wysnuć wniosek o masach i ładunkach tych kulek? Uzasadnij odpowiedź.



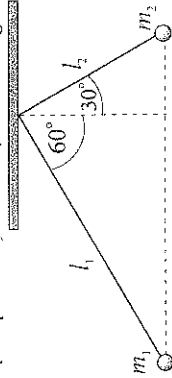
Zadanie 9.12

Na dwóch izolujących nitkach o jednakowych długościach $l = 0,4 \text{ m}$ zaczepionych w jednym punkcie zawieszono dwie małe identyczne kulki przewodzące o masie $m = 0,5 \text{ g}$ każda. Po naelektryzowaniu jednakowym ładunkiem kulki oddaliły się od siebie na odległość $r = 0,1 \text{ m}$.

- Wymień siły, które działają na każdą kulkę.
- Oblicz ładunek każdej kulki.

Zadanie 9.13

Dwie małe kulki o różnych masach zawieszono w jednym punkcie na dwóch nitkach o długościach $l_1 = \sqrt{3}l_2$ i l_2 . Następnie kulki naelektryzowano jednakowymi ładunkami tak, że nitki wraz z kulkami odchyliły się od pionu – jedna o kąt 30° , a druga o 60° tak, jak na rysunku.



- Zachowując proporcje, narysuj siły działające na każdą kulkę.
- Wykaż, że stosunek mas tych kulek $m_2/m_1 = 3/1$.

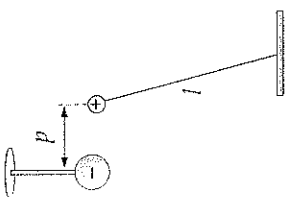
Zadanie 9.14

Dwie jednakowe, bardzo małe kulki przewodzące (koralliki owinięte folią aluminiową) zawieszono na długich izolujących nitkach, których końce zaczepiono w jednym punkcie. Stykające się kulki naelektryzowano przez dotknięcie pałeczką ebonitową polartą sukniem, wskutek czego kulki oddaliły się od siebie na odległość $d = 8$ cm. Następnie jedną z kuliek rozładowano. Masa każdej kulki wynosi m , a długość nitki l .

- Znajdź związek między wzajemną odległością d kulki a ładunkiem każdej z nich.
 - Napisz, co się stanie po rozładowaniu jednej z kuliek, i podaj wyjaśnienie tego zjawiska.
 - Oblicz, w jakiej wzajemnej odległości będą teraz pozostawały kulki.
- Wskazówka: Kąt zawarty między każdą nitką a pionem będzie w obu przypadkach tak mały, że można skorzystać z przybliżonej równości: $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.

Zadanie 9.15

Naelektryzowaną dodatnio kulkę o masie $m = 9$ g zawieszono na jedwabnej nici o długości $l = 51$ cm. Następnie zbliżono do niej kulkę naelektryzowaną ujemnie, osadzoną na izolowanym pręcie z podstawką. Ładunki kuliek są odpowiednio równe $q_1 = 8 \cdot 10^{-8}$ C i $q_2 = -5 \cdot 10^{-8}$ C. W wyniku oddziaływania nie z wiszącą na niej kulką odchyliła się, zbliżając się do drugiej kulki na odległość d cm. Oblicz odległość od pionu, na jaką odchyliła się wisząca kulka. (Na rysunku nie zachowano proporcji).



Zadanie 9.16

Naelektryzowaną ujemnie małą kulkę o masie $m = 15$ g i ładunku $q = -6 \cdot 10^{-6}$ C zawieszono na siłomierzu. Następnie umieszczono pod nią spoczywającą na podłożu kulkę o dwa razy większej masie, naelektryzowaną tak, że wskazania siłomierza zmniejszyły się trzykrotnie. Oblicz:

- ładunek kulki o większej masie, jeżeli odległość między środkami kuliek wynosi 9 cm,
- wartość siły nacisku kulki na podłoże.

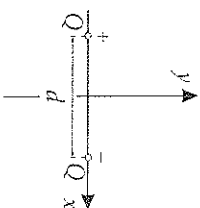
Pole elektrostatyczne. Natężenie pola i potencjał

Zadanie 9.17

Dipol elektryczny to układ dwóch ładunków punktowych o przeciwnych znakach i takich samych wartościach bezwzględnych, umieszczonych we wzajemnej odległości d . Prosta, na której leżą oba ładunki, stanowi oś dipola. Stosując zasadę superpozycji pól, oblicz wartość natężenia pola elektrostatycznego dipola

- w jego środku,

- w punkcie leżącym na osi dipola w odległości $x \gg \frac{d}{2}$ od jego środka.

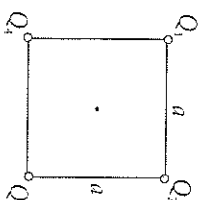


- w punkcie leżącym na symetrycznej odcinka łączącego ładunki w odległości $y \gg \frac{d}{2}$ od jego środka.

Zadanie 9.18

W wierzchołkach kwadratu o boku $a = 1$ m umieszczono cztery ładunki punktowe: $Q_1 = 1 \cdot 10^{-7}$ C, $Q_2 = -2 \cdot 10^{-7}$ C, $Q_3 = 2 \cdot 10^{-7}$ C, $Q_4 = -1 \cdot 10^{-7}$ C.

- Narysuj wektory natężenia pól elektrostatycznych wytworzonych w środku kwadratu przez każdy z ładunków. Podaj zwrot wypadkowego natężenia pola.
- Oblicz wartość wypadkowego natężenia pola w tym punkcie.



Zadanie 9.19

Stosując zasadę superpozycji, oblicz potencjał pola elektrostatycznego wytworzonego przez dipol (patrz rysunek w zadaniu 17)

- w jego środku,
- w punkcie leżącym na osi dipola w odległości $x \gg \frac{d}{2}$ od jego środka, po stronie ładunku ujemnego,
- w punkcie leżącym na symetrycznej odcinka łączącego ładunki w odległości $y \gg \frac{d}{2}$ od jego środka.

Zadanie 9.20

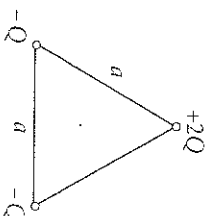
W dwóch wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku 9 cm znajdują się małe kulki nadtadowane ładunkiem o wartości $1 \mu\text{C}$.

- obie dodatnio,
 - jedna dodatnio, druga ujemnie.
- W obu przypadkach wyznacz kierunek i zwrot oraz oblicz wartość wektora natężenia pola elektrostatycznego i potencjał tego pola w trzecim wierzchołku trójkąta.

Zadanie 9.21

W wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku $a = 0,3$ m umieszczono bardzo małe kulki naelektryzowane takimi ładunkami, jak pokazano na rysunku: $Q = 1$ nC.

- Podaj zwrot natężenia pola elektrostatycznego wytworzonego przez ten układ ładunków w środku trójkąta i oblicz jego wartość.
- Oblicz potencjał pola w środku trójkąta.
- Zaproponuj takie wartości i znaki ładunków kuliek, aby natężenie pola w środku trójkąta było równe zeru, a potencjał w tym punkcie był różny od zera. Oblicz ten potencjał.

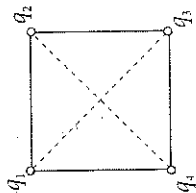


Zadanie 9.22

W trzech wierzchołkach kwadratu o boku 15 cm umieszczono małe kulki naładowane ładunkiem dodatnim o jednakowej wartości $3 \mu\text{C}$. Wyznacz kierunek i zwrot oraz oblicz wartość wektora natężenia pola elektrostatycznego i potencjał tego pola w czwartym wierzchołku kwadratu.

Zadanie 9.23

Wyznacz kierunek i zwrot oraz oblicz wartość wektora natężenia pola elektrostatycznego i potencjał tego pola w środku kwadratu o boku 10 cm, w którego wierzchołkach umieszczone są ładunki punktowe o wartościach równych odpowiednio: $q_1 = +1 \mu\text{C}$, $q_2 = -2 \mu\text{C}$, $q_3 = +3 \mu\text{C}$, $q_4 = -4 \mu\text{C}$.



Zadanie 9.24

Dwa ładunki punktowe $q_1 = 5 \text{ nC}$ i $q_2 = 1,25 \text{ nC}$ umieszczono w wodzie destylowanej o stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 81$ w odległości 18 cm od siebie. Oblicz:

- w jakiej odległości od drugiego ładunku znajduje się punkt, w którym natężenie pola elektrostatycznego będzie równe zero,
- potencjał pola elektrostatycznego w tym punkcie.

Zadanie 9.25

Dwa ładunki punktowe $q_1 = 4 \mu\text{C}$ i $q_2 = -16 \mu\text{C}$ znajdują się w odległości 15 cm od siebie. Oblicz:

- w jakiej odległości od pierwszego ładunku znajduje się punkt, w którym natężenie pola elektrostatycznego będzie równe zero,
- potencjał pola elektrostatycznego w tym punkcie.

Zadanie 9.26

Dipol składa się z dwóch ładunków oddległych od siebie o $d = 9 \text{ cm}$. Punkt A leży na osi dipola, między ładunkami w odległości równej $\frac{d}{3}$ od ładunku dodatniego (jak pokazano na rysunku).



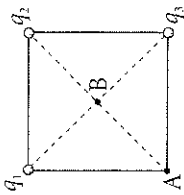
- Oblicz, w jakiej odległości od ładunku dodatniego po przeciwnej stronie znajduje się punkt B, w którym potencjał jest równy potencjałowi w punkcie A.
- Założmy, że punkt A znajduje się w środku dipola. Zbadaj, czy po lewej stronie ładunku dodatniego można znaleźć taki punkt B, w którym potencjał będzie równy potencjałowi w punkcie A.

Zadanie 9.27

Naelektryzowana kropla wody o potencjale 9 V rozpadła się na dwie identyczne kropelki. Oblicz potencjał każdej z mniejszych kropli.

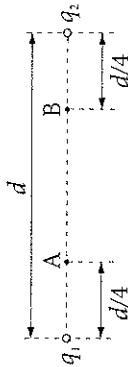
Zadanie 9.28

Ładunek elektryczny o wartości $q_0 = 5 \mu\text{C}$ umieszczono w polu trzech ładunków punktowych: $q_1 = 2 \mu\text{C}$, $q_2 = -4 \mu\text{C}$, $q_3 = 2 \mu\text{C}$ znajdujących się w wierzchołkach kwadratu o boku 5 cm. Oblicz pracę, jaką należy wykonać, aby ładunek q_0 przenieść z punktu A do punktu B tak, jak pokazuje rysunek.



Zadanie 9.29

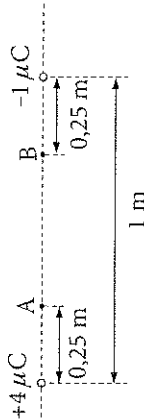
Pomiędzy dwoma ładunkami dodatnimi o wartościach $q_1 = 2 \mu\text{C}$ i $q_2 = 1 \mu\text{C}$ umieszczono trzeci ładunek o wartości $q_3 = 0,5 \mu\text{C}$. Odległość między ładunkami q_1 i q_3 wynosi $d = 10 \text{ cm}$.



Oblicz pracę wykonaną przez siły pola przy przesunięciu ładunku q_3 z punktu A do punktu B.

Zadanie 9.30

Pole elektrostatyczne wytwarzają dwa ładunki punktowe: dodatni $4 \mu\text{C}$ i ujemny o wartości bezwzględnej $1 \mu\text{C}$, oddległe od siebie o 1 m.



Oblicz pracę, którą należy wykonać, aby przesunąć dodatni ładunek $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ z punktu B do A (patrz rysunek).

Zadanie 9.31

W wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku a znajdują się trzy ładunki dodatnie o wartości q każdy. Wyprowadź wzór na pracę, jaką należałoby wykonać nad jednym z nich, aby przenieść go do środka trójkąta.

Zadanie 9.32

Ładunek elektryczny o wartości $q_0 = -2 \mu\text{C}$ umieszczono w odległości 16,5 cm od powierzchni naładowanej z jednakową w każdym punkcie gęstością objętościową nieprzewodzącej kuli.

- Przyjmując, że kula ma średnicę 3 cm i jest naładowana ładunkiem $Q = 2 \text{ nC}$, oblicz:
- pracę, jaką należałoby wykonać, aby ładunek q_0 przemieścić do nieskończoności,
 - potencjał na powierzchni kuli.

Zadanie 9.33

Praca potrzebna na przeniesienie ładunku $q_0 = 4 \text{ nC}$ z nieskończoności do punktu A w polu naładowanej kuli o potencjale $V = 10,8 \cdot 10^5 \text{ V}$ wynosi $W_{\infty \rightarrow A} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. Oblicz, jakiej odległości od powierzchni tej kuli znajduje się punkt A, jeżeli jej średnica wynosi 5 cm.

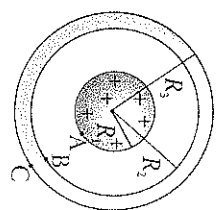
Zadanie 9.34

Przewodzącą kulę o promieniu $R_1 = 2 \text{ cm}$ naładowano do potencjału $V = 900 \text{ V}$.

- Oblicz ładunek kuli.
- Napisz, jaki skutek spowoduje otoczenie kuli wykonaną z przewodnika współśrodkową powłoką sferyczną o promieniu wewnętrznym $R_2 = 5 \text{ cm}$ i zewnętrznym $R_3 = 6 \text{ cm}$. Oblicz potencjał kuli oraz powłoki.
- Następnie kulę połączono drutkiem z powłoką. Napisz, jaki skutek wywoła takie połączenie. Oblicz potencjał kuli.
- Na koniec uziemiono powłokę. Ile teraz wyniesie potencjał kuli?

Zadanie 9.35

Kulę przewodzącą o promieniu R_1 naładowano ładunkiem dodatnim Q i otoczono współśrodkowo przewodzącą powłoką sferyczną o promieniu wewnętrznym R_2 i zewnętrznym R_3 .



- Ustal, jaka jest całkowita wartość ładunku znajdującego się na powłoce. Narysuj linie pola elektrostatycznego w całej przestrzeni.
- Oblicz (tzn. wyraż w formie wzorów) potencjały V_A , V_B i V_C w punktach A, B i C oraz różnicę potencjałów między kulą a powłoką ($V_A - V_B$).
Wskazówka: Zastosuj zasadę superpozycji potencjałów i skorzystaj z informacji, że potencjał wytworzony przez ładunek Q rozmieszczony na powierzchni kulistej jest w każdym punkcie tej kuli (na powierzchni i wewnątrz) równy $\frac{kQ}{R}$ (R – promień kuli), niezależnie od tego, czy kula jest pełna czy pusta.
- Powłokę uziemiono. Wykonaj te same polecenia, które sformulowano w punktach a) i b).
- Sformułuj słownymi wynikający z obliczeń wniosek dotyczący potencjału kuli, powłoki i różnicy tych potencjałów przed uziemieniem powłoki i po jej uziemieniu.

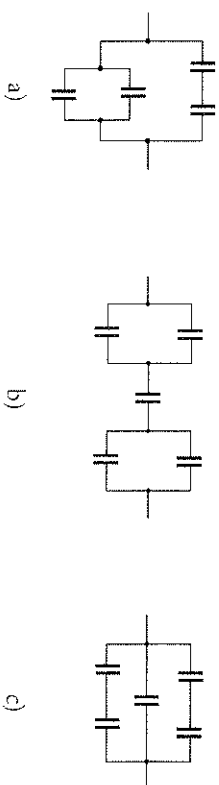
Zadanie 9.36

Oblicz i porównaj pojemność zastępczą układu kondensatorów o pojemności $2 \mu\text{F}$ każdy połączonych w następujące układy:

- dwa szeregowo z trzecim równolegle,
- dwa równolegle z trzecim szeregowo.

Kondensatory**Zadanie 9.37**

Oblicz pojemność zastępczą układów kondensatorów przedstawionych poniżej. Każdy kondensator ma pojemność C .

**Zadanie 9.38**

Dwa kondensatory o pojemnościach $C_1 = 20 \mu\text{F}$ i $C_2 = 50 \mu\text{F}$ połączono szeregowo i do baterii doprowadzono napięcie $U = 210 \text{ V}$. Oblicz napięcie i ładunek na każdym z kondensatorów.

Zadanie 9.39

Dwa kondensatory o pojemnościach $C_1 = 20 \mu\text{F}$ i $C_2 = 50 \mu\text{F}$ połączono równolegle. Na układ wprowadzono ładunek $Q = 2100 \mu\text{C}$. Oblicz napięcia i ładunki na obu kondensatorach.

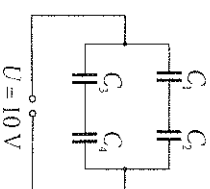
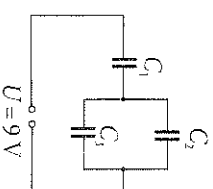
Zadanie 9.40

Trzy kondensatory o pojemnościach $C_1 = 4 \mu\text{F}$, $C_2 = 12 \mu\text{F}$ i $C_3 = 8 \mu\text{F}$ połączono w układ przedstawiony na schemacie obok. Napięcie na baterii wynosi 9 V . Oblicz, jaki ładunek zgromadził się na kondensatorze o pojemności C_2 .

Zadanie 9.41

Cztery kondensatory o pojemnościach $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 1 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$ i $C_4 = 2 \mu\text{F}$ połączono tak, jak pokazuje schemat. Do baterii przyłożono napięcie 10 V .

- Oblicz napięcie na każdym z kondensatorów.
- Oblicz napięcie na każdym z trzech pozostałych kondensatorów w przypadku, gdy kondensator o najmniejszej pojemności uległ przebiciu.



Zadanie 9.42

Plaski kondensator, wypełniony dielektrykiem o względnej przenikalności ϵ_r , ma pojemność C . Po naładowaniu ładunkiem Q kondensator został odłączony od źródła napięcia. Zbadaj, jak po wysunięciu dielektryka pomiędzy okładki kondensatora zmienia się:

- pojemność,
- ładunek na okładkach,
- napięcie między okładkami,
- natężenie pola elektrycznego wewnątrz kondensatora,
- energia kondensatora.

Zadanie 9.43

Rozwiąż poprzednie zadanie przy założeniu, że w trakcie wysuwania dielektryka kondensator jest stale podłączony do źródła napięcia.

Zadanie 9.44

Do dwóch kondensatorów 1 i 2 o pojemnościach $C_1 = 1 \mu\text{F}$ i $C_2 = 3 \mu\text{F}$ połączonych szeregowo doprowadzono napięcie $U = 40 \text{ V}$. Oblicz:

- ładunek na każdym kondensatorze i na całym układzie,
- napięcie na każdym kondensatorze.

Następnie do kondensatora 1 wsunęto płytkę szklaną o stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 7$, która wypełniła całą przestrzeń między okładkami. Oblicz:

- ładunek, który dopłynął do układu ze źródła, oraz napięcie na każdym kondensatorze,
- energię zgromadzoną w układzie przed wsunięciem płytki szklanej i po jej wsunięciu.

Zadanie 9.45

Do dwóch kondensatorów 1 i 2 o pojemnościach $C_1 = 1 \mu\text{F}$ i $C_2 = 3 \mu\text{F}$, połączonych równolegle, doprowadzono napięcie $U = 40 \text{ V}$.

- Oblicz ładunek na każdym kondensatorze i na ich układzie.

Następnie do kondensatora 1 wsunęto szklaną płytkę o stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 7$, która wypełniła całą przestrzeń pomiędzy okładkami. Oblicz:

- ładunek, który dopłynął do układu ze źródła,
- energię zgromadzoną w układzie przed wsunięciem płytki i po jej wsunięciu.

Zadanie 9.46

Próżniowy kondensator płaski o pojemności C_0 zanurzono do połowy w cieczy dielektrycznej o względnej przenikalności ϵ_r tak, jak pokazują rysunki.

- Oblicz, ile razy wzrosła pojemność kondensatora w przypadkach pokazanych na rysunkach 1 i 2.
- Czy można tak dobrać ciecz, aby pojemność w którymś z przypadków zmalała? Ile musiałaby wtedy wynosić przenikalność ϵ_r cieczy?



rys. 1

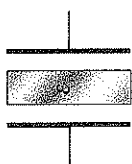


rys. 2

Zadanie 9.47

Pojemność płaskiego kondensatora wypełnionego powietrzem jest równa C_0 . Do kondensatora wsunęto płytkę z dielektryka o stałej dielektrycznej ϵ_r . Płytkę ułożono symetrycznie między okładkami tak, by wypełniła połowę przestrzeni między nimi.

- Wykonując odpowiednie obliczenia zbadaj, ile razy wzrosła pojemność kondensatora.
- Zbadaj, jak zmieni się pojemność kondensatora, gdy zmienimy płytkę z dielektryka na metalową płytkę o tej samej grubości.



Zadanie 9.48

Spoczywający początkowo elektron został przyspieszony napięciem 50 V . Oblicz:

- szybkość uzyskaną przez elektron,
- drogę, jaką mógłby przebiec elektron podczas przyspieszania (wzdłuż linii pola) w czasie $1 \mu\text{s}$.

Zadanie 9.49

Proton o bliskiej zeru szybkości początkowej znalazł się w jednorodnym polu elektrostatycznym o natężeniu 2000 V/m . Oblicz, w jakim czasie proton może przebyć drogę o długości 1 metra w takim polu wzdłuż jego linii.

Zadanie 9.50 Częstka alfa porusza się w jednorodnym polu elektrostatycznym wzdłuż linii pola między punktami A i B ruchem jednostajnie przyspieszonym ($v_0 = 0$). Oblicz:

- różnicę potencjałów między tymi punktami, jeżeli wartość pędu uzyskana przez cząstkę w punkcie B wynosi $8 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.
- czas, w którym cząstka alfa przeleci z punktu A do B. Przyjmij, że odległość między tymi punktami wynosi 5 cm .

Zadanie 9.51

W odległości wzajemnej $d = 2 \text{ cm}$ ustawione są pionowe płytki kondensatora płaskiego o rozmiarach kilku centymetrów. W połowie odległości między płytkami opada naładowany elektrycznie pyłek o masie $m = 2 \cdot 10^{-10} \text{ g}$. Wskutek występowania oporu powietrza jego prędkość jest stała i ma wartość $v = 0,2 \text{ cm/s}$. Po doprowadzeniu do płytek napięcia $U = 625 \text{ V}$ pyłek zaczął się zbliżać do jednej z płytek, przy czym wartość jego prędkości w kierunku płytki ustaliła się w niewielkim ułamku sekundy i po czasie $t = 20 \text{ s}$ pyłek zetknął się z płytką.

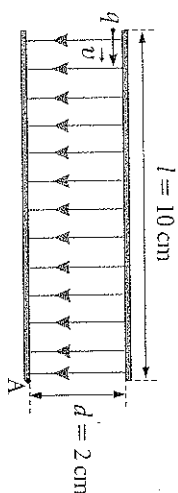
- Przyjmując, że wartość siły oporu powietrza jest wprost proporcjonalna do szybkości pyłku, oblicz współczynnik proporcjonalności.
- Odpowiedz na pytania:

- Czy fakt zbliżania się pyłku do płytki wpływa na szybkość jego opadania? Uzasadnij odpowiedź.

- * 2. Jaki będzie kształt toru, po którym pyłek porusza się po doprowadzeniu napięcia? Przedstaw ten tor na rysunku.
c) Oblicz ładunek elektryczny pyłku.

Zadanie 9.52

W polu elektrycznym wytworzonym wewnątrz kondensatora płaskiego wpadł proton z prędkością o wartości 10^6 m/s prostopadłe do linii pola tak, jak pokazuje rysunek.

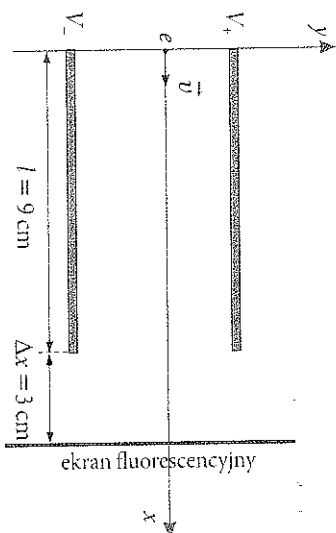


Oblicz:

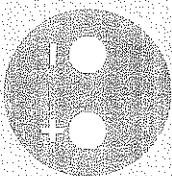
- odchylenie protonu w kierunku linii pola, jeśli napięcie między okładkami wynosi 200 V.
- różnicę między szybkością uzyskaną przez proton w punkcie A a szybkością początkową.

Zadanie 9.53

W polu elektrycznym wytworzone wewnątrz kondensatora płaskiego o napięciu $E = 500$ N/C wpadł elektron z szybkością $4 \cdot 10^6$ m/s tak, jak pokazuje rysunek.



- Narysuj tor ruchu elektronu i oblicz kąt, który prędkość końcowa tworzy z prędkością początkową.
- Oblicz odchylenie elektronu w kierunku linii pola w chwili opuszczania kondensatora.
- Przy założeniu, że elektron po opuszczeniu pola elektrostatycznego porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, oblicz całkowite odchylenie cząstki od początkowego kierunku, w chwili uderzenia w ekran fluorescencyjny. Odległość między krawędziami płytek kondensatora a ekranem wynosi 3 cm.



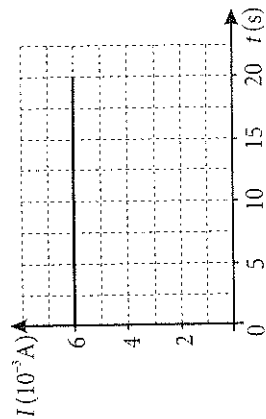
Prąd elektryczny. Natężenie prądu

Zadanie 10.1

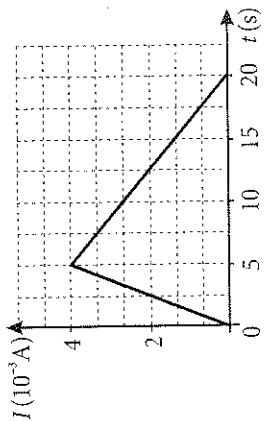
Oblicz natężenie prądu wytworzonego przez elektron krążący z częstotliwością $45 \cdot 10^6$ Hz na pierwszej orbicie w atomie wodoru. Ładunek elektronu jest równy $1,602 \cdot 10^{-19}$ C.

Zadanie 10.2

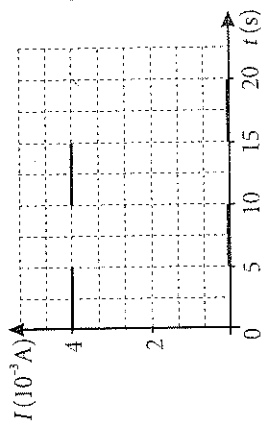
Poniższe wykresy przedstawiają zależność od czasu natężenia prądu przepływającego przez przekrój poprzeczny przewodnika. W każdym przypadku oblicz przybliżoną liczbę elektronów, które przepłynęły przez przekrój poprzeczny przewodnika w czasie 20 sekund.



a)



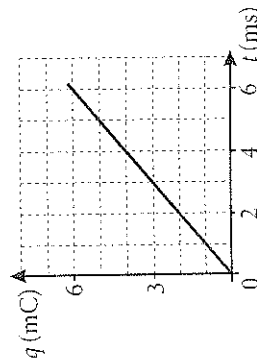
b)



c)

Zadanie 10.3

Wykres przedstawia zależność ładunku elektrycznego przepływającego przez pewien przewodnik od czasu. Na jego podstawie oblicz natężenie prądu płynącego w tym przewodniku.



Zadanie 10.4

Działko elektronowe jest źródłem strumienia elektronów. Oblicz masę elektronów wpływających z działka w czasie 2 s, jeżeli natężenie prądu elektronów z działka wynosi $8,01 \mu\text{A}$.

Do obliczeń przyjmij, że stosunek $\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$.

Prawo Ohma. Opór elektryczny przewodnika

Zadanie 10.5

Przewodnik o oporze 360Ω włączono do źródła napięcia 9 V. Oblicz czas, w którym przez przewodnik przepłynął ładunek 45 C.

Zadanie 10.6

Przez przewodnik o oporze 4Ω płynie prąd o natężeniu 2 mA. Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w tym przewodniku, jeżeli jego długość wynosi 2 cm. Pole przekroju poprzecznego przewodnika jest na całej długości jednakowe.

Zadanie 10.7

Opór kawałka drutu wynosi R_1 . Oblicz opór drugiego kawałka drutu wykonanego z tego samego materiału, ale o średnicy trzy razy mniejszej i dwa razy większej długości.

Zadanie 10.8

Opór elektryczny włókna wolframowego zarówno rozgrzanego do temperatury 3200 K wynosi 854Ω , a jego długość 6 cm. Oblicz średnicę włókna, jeżeli opór właściwy wolframu w tej temperaturze jest równy $99,6 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Zadanie 10.9

Do wykonania przewodów elektrycznych wykorzystano drut z miedzi o całkowitym oporze 6Ω i masie 398,72 kg. Oblicz, jak długi będzie przewód elektryczny z tego drutu. Przyjmij, że opór właściwy miedzi wynosi $1,68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, a jej gęstość jest równa 8900 kg/m^3 .

Zadanie 10.10

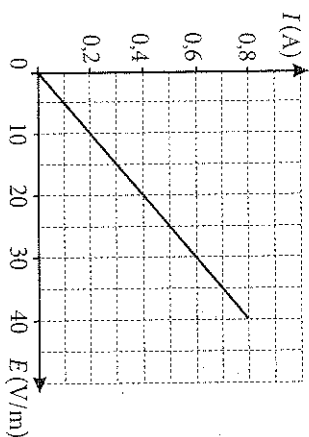
Do końców miedzianego przewodnika o masie 32 kg i średnicy 0,8 mm przyłożono napięcie 1,4 V. Oblicz natężenie prądu, który popłynie w przewodniku, jeżeli opór właściwy miedzi wynosi $1,68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, a jej gęstość jest równa 8900 kg/m^3 . Przyjmij, że $\pi^2 \approx 10$.

Zadanie 10.11

Pręt z aluminium o gęstości 2700 kg/m^3 i oporze właściwym $2,8 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ ma osiem razy mniejszy opór od oporu pręta z grafitu o gęstości 2200 kg/m^3 i oporze właściwym $2 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m}$. Oblicz, ile razy dłuższy jest pręt z aluminium, jeżeli ich masy są jednakowe.

Zadanie 10.12

Wykres przedstawia zależność natężenia prądu płynącego przez przewodnik o długości 4 dm od natężenia pola elektrycznego w tym przewodniku.



Na jego podstawie oblicz opór przewodnika, wiedząc, że przewodnik ma wszędzie jednakową średnicę.

Zadanie 10.13

Uczniowie na lekcji fizyki wykonali pomiar napięcia przyłożonego między końce każdego z dwóch odbiorników i natężenia prądu płynącego przez każdy odbiornik. Wyniki pomiarów wpisali do tabeli. W obu przypadkach niepewności pomiarowe przyrządów wynosiły odpowiednio: $\Delta U = \pm 0,4 \text{ V}$, $\Delta I = \pm 0,05 \text{ A}$.

Odbiornik 1

$U \text{ (V)}$	2,8	6,2	8,8	12,2	14,4	15,5
$I \text{ (A)}$	0,11	0,23	0,36	0,43	0,57	0,60

Odbiornik 2

$U \text{ (V)}$	2,8	6,2	8,8	12,2	14,4	15,5
$I \text{ (A)}$	0,06	0,11	0,18	0,23	0,29	0,30

- Na papierze milimetrowym narysuj wykresy zależności natężenia płynącego prądu od napięcia dla obu odbiorników. Zaznacz przy każdym punkcie pomiarowym jego niepewność pomiarową, a następnie dopasuj proste. Skorzystaj z opisu w aneksie A1.5 w części pierwszej podręcznika *Z fizyką w przyszłość*.
- Napisz równania otrzymanych prostych.
- Oblicz opór każdego odbiornika.
- Oszacuj niepewność względną każdego oporu.

Praca i moc prądu elektrycznego

Zadanie 10.14

Przez przewodnik z miedzi o oporze właściwym $1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ i promieniu przekroju $0,75 \text{ mm}$ płynie prąd o natężeniu 20 A . Oblicz długość tego przewodnika, jeżeli w czasie jednej sekundy oddaje on do otoczenia $1075,2 \text{ J}$ energii.

Zadanie 10.15

Oblicz, ile ciepła przekazuje wodzie czajnik elektryczny o mocy 2 kW dołączony do źródła o napięciu 230 V w czasie $1,5 \text{ min}$. Straty grzałki czajnika szacuje się na 25% .

Zadanie 10.16

Przez uzwojenie silnika lokomotywy płynie prąd o natężeniu 229 A . Lokomotywa wraz z całym składem porusza się z szybkością 90 km/h , a jej siła ciągu wynosi 22 kN . Oblicz napięcie, które zasila silnik lokomotywy, jeśli 80% energii elektrycznej zamienione zostaje na pracę silnika.

Zadanie 10.17

Za pomocą dźwigu podnoszono ruchem jednostajnym betonową płytę o gęstości 2500 kg/m^3 i wymiarach $300 \text{ cm} \times 130 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$. Straty energii podczas podnoszenia płyty wynoszą około 25% . Oblicz wartość prędkości, z którą podnoszono płytę, jeżeli przy napięciu zasilającym 500 V przez silnik płynął prąd o natężeniu 20 A .

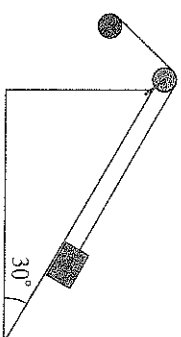
Zadanie 10.18

Za pomocą grzałki elektrycznej w czasie 91 sekund zagotowano pół litra wody, której temperatura początkowa wynosiła 20°C . Oblicz moc grzałki, jeżeli jej sprawność wynosi 92% .

Ciepło właściwe wody jest równe $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$.

Zadanie 10.19

Kontener o masie $1,2 \text{ tony}$ wciągano ruchem jednostajnym z szybkością 4 m/s po równi pochyłej za pomocą silnika elektrycznego (rysunek).

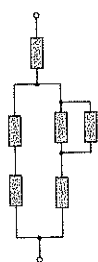


Silnik elektryczny połączono z kontenerem nierozciągliwą liną, którą przerzucono przez nieruchomy blok. Oblicz sprawność silnika, jeżeli jego moc jest równa 40 kW . Przyjmij, że współczynnik tarcia kontenera o równię wynosi $0,2$.

Łączenie odbiorników

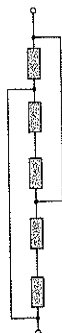
Zadanie 10.20

Oblicz opory zastępcze poniższych układów odbiorników.



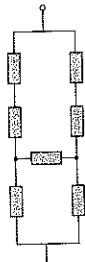
każdy opór
 $R = 7 \Omega$

a)



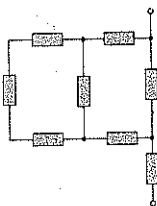
każdy opór
 $R = 4 \Omega$

c)



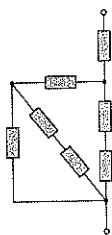
każdy opór
 $R = 6 \Omega$

e)



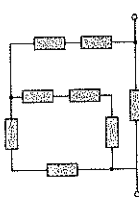
każdy opór
 $R = 3 \Omega$

b)



każdy opór
 $R = 5,5 \Omega$

d)



każdy opór
 $R = 7 \Omega$

f)

Zadanie 10.21

Na oprawce żaróweczki jest napisane: 3,5 V; 0,2 A. Żaróweczkę dołączono do źródła o napięciu 3,5 V za pomocą dwóch jednakowych miedzianych przewodników o długości 0,3 m i o średnicy 0,5 mm każdy. Opór właściwy miedzi wynosi $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$.

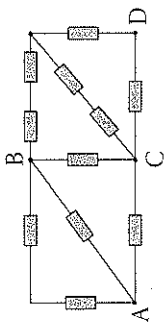
- Oblicz opór żaróweczki i przewodów doprowadzających.
- Oblicz, jaki procent doprowadzonego napięcia stanowią spadki potencjału na przewodach doprowadzających.

Zadanie 10.22

Przewodnik o oporze 200Ω podzielono na n równych kawałków, które następnie połączono równolegle. Oblicz, na ile części podzielono drut, jeżeli po równoległym ich połączeniu opór zastępczy był równy 8Ω . Ile wynosił opór jednego kawałka drutu?

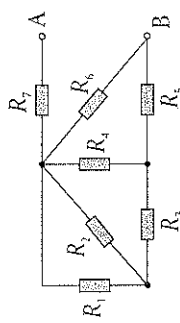
Zadanie 10.23

Jednakowe oporniki, każdy o oporze $R = 2 \Omega$ połączono jak na rysunku. Oblicz opór, który zostanie zmierzony pomiędzy punktami A i B, B i C oraz C i D.



Zadanie 10.24

Oporniki o oporach $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 2 \Omega$, $R_6 = 4 \Omega$, $R_7 = R_8 = 1 \Omega$ połączono jak na rysunku. Oblicz opór zastępczy układu oporników między punktami A i B.

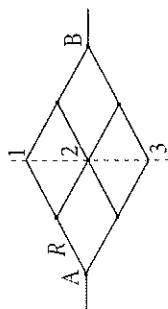


Zadanie 10.25

Dwanaście identycznych kawałków drutu, każdy o oporze $R = 2 \Omega$, połączono tak, jak pokazano na rysunku.

Zauważ, że potencjały punktów 1, 2 i 3 są jednakowe ze względu na symetrię lewej i prawej części konstrukcji (potencjał tych punktów jest średnią arytmetyczną potencjałów w punktach A i B). Można zatem połączyć ze sobą punkty 1, 2 i 3 lub odłączyć w punkcie 2 górną część konstrukcji od dolnej – nie się wówczas nie zmieni, bo symetria zostanie zachowana.

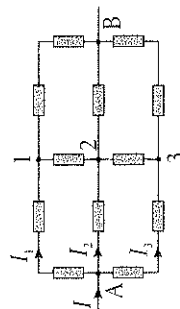
Stosując obydwa sposoby, oblicz opór zastępczy między punktami A i B.



Zadanie 10.26

Jednakowe oporniki, każdy o oporze R , połączono tak, jak pokazuje schemat. Korzystając z równości potencjałów w punktach 1, 2 i 3

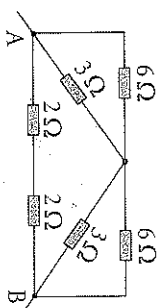
- oblicz opór zastępczy między punktami A i B,
- wyraż natężenia prądów I_1 , I_2 , I_3 przez natężenie I prądu dopływającego.



Zadanie 10.27

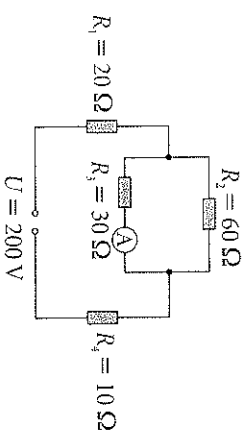
Stosując sposoby opisane w zadaniu 10.25,

- narysuj dwa schematy połączenia oporników równoważne połączeniu przedstawionemu na rysunku,
- oblicz opór zastępczy między punktami A i B,
- oblicz natężenie prądów w poszczególnych opornikach, jeśli natężenie prądu dopływającego do punktu A jest równe $1,8\text{ A}$,
- oblicz napięcie między punktami A i B.



Zadanie 10.28

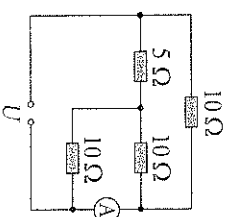
Korzystając ze schematu obwodu, oblicz napięcie na oporze R_2 oraz natężenie prądu wskazane przez amperomierz o bardzo małym oporze.



Zadanie 10.29

Do obwodu, którego schemat pokazano na rysunku, doprowadzono napięcie $U = 5\text{ V}$. Zakładamy, że opór amperomierza jest pomijalnie mały.

- Oblicz opór zastępczy obwodu.
- Oblicz natężenie prądu płynącego w obwodzie oraz wskazywane przez amperomierz.

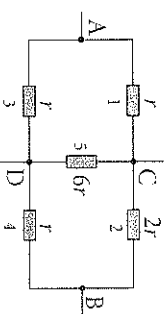


Zadanie 10.30

Na rysunku przedstawiono połączenie pięciu oporników. Oblicz opór zastępczy układu i natężenie prądu w poszczególnych opornikach, jeśli do sieci włączamy następujące pary zacisków:

- A i C,
- C i D,
- C i B,
- D i B.

W każdym przypadku $r = 1\text{ }\Omega$, a natężenie prądu dopływającego do układu $I = 1\text{ A}$.



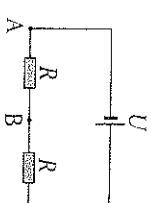
Zadanie 10.31

Dwa identyczne odbiorniki, z których każdy ma opór $R = 1\text{ }\Omega$ dołączono do napięcia $U = 2\text{ V}$.

- Oblicz natężenie prądu w obwodzie i napięcie między punktami A i B.
- Oblicz natężenie prądu w obwodzie i napięcie między punktami A i B, gdy do tych punktów dołączono dodatkowy opornik o oporze

- $0,1\text{ }\Omega$,
- $10\text{ }\Omega$,
- $100\text{ }\Omega$.

- Po otrzymaniu wyników wyjaśnij, dlaczego woltomierz (dołączony równolegle do odbiornika, na którym chcemy zmierzyć napięcie) powinien mieć możliwie duży opór.



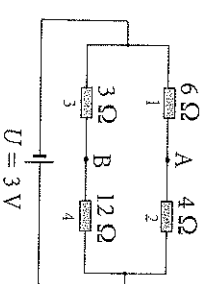
Zadanie 10.32

Cztery oporniki połączone tak, jak pokazuje rysunek. Do układu doprowadzono napięcie równe 3 V .

- Oblicz natężenie prądu we wszystkich opornikach.
- Punkty A i B spięto przewodem o pomijalnie małym oporze, wskutek czego potencjały w tych punktach się wyrównały.

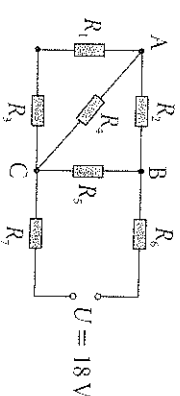
Oblicz natężenie prądu w obwodzie i we wszystkich opornikach po dokonaniu spięcia.

- Zauważ, że napięcie pomiędzy końcami przewodu spinającego punkty A i B jest równe zeru, zerowy jest także jego opór, a mimo to (jak wynika z I prawa Kirchhoffa) przez przewód ten płynie prąd. Wskaz kierunek tego prądu i oblicz jego natężenie.



Zadanie 10.33

W obwodzie, którego schemat przedstawiono na rysunku odbiorniki mają następujące opory: $R_1 = 6\text{ }\Omega$, $R_2 = R_3 = 2\text{ }\Omega$, $R_4 = 8\text{ }\Omega$, $R_5 = 6\text{ }\Omega$, $R_6 = R_7 = 3\text{ }\Omega$. Do obwodu doprowadzono napięcie $U = 18\text{ V}$.



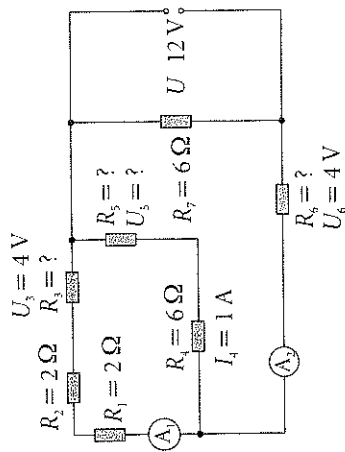
Oblicz:

- opory zastępcze między punktami A i C, B i C oraz opór zastępczy całego obwodu,
- natężenie prądu w obwodzie oraz napięcie między punktami B i C oraz A i C,
- natężenia prądów od I_1 do I_7 we wszystkich odbiornikach.

Zadanie 10.34

Rysunki przedstawiają schematy obwodów elektrycznych zasilanych napięciem 12 V.

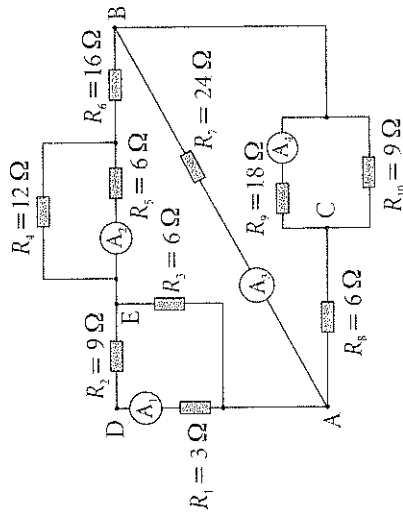
- a) W obwodzie I oblicz: $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8$ oraz opór zastępczy R_0 obwodu.
b) W obwodzie II oblicz: $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8$ oraz opór zastępczy R_0 obwodu.



I

Zadanie 10.35

Na schemacie poniżej przedstawiono obwód, w którym pomiędzy punkty A i B przyłożono napięcie $U = 18\text{ V}$. A_1, A_2, A_3 i A_4 to amperomierze o pomijalnie małych oporach.

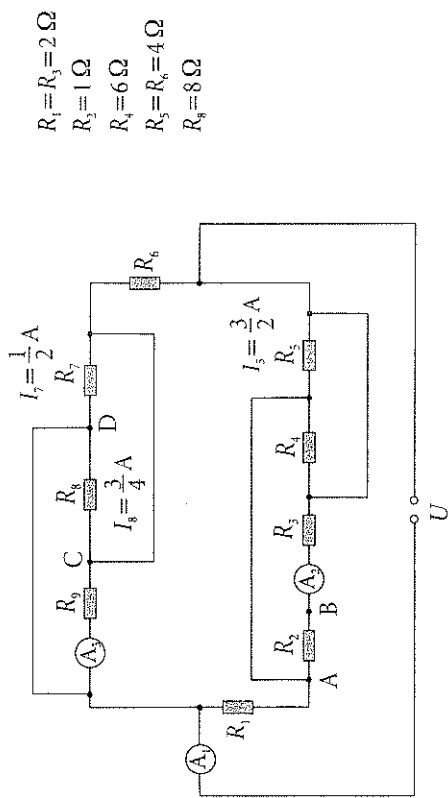


Oblicz:

- a) opór pomiędzy punktami A i B,
b) natężenie prądu wskazywane przez amperomierze A_1, A_2, A_3 i A_4 ,
c) napięcie, które wskaże woltomierz o bardzo dużym oporze włączony kolejno między punkty: A i C, B i D, D i E, B i E.

Zadanie 10.36

Rysunek poniżej przedstawia schemat obwodu.

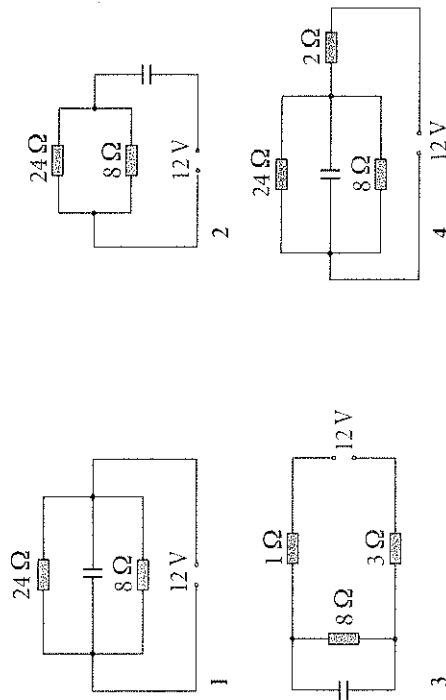


Oblicz:

- a) natężenie prądu wskazywane przez amperomierze A_1, A_2, A_3 o bardzo małych oporach,
b) brakujące opory oporników,
c) napięcie, które wskazywałby woltomierz o bardzo dużym oporach, włączone między punktami A i B oraz C i D.

Zadanie 10.37

Cztery kolejne rysunki przedstawiają schematy obwodów elektrycznych zawierających oporniki i kondensator. Pojemność kondensatora w każdym obwodzie jest równa $5\text{ }\mu\text{F}$.



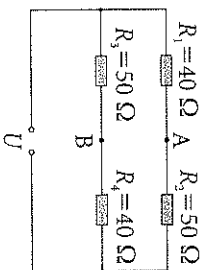
Dla wszystkich przypadków oblicz:

- napięcie między okładkami kondensatora,
- ładunek zgromadzony na kondensatorze.

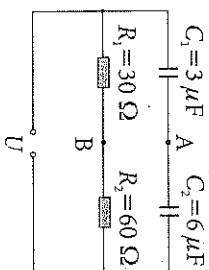
Zadanie 10.38

Rysunki przedstawiają dwa obwody elektryczne I i II ze źródłem o napięciu 18 V.

obwód I



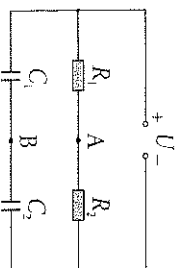
obwód II



Oblicz w każdym przypadku różnicę potencjałów $V_A - V_B$.

Zadanie 10.39

Obwód zawiera dwa oporniki i dwa kondensatory połączone tak, jak pokazuje schemat.



Opory i pojemności są następujące: $R_1 = 24 \Omega$, $R_2 = 18 \Omega$, $C_1 = 6 \mu F$, $C_2 = 2 \mu F$. Do układu doprowadzono napięcie $U = 28 V$. Oblicz:

- natężenie prądu w obwodzie,
 - pojemność zastępczą układu kondensatorów,
 - ładunek na każdym kondensatorze,
 - napięcie między punktami A i B. Który z tych punktów ma wyższy potencjał?
- Następnie punkty A i B połączone ze sobą przewodem znikłym oporze.
- Oblicz napięcie i ładunek na każdym z kondensatorów po połączeniu punktów.

Zadanie 10.40

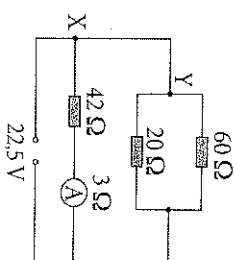
Skala miliamperomierza o zakresie do 50 mA zawiera sto działek, a jego opór jest równy 100Ω . Aby przystosować ten przyrząd do mierzenia natężeń prądów do 1 A, dołączono do niego bocznik.

- Oblicz opór bocznika.
- Oblicz opór amperomierza z dołączonym bocznikiem.
- Wskażówka przyrządu zatrzymała się na działce 75. Ile wynosi natężenie prądu w obwodzie?

Zadanie 10.41

Obwód zawiera oporniki o oporach 20Ω , 42Ω i 60Ω i amperomierz o oporze 3Ω połączone tak, jak pokazuje schemat. Zakres amperomierza wynosi 1 A. Do obwodu doprowadzono napięcie 22,5 V, które nie ulega zmianie po przeniesieniu amperomierza w inne miejsce obwodu.

- Oblicz natężenie prądu wskazywane przez amperomierz.

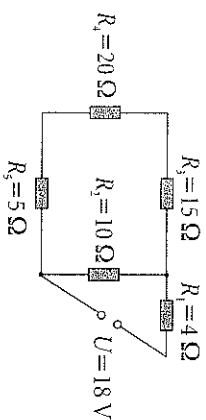


- Sprawdź, wykonując odpowiednie obliczenia, że tym samym amperomierzem nie można zmierzyć natężenia prądu w przewodzie łączącym punkty X i Y obwodu. Sformułuj wniosek wynikający z obliczeń.
- Oblicz opór bocznika, który należy dołączyć do amperomierza, aby zwiększyć jego zakres do 1,5 A.
- Oblicz natężenie prądu zmierzone amperomierzem o poszerzonym zakresie włączonym między punkty X i Y.

Zadanie 10.42

Schemat obwodu przedstawiono na rysunku obok. Oblicz moc wydzieloną:

- w całym obwodzie,
- na odbiornikach o oporach R_2 i R_4 .



Zadanie 10.43

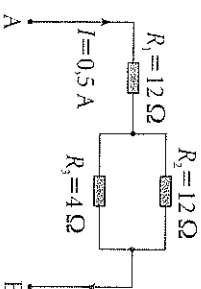
Na podstawie zasady zachowania energii wyprowadź wzory na opór zastępczy dla:

- szeregowego połączenia odbiorników,
 - równoległego połączenia odbiorników.
- Wskażówka: Energia elektryczna otrzymywana w całej instalacji jest zawsze równa sumie energii otrzymanych w poszczególnych odbiornikach.

Zadanie 10.44

Rysunek przedstawia fragment schematu obwodu elektrycznego, w którym płynie prąd o natężeniu 0,5 A.

- Nie zapisując obliczeń, przedstaw rozumowanie, które doprowadza do wniosku, że moc P_2 wydzielona w odbiorniku o oporze R_2 jest 16 razy mniejsza od mocy P_1 wydzielonej w odbiorniku o oporze R_1 .
- Oblicz napięcie, które wskazywałby woltomierz o bardzo dużym oporze, włączony między punkty A i B.



Zadanie 10.45

Za pomocą jednej grzałki podłączonej do napięcia 230 V doprowadzono do wrzenia pewną masę wody w czasie 4 min. Zbadaj, jak należy podłączyć do tej grzałki drugą o identycznym oporze, aby zagotować tę samą ilość wody w czasie dwa razy krótszym. Podaj uzasadnienie.

Zadanie 10.46

Dwie grzałki o różnych mocach są dostosowane do takiego samego napięcia. Grzałki zanurzono w osobnych naczyniach zawierających wodę o takiej samej masie i temperaturze początkowej. W pierwszym naczyniu woda zagotowała się po czasie $t_1 = 4$ min, a w drugim po czasie $t_2 = 6$ min. Oblicz czas, który byłby potrzebny do zagotowania wody.

- gdyby obydwie grzałki zanurzone w jednym naczyniu,
- gdyby w naczyniu zanurzone obydwie grzałki połączone ze sobą szeregowo.

Zalóż, że opory grzałek nie zależą od temperatury.

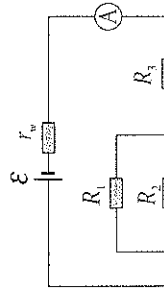
Zadanie 10.47

Zakupiono dwie spirale. Na opakowaniu jednej z nich jest napisane $P_1 = 400$ W, na opakowaniu drugiej $P_2 = 800$ W. Obydwie spirale są dostosowane do takiego samego napięcia U . Zakładamy, że ich opory nie zależą od temperatury.

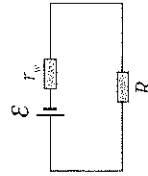
- Oblicz moc każdej z tych spiral w przypadku, gdy są połączone szeregowo i dołączone do napięcia U .
- Odpowiedz na pytania:
 - Jakie będą moce spiral w porównaniu z ich mocami nominalnymi?
 - Która ze spiral będzie miała teraz większą moc?

Sila elektromotoryczna. Opór wewnętrzny ogniwa**Zadanie 10.48**

W obwodzie, którego schemat przedstawiono na rysunku, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$, $R_3 = 43 \Omega$, $\mathcal{E} = 12$ V. Oblicz opór wewnętrzny ogniwa r_w , jeżeli amperomierz o bardzo małym oporze włączony do obwodu wskazuje $I = 0,2$ A.

**Zadanie 10.49**

W obwodzie przedstawionym na rysunku spadek potencjału na odbiorniku o oporze $R = 149 \Omega$ wynosi 8,94 V. Oblicz siłę elektromotoryczną źródła, jeżeli jego opór wewnętrzny jest równy $r_w = 1 \Omega$.

**Zadanie 10.50**

Obwód prądu stałego składa się ze źródła o sile elektromotorycznej $\mathcal{E} = 9$ V i oporze wewnętrznym $r_w = 1 \Omega$ oraz dołączonych do niego szeregowo odbiornika o oporze R i opornicy

suwakowej o zakresie 0–20 Ω . Oblicz natężenie prądu, który płynie w obwodzie w chwili, gdy opornica suwakowa ma maksymalny opór, jeżeli przy minimalnym oporze w obwodzie płynie prąd o natężeniu 0,2 A.

Zadanie 10.51

Z elementów podanych poniżej uczniowie wykonali obwód, za pomocą którego wyznaczyli opór wewnętrzny i siłę elektromotoryczną baterii.



- Narysuj obwód zbudowany przez uczniów.
- Uczniowie zmierzili kilka wartości I i U dla różnych wartości oporu zewnętrznego. Wyniki pomiarów umieścili w tabeli.

I (A)	0,15	0,25	0,35	0,55	0,70	0,80	0,92	0,95	1,05	1,10
U (V)	3,80	3,40	3,15	2,80	2,30	2,10	1,75	1,55	1,35	1,20

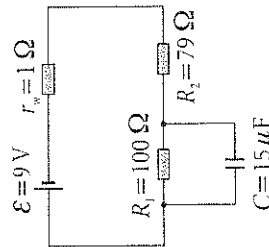
Skorzystaj z danych pomiarowych i wykonaj na papierze milimetrowym wykres zależności $U(I)$, dobierając na ośiach odpowiednie skale. Zaznacz niepewności pomiarowe, które wynosiły odpowiednio: $\Delta U = \pm 0,15$ V, $\Delta I = \pm 0,05$ A. Do naniesionych punktów dobierz prostą najlepszego dopasowania.

- Odczytaj z wykresu siłę elektromotoryczną, a następnie oblicz opór wewnętrzny baterii.
- Oszacuj niepewności bezwzględne i względne otrzymanych wartości SEM baterii i jej oporu wewnętrznego. Na podstawie danych odczytanych z wykresu określ minimalną, maksymalną i średnią wartość siły elektromotorycznej oraz oblicz te same wartości dla jej oporu wewnętrznego. Skorzystaj z opisu w aneksie A1.5 podręcznika *Z fizyką w przyszłość*, część 1.

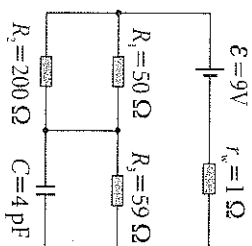
Zadanie 10.52

Do źródła o sile elektromotorycznej $\mathcal{E} = 9$ V i oporze wewnętrznym $r_w = 1 \Omega$ dołączono odpowiednio oporniki oraz kondensator tak, jak pokazują rysunki poniżej. W każdym przypadku oblicz ładunek zgromadzony na kondensatorze.

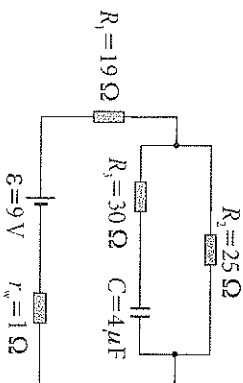
- Obwód I



b) Obwód II

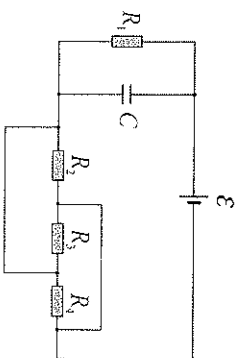


c) Obwód III



Zadanie 10.53

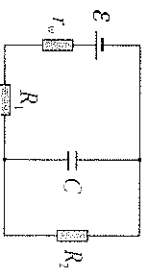
W obwodzie przedstawionym na rysunku do źródła o oporze wewnętrznym $r_w = 1 \Omega$ dołączono cztery oporniki o oporach $R_1 = 50,5 \Omega$, $R_2 = 300 \Omega$, $R_3 = 200 \Omega$ i $R_4 = 600 \Omega$ oraz kondensator o pojemności $5 \mu\text{F}$.



Oblicz siłę elektromotoryczną ogniwa, jeśli na kondensatorze pojawił się ładunek $25 \mu\text{C}$.

Zadanie 10.54

Do ogniwa o siłę elektromotorycznej $\mathcal{E} = 9 \text{ V}$ i oporze wewnętrznym $r_w = 0,4 \Omega$ dołączono odbiorniki o oporach $R_1 = 19,9 \Omega$, $R_2 = 39,7 \Omega$ oraz kondensator płaski o pojemności C tak, jak na rysunku. Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego między okładkami kondensatora, jeżeli odległość między nimi wynosi 6 mm .



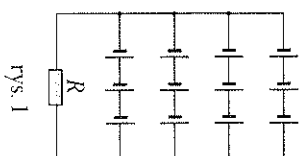
Zadanie 10.55

Do baterii o siłę elektromotorycznej $\mathcal{E}$ i oporze wewnętrznym r dołączono odbiornik. W odbiorniku płynie prąd o natężeniu I .

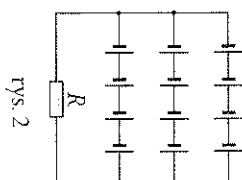
- Na podstawie prawa Ohma dla całego obwodu wyprowadź wzór na opór R odbiornika.
- Wyraź moc odbiornika P przez natężenie prądu. W wyprowadzonym wzorze na moc oprócz natężenia prądu (zmienna niezależna) powinny występować stałe współczynniki: $\mathcal{E}$ i r .
- Zbadaj, przy jakim oporze odbiornika jego moc będzie maksymalna.

Zadanie 10.56

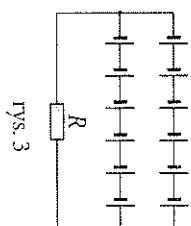
Dwanaście jednakowych akumulatorów o siłę elektromotorycznej $\mathcal{E} = 4,5 \text{ V}$ i oporze wewnętrznym $r_w = 1,5 \Omega$ połączono z odbiornikiem o oporze $R = 2 \Omega$ na trzy sposoby tak, jak na rysunkach poniżej.



rys. 1



rys. 2



rys. 3

Oblicz w każdym przypadku:

- natężenie prądu płynącego przez odbiornik,
- moc wydzieloną w odbiorniku,
- sprawność baterii.

Zadanie 10.57

Do zasilania odbiornika o oporze $1,2 \Omega$ użyto 24 jednakowych ogniw o siłę elektromotorycznej $1,5 \text{ V}$ i oporze wewnętrznym $0,8 \Omega$ każde.

- Odpowiedz na pytanie: Na ile sposobów można połączyć te ogniwa, wykorzystując wszystkie i biorąc pod uwagę tylko takie przypadki, w których liczba ogniw połączonych szeregowo w każdej gałęzi jest taka sama?
 - Oblicz w każdym przypadku siłę elektromotoryczną baterii ($\mathcal{E}_b$), jej opór wewnętrzny (r_b), natężenie prądu płynącego przez odbiornik (I) i moc odbiornika (P). Załóż, że opór odbiornika nie zależy od temperatury.
- Obliczone wartości wpisz do tabeli (na następnej stronie), w której k oznacza liczbę ogniw w szeregu, a l liczbę szeregów połączonych równolegle.

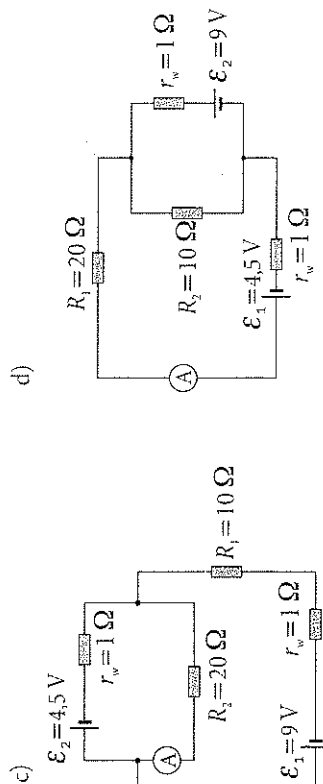
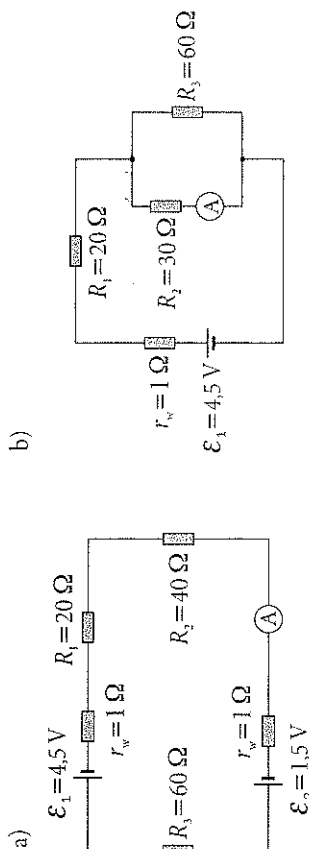
k	I	$\mathcal{E}_b$ (V)	r_b (Ω)	I (A)	P (W)
-----	-----	---------------------	--------------------	---------	---------

c) Zapisz wniosek wynikający z otrzymanych wyników.

Drugie prawo Kirchhoffa

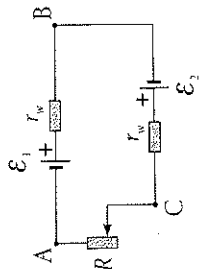
Zadanie 10.58

Oblicz natężenie prądu płynącego przez amperomierz w obwodach przedstawionych na rysunkach.



Zadanie 10.59

Dwa źródła o siłach elektromotorycznych $\mathcal{E}_1 = 2\text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 4\text{ V}$ i o jednakowych oporach wewnętrznych $r_w = 1\ \Omega$ połączono z oporem zewnętrznym $R = 6\ \Omega$ tak, jak pokazuje schemat.



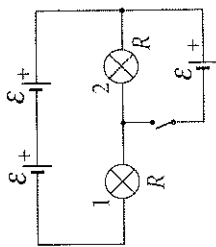
Oblicz:

- natężenie prądu płynącego w obwodzie,
- napięcie, które wskazywałby woltomierz o bardzo dużym oporze, włączony między punkty
 - A i B,
 - B i C,
 - C i A,
- do jakiej wartości musiałby znaleźć opór zewnętrzny R , aby woltomierz włączony między punkty A i B wskazywał zero.

Zadanie 10.60

Dwa identyczne ogniwa połączone z dwoma jednakowymi żarówkami, jak pokazuje rysunek. Pomiń opory wewnętrzne ogniw.

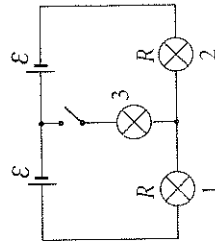
- Zbadaj, jak zmieni się jasność świecenia każdej z żarówek, gdy przez zamknięcie wyłącznika dołączymy do żarówki 2 jeszcze jedno identyczne ogniwo.
- Oblicz natężenie prądu czerpanego z trzeciego ogniwa.
- Zbadaj, jak zmieni się jasność świecenia każdej z żarówek, gdy odwrócimy bieguny trzeciego ogniwa.
- Oblicz natężenie prądu czerpanego wówczas z trzeciego ogniwa.



Zadanie 10.61

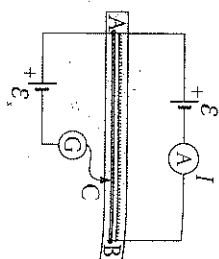
Dwa jednakowe ogniwa o pomijalnie małych oporach wewnętrznych połączono z trzema identycznymi żarówkami, jak pokazuje schemat.

- Zbadaj, jak zmieni się jasność świecenia każdej z żarówek, gdy zamknijemy wyłącznik.
- Bieguny jednego z ogniw odwrócono. Następnie zamknijemy wyłącznik. Zbadaj, jak zmieni się jasność świecenia każdej z żarówek.
- Oblicz natężenie prądu w żarówkach po zamknięciu wyłącznika w przypadku a) i b).



Zadanie 10.62

Prosty drut oporowy AB o długości 1 m i znanym oporze R_{AB} rozpięto na ile skali wycechowanej w milimetrach. Po dołączeniu ogniwa o siłę elektromotorycznej $\mathcal{E}$ wzdłuż drutu AB zachodzi spadek potencjału proporcjonalnie do jego długości, ponieważ cały drut jest wykonany z tego samego materiału i ma wszędzie taki sam przekrój poprzeczny. Jeśli do punktów A i C dołączymy równoległe ogniwo o nieznanej siłę elektromotorycznej $\mathcal{E}_x < \mathcal{E}$, to możemy znaleźć takie położenie suwaka C, że przez czuły galvanometr G (wskaźnik z zerem pośrodku) nie płynie prąd.

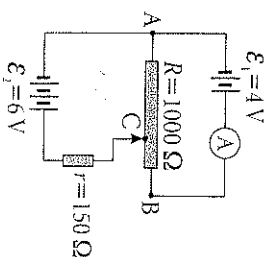


- Wyprowadź wzór, za pomocą którego możemy wyznaczyć siłę elektromotoryczną $\mathcal{E}_x$ znając opór drutu R_{AB} , jego długość AB i mierząc natężenie prądu I oraz długość odcinka AC. Pomiń opory wewnętrzne ogniwa i amperonietera.
- Odpowiedz na pytanie: W którą stronę przez galvanometr popłynie prąd, gdy suwak C przesuniemy w prawo? Uzasadnij odpowiedź.

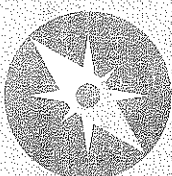
Zadanie 10.63

Obwód, którego schemat przedstawiono na rysunku zawiera potencjometr o całkowitym oporze $R = 1000 \, \Omega$. Pomijając opory wewnętrzne baterii i amperonietera, oblicz:

- opór odcinka AC potencjometru, jeśli jego suwak ustawiono w takiej pozycji, że przez amperonieter nie płynie prąd,
- natężenie prądu, płynącego przez opornik o oporze $r = 150 \, \Omega$ i część potencjometru.



Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm

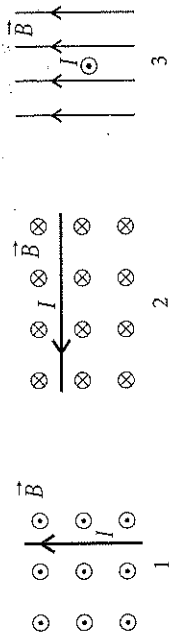


Siła elektrodynamiczna

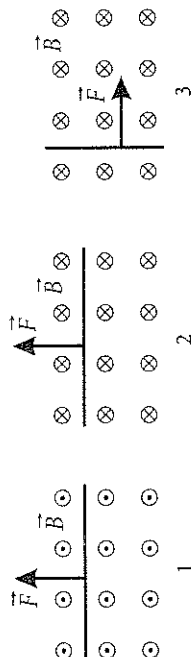
Zadanie 11.1

Na rysunkach zaznacz:

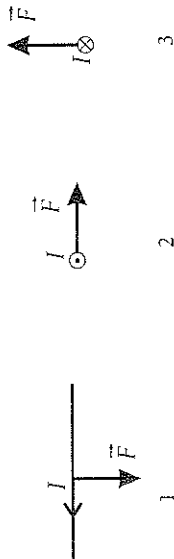
- a) kierunek i zwrot siły działającej na przewodnik umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej $\vec{B}$, przez który płynie prąd o natężeniu I .



- b) kierunek prądu płynącego przez przewodnik umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej $\vec{B}$, na który działa siła elektrodynamiczna $\vec{F}$.



- c) kierunek i zwrot wektora indukcji magnetycznej pola jednorodnego, w którym umieszczono przewodnik z prądem o natężeniu I , jeśli na przewodnik działa siła elektrodynamiczna $\vec{F}$.



Zadanie 11.2

Aluminiowy drut o gęstości 2700 kg/m^3 i polu przekroju $4\pi \text{ mm}^2$ zawieszono na dwóch nieważkich niciach i umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym. Linie pola magnetycznego, prostopadłe do przewodnika, są zwrócone pionowo w górę, a wartość wektora indukcji wynosi $0,15 \text{ T}$.

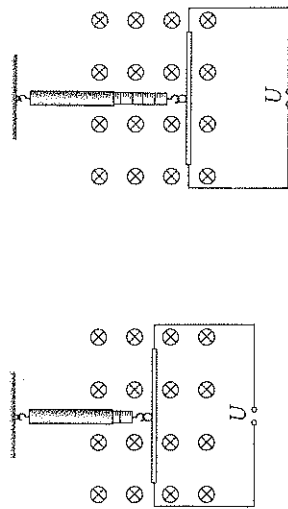
- a) Narysuj siły działające na przewodnik w chwili, gdy płynie przez niego prąd o natężeniu 2 A , oraz oblicz kąt odchylenia nici od pionu.
b) Rozstrzygnij, czy kierunek prądu w przewodniku wpływa na obliczoną wielkość.

Zadanie 11.3

Przewodnik o masie 15 g i długości 25 cm , zawieszony na siłomierzu, podłączono do źródła napięcia U .

Układ ten umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym, którego indukcja ma wartość $0,2 \text{ T}$, a linie biegną tak, jak pokazano na rysunkach poniżej.

- a) Wskaż kierunek prądu płynącego przez przewodnik oraz oblicz jego natężenie, jeżeli wskazanie siłomierza zmniejszyło się dwukrotnie (rys. a).



rys. a

rys. b

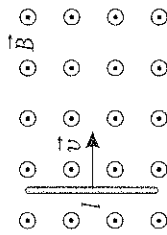
- b) Wskaż kierunek prądu płynącego przez przewodnik oraz oblicz jego natężenie, jeżeli wskazanie siłomierza wzrosło o połowę wartości początkowej (rys. b).

Zadanie 11.4

Metalowy pręt o długości l porusza się ze stałą prędkością $\vec{v}$ (prostopadła do pręta) w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $\vec{B}$. Linie pola są prostopadłe do pręta i do wektora jego prędkości i zwrócone przed płaszczyznę rysunku.

- a) Wskaż zwrot siły magnetycznej Lorentza działającej na elektrony swobodne w pręcie.

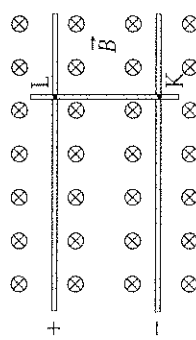
- b) Wyjaśnij, dlaczego nie wszystkie elektrony spłyną na jeden z jego końców. Wyprowadź wzór na napięcie, które powstaje między końcami pręta.



Zadanie 11.5

Na dwóch równoległych, metalowych szynach położono metalową poprzeczkę KL, która może się swobodnie po nich poruszać. Układ znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym o liniach zwróconych za płaszczyznę rysunku.

- a) Wskaż kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej działającej na poprzeczkę po połączeniu szyn ze źródłem napięcia (patrz rysunek).

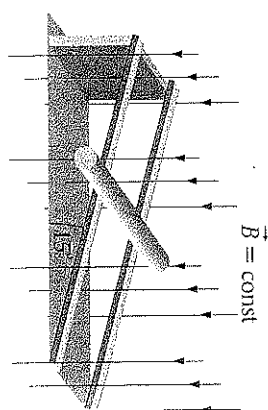




- b) Zbuduj, który koniec szyn należałoby unieść, by mimo działającej siły elektrodynamicznej poprzeczka mogła pozostawać w spoczynku. Oblicz kąt, który powinny wówczas tworzyć szyny z poziomem, jeśli pominiemy siły tarcia. Natężenie prądu płynącego w obwodzie $I = 3 \text{ A}$, długość części poprzeczki $KL = l = 10 \text{ cm}$, a jej całkowita masa $m = 0,03 \text{ kg}$. Wartość indukcji pola magnetycznego $B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$.
- c) Po wykonaniu odpowiedniego rysunku oblicz wartość siły wzajemnego nacisku poprzeczki i szyn.

Zadanie 11.6

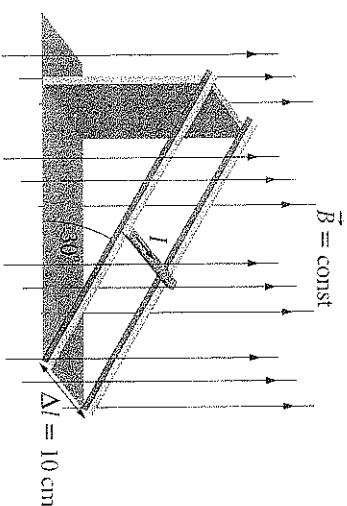
W jednorodnym polu magnetycznym, na stalowych szynach ustawionych pod kątem 15° do podłoża, umieszczono aluminiowy pręt o gęstości 2700 kg/m^3 , długości 14 cm i promieniu przekroju $r = 4 \text{ mm}$. Po połączeniu szyn ze źródłem napięcia w pręcie płynie prąd o natężeniu 4 A .



- a) Wskaż kierunek prądu płynącego w pręcie, jeżeli założymy, że pozośle on w spoczynku. Tarcie pręta o szyny pomijamy.
- b) Narysuj siły działające na przewodnik tak, by spełnione były warunki zadania.
- c) Oblicz wartość wektora indukcji pola magnetycznego przy założeniu, że 2 cm przewodnika z każdej strony wystaje poza jego obszar.

Zadanie 11.7

Na stalowych szynach ustawionych pod kątem 30° do podłoża umieszczonych w jednorodnym polu magnetycznym położono między pręty o masie 20 g i długości 10 cm .



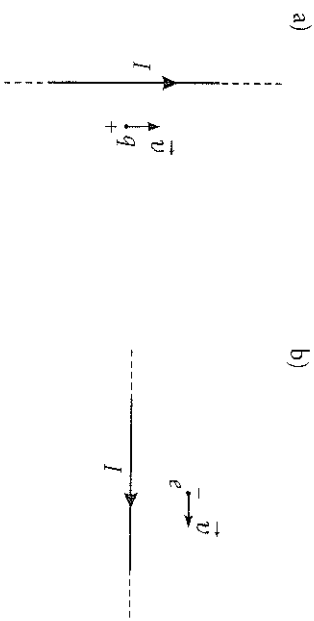
Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim pręt będzie się zsuwał z tak utworzonej równi pochyłej, jeżeli popłynie przez niego prąd o natężeniu $0,8 \text{ A}$ tak jak na rysunku. Współczynnik tarcia pręta o stalowe szyny wynosi $0,2$. Wartość wektora indukcji jest równa $0,5 \text{ T}$.

Cząstka w jednorodnym polu magnetycznym

Stale: $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Zadanie 11.8

Cząstka o dodatnim ładunku elektrycznym i elektron poruszają się z prędkością v w pobliżu długiego prostoliniowego przewodnika, przez który płynie prąd o natężeniu I tak, jak pokazano na rysunkach. Podaj kierunek i zwrot siły działającej na każdą cząstkę w chwili początkowej.



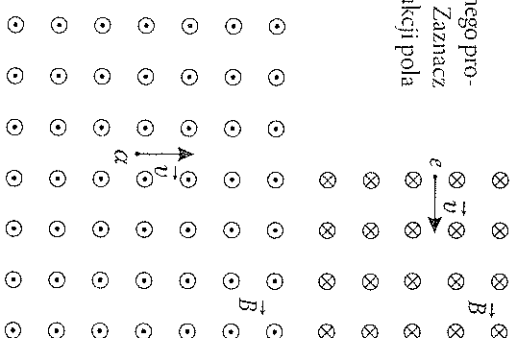
Zadanie 11.9

Elektron wpada w obszar jednorodnego pola magnetycznego prostopadle do jego linii i zakreśla półokrąg w czasie 2 ns . Zaznacz na rysunku tor ruchu elektronu oraz oblicz wartość indukcji pola magnetycznego.

Zadanie 11.10

Cząstka alfa porusza się w jednorodnym polu magnetycznym o wartości indukcji $0,2 \text{ T}$ prostopadle do linii pola, zataczając okrąg o promieniu 10 cm .

- a) Zaznacz tor ruchu cząstki alfa, zakładając, że cały okrąg mieści się w polu.
- Oblicz:
- b) szybkość, z którą porusza się cząstka alfa,
- c) okres,
- d) liczbę okrążeń w czasie 15 min i 14 sekund ,
- e) energię kinetyczną cząstki α . Wynik podaj w dżulach i kiloelektronowoltach.



Zadanie 11.11

W jednorodnym, stałym polu magnetycznym o liniach prostopadłych do płaszczyzny rysunku i zwróconych przed tę płaszczyznę wystrzelono proton w prawo, a cząstkę α w lewo z prędkościami równymi odpowiednio $\vec{v}$ i $-\vec{v}$ (rysunek przedstawia sytuację początkową). Zakładamy, że pole magnetyczne wypełnia wystarczająco dużą przestrzeń.

- Wskaż zwrot siły magnetycznej Lorentza działającej na każdą cząstkę.
- Naszkicuj okręgi, po których poruszają się cząstki.
- Oblicz promienie tych okręgów, przyjmując następujące dane liczbowe: $B = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$, $v = 10^3 \text{ m/s}$.

Zadanie 11.12

Proton i elektron wpadają w obszar tego samego jednorodnego pola magnetycznego prostopadle do jego linii i zataczają półokręgi.

- Oblicz stosunek promieni tych półokręgów, wiedząc, że energie kinetyczne obu cząstek są takie same.
- Oblicz stosunek promieni tych półokręgów, wiedząc, że cząstki mają jednakowe pędy.

Zadanie 11.13

Proton porusza się w płaszczyźnie prostopadłej do linii pola magnetycznego, którego indukcja ma wartość 10^{-2} T . Energia kinetyczna protonu wynosi 2 keV . Oblicz:

- szybkość, z którą porusza się proton w polu magnetycznym,
- promień okręgu, po którym porusza się proton,
- wartość jego przyspieszenia dośrodkowego,
- częstotliwość, z jaką proton zatacza okrąg w polu magnetycznym.

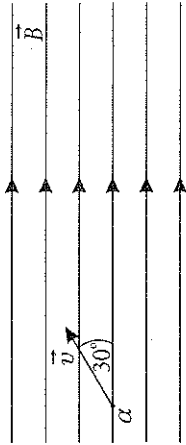
Zadanie 11.14

W cyklotronie przyspieszane są deuterony. Średnica dwantów wynosi $0,8 \text{ m}$, a wartość indukcji pola magnetycznego 2 T . Oblicz:

- szybkość deuteronu opuszczającego cyklotron,
- kończącą energię kinetyczną deuteronu. Wynik podaj w J i eV ,
- częstotliwość zmian pola elektrostatycznego w cyklotronie,
- czas przelotu przez jeden z dwantów,
- przyrost energii kinetycznej podczas każdego przejścia między dwantami, jeżeli na pięcie przyspieszające deuterony wynosi 64 keV . Wynik podaj w keV .

Zadanie 11.15

Cząstka alfa wpada w obszar jednorodnego pola magnetycznego, którego indukcja ma wartość $0,05 \text{ T}$. Prędkość cząstki tworzy kąt 30° z liniami pola, a jej wartość wynosi 10^5 m/s .



Narysuj tor ruchu cząstki alfa i oblicz skok linii śrubowej.

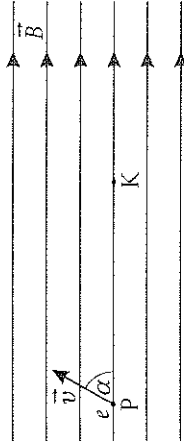
Zadanie 11.16

Proton i cząstka α wpadają w obszar jednorodnego pola magnetycznego. Ich prędkości tworzą z liniami pola taki sam kąt γ . Oblicz stosunek skoku linii śrubowych zakreslanych przez te cząstki w dwóch przypadkach:

- ich prędkości mają takie same wartości,
- cząstki zostały uprzednio przyspieszone w polu elektrostatycznym taką samą różnicą potencjałów.

Zadanie 11.17*

Z punktu P jednorodnego i stałego pola magnetycznego zostaje wystrzelony elektron z prędkością $\vec{v}$ o wartości $0,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ tworzącą z liniami pola kąt $\alpha = 60^\circ$. Wektor prędkości elektronu leży w płaszczyźnie rysunku, a punkty P i K leżą na jednej linii pola; $PK = l = 10^{-3} \text{ m}$. Wartość indukcji pola magnetycznego możemy dobrać z przedziału $0 - 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$.



- Oblicz, dla ilu i jakich wartości B z podanego przedziału punkt K znajdzie się na torze elektronu.

Odpowiedz na pytania:

- Czy promień linii śrubowej, po której porusza się elektron, będzie w każdym przypadku taki sam?
- Czy czas potrzebny na przejście elektronu z punktu P do K będzie w każdym przypadku taki sam?
- Czy zwoje linii śrubowej, po której porusza się elektron, przecinają płaszczyznę rysunku, czy są do niej styczne?

Uzasadnij odpowiedzi na wszystkie pytania.

Zadanie 11.18

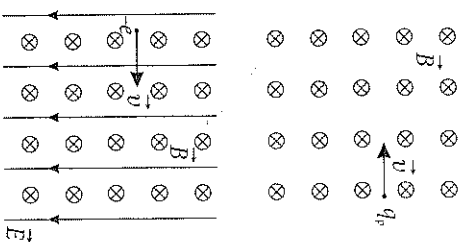
Proton przyspieszony różnicą potencjałów 500 V wpada w obszar jednorodnego pola magnetycznego z prędkością prostopadłą do linii pola. Oblicz średnicę półokręgu, jaki zaloczy proton w polu magnetycznym, jeśli wartość wektora indukcji jest równa 10^{-2} T.

Zadanie 11.19

W pewnym obszarze wytworzono jednorodne i stałe pole magnetyczne o indukcji $\vec{B}$ i jednorodne stałe pole elektrostatyczne o natężeniu E . Linie obu pól są wzajemnie prostopadłe i zwrócone tak, jak pokazuje rysunek.

Elektron wlatuje w ten obszar z prędkością $\vec{v}$ prostopadłą do obu pól.

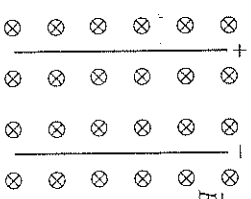
- Znajdź związek między wartościami E i B , jeśli elektron przechodzi przez ten obszar ruchem jednostajnym prostoliniowym.
- Rozstrzygnij, czy proton przeleci przez ten obszar takim samym ruchem, jeśli wlatuje z taką samą prędkością. Przedstaw odpowiednie rozumowanie.



Zadanie 11.20

Proton wpada w obszar, w którym wytworzono jednorodne pola: elektryczne i magnetyczne o liniach wzajemnie prostopadłych. Natężenie pola elektrycznego i indukcja pola magnetycznego mają wartości: 100 kV/m i 0.5 T . Pole elektryczne zostało wytworzone między dwoma równoległymi płytami o różnych potencjałach. Proton minął obszar, poruszając się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

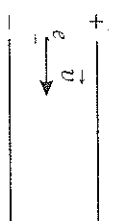
- Dorysuj na rysunku linie pola elektrycznego i wektor prędkości protonu.
- Oblicz wartość prędkości protonu.



Zadanie 11.21

Elektron wpada w obszar pola elektrycznego z prędkością $\vec{v}$ o wartości $3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ tak jak na rysunku.

- Narysuj linie jednorodnego pola magnetycznego tak, aby elektron mógł się poruszać w tym obszarze ruchem jednostajnym prostoliniowym.
- Zaznacz siły działające na elektron.
- Oblicz napięcie pomiędzy elektrodami, jeżeli indukcja pola magnetycznego ma wartość 0.05 T , a odległość między elektrodami jest równa 1 cm .



Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm

Pole magnetyczne przewodników z prądem

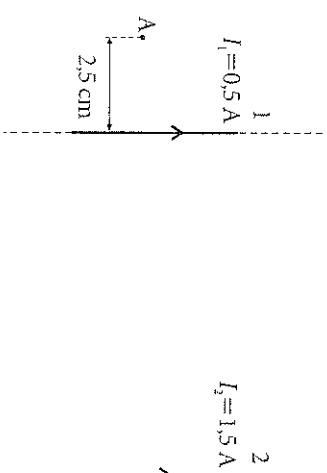
Zadanie 11.22

Elektron o energii kinetycznej $E = 500 \text{ eV}$ porusza się równoległe do bardzo długiego prostoliniowego przewodnika w odległości $r = 2 \text{ cm}$ od niego. W pewnej chwili w przewodniku włączamy prąd o natężeniu $I = 8 \text{ A}$ płynący przeciwnie do zwrotu prędkości elektronu.

- Wyprowadź wzór na początkową wartość siły, która działa na elektron w chwili włączenia prądu; oblicz tę wartość.
- Wskaż kierunek i zwrot tej siły.

Zadanie 11.23

Rysunek przedstawia dwa bardzo długie przewodniki, przez które płyną prądy $I_1 = 0.5 \text{ A}$ i $I_2 = 1.5 \text{ A}$.

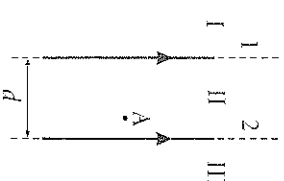


W jakiej odległości od przewodnika 2 znajdują się punkty, dla których wartość wektora indukcji magnetycznej tylko od tego przewodnika jest taka sama, jak w punkcie A tylko od przewodnika 1.

Zadanie 11.24

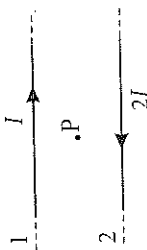
Dwa równoległe bardzo długie przewody prostoliniowe 1 i 2 leżą w płaszczyźnie rysunku w odległości wzajemnej d . Płyną w nich prądy o jednakowych natężeniach I tak, jak pokazuje rysunek. Przewody dzielą płaszczyznę rysunku na trzy obszary: I, II i III.

- Wskaż obszary, w których wektory indukcji pola magnetycznego wytworzonego przez oba przewody mają w każdym punkcie zgodne zwroty.
- Napisz, gdzie znajdują się punkty, w których wektor indukcji pola magnetycznego ma wartość równą zero.
- Wyraź odpowiednim wzorem wartość wypadkowego wektora $\vec{B}$ w punkcie A leżącym w odległości $d/4$ od przewodu 2 i podaj zwrot tego wektora.



Zadanie 11.25

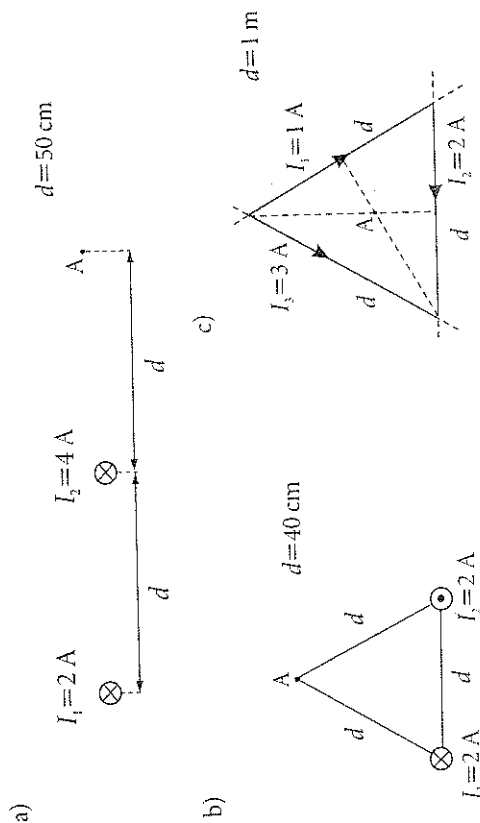
W dwóch bardzo długich przewodnikach prostoliniowych 1 i 2 płyną prądy w przeciwnych kierunkach, jak pokazuje rysunek. Natężenie prądu w pierwszym przewodniku jest równe I , a w drugim $2I$. W punkcie P leżącym w tej samej płaszczyźnie w jednakowych odległościach od przewodników wartość wypadkowego wektora indukcji magnetycznej jest równa B .



- Odpowiedz na pytanie: Jaka jest w punkcie P wartość wektora indukcji pola magnetycznego pochodzącego od przewodnika 1?
- Oblicz wartość wypadkowego wektora indukcji magnetycznej w punkcie P, gdy:
 - natężenie prądu w przewodniku 1 wzrośnie dwa razy, a w przewodniku 2 dwa razy zmaleje,
 - natężenie prądu w przewodniku 1 wzrośnie dwa razy, a w przewodniku 2 nie ulegnie zmianie,
 - w każdym przewodniku natężenie prądu dwa razy wzrośnie.

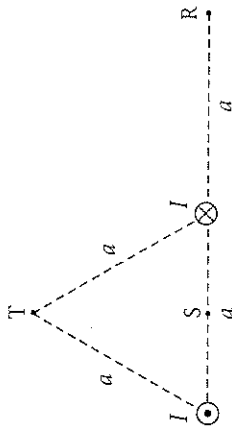
Zadanie 11.26

Oblicz wartość wektora indukcji magnetycznej w punkcie A pochodzącej od bardzo długich przewodników prostoliniowych w sytuacjach pokazanych na rysunkach. Na każdym rysunku zaznacz zwrot wektora indukcji w punkcie A.



Zadanie 11.27

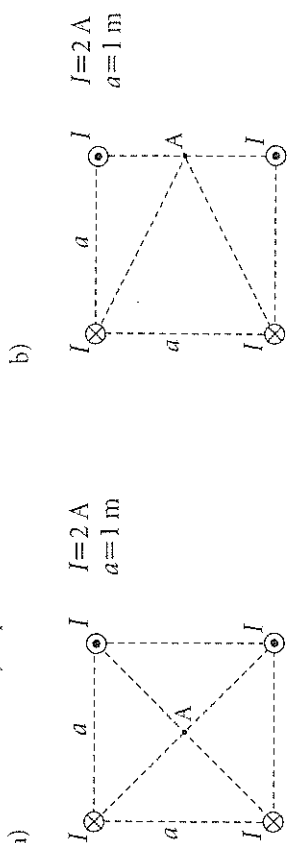
W dwóch prostoliniowych, bardzo długich przewodnikach, ustawionych prostopadle do płaszczyzny rysunku, płyną prądy o jednakowych natężeniach I tak, jak pokazuje rysunek. Wybieramy trzy punkty: R, S i T leżące w płaszczyźnie rysunku. Punkt S leży w połowie odległości między przewodnikami.



- W każdym punkcie narysuj wektory indukcji magnetycznej $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$ od poszczególnych przewodników oraz wektor wypadkowy $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.
- Wyraż odpowiednimi wzorami wartości wypadkowych wektorów indukcji w tych punktach (B_R, B_S, B_T).
- Zapisz proporcję $B_R : B_S : B_T$.

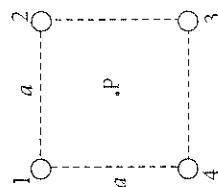
Zadanie 11.28

Oblicz wartość wektora indukcji magnetycznej w punkcie A od bardzo długich przewodników prostoliniowych w sytuacjach pokazanych na rysunkach. Na każdym rysunku zaznacz zwrot wektora indukcji w punkcie A.



Zadanie 11.29

Cztery długie przewodniki prostoliniowe są umieszczone prostopadle do płaszczyzny rysunku tak, że przekrój poprzeczny układu tworzy kwadrat. Jak dobrać w nich kierunki prądów o jednakowych natężeniach, aby indukcja magnetyczna w środku kwadratu (punkt P) była równa zero? Narysuj wszystkie możliwe przypadki, zaznaczając wektory indukcji magnetycznej pochodzące od poszczególnych przewodników.

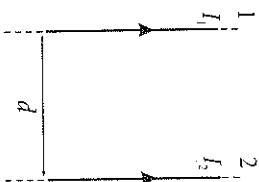




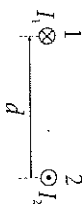
Zadanie 11.30

Przez dwa bardzo długie, wzajemnie równoległe przewodniki płyną prądy o natężeniach $I_1 = 0,5 \text{ A}$ i $I_2 = 1,5 \text{ A}$. Odległość między przewodnikami wynosi 1 m . Oblicz, w jakiej odległości od przewodnika 2 znajdują się punkty, w których wartość wektora indukcji jest równa zero, jeżeli prądy w przewodnikach płyną tak, jak pokazuje rysunek:

a)



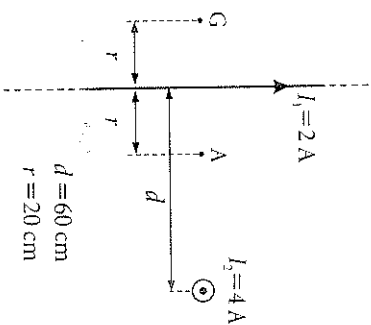
b)



Zadanie 11.31

Przez dwa bardzo długie przewodniki prostopadłe do siebie (rysunek) płyną prądy o natężeniach $I_1 = 2 \text{ A}$ i $I_2 = 4 \text{ A}$. Odległość między przewodnikami wynosi 60 cm . Oblicz:

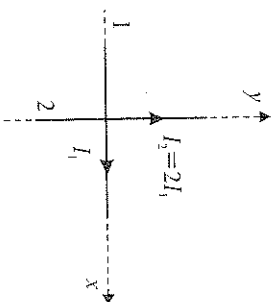
- wartość wektora indukcji magnetycznej w punkcie A,
- kąt, jaki w punkcie G wektor $\vec{B}$ tworzy z płaszczyzną rysunku.



Zadanie 11.32

Dwa prostopadłowe cienkie i bardzo długie przewody leżą w płaszczyźnie rysunku, pierwszy (1) wzdłuż osi x, a drugi (2) wzdłuż osi y. Płyną w nich prądy o natężeniach I_1 i $I_2 = 2I_1$ tak, jak pokazuje rysunek.

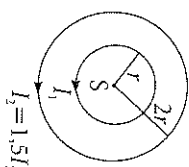
- Wskaż, w których ćwiartkach układu współrzędnych znajdują się punkty o zerowej wartości wektora indukcji wypadkowego pola magnetycznego.
- Napisz równanie prostej zawierającej takie punkty.
- Napisz równanie prostej złożonej z punktów o zerowej indukcji magnetycznej w przypadku, gdy kierunek prądu zmieni się na przeciwny 1. w przewodzie 1. 2. w przewodzie 2.



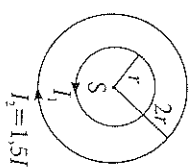
Zadanie 11.33

Oblicz wartość wektora indukcji pola magnetycznego wytworzonego w punkcie S przez dwa przewodniki kołowe w sytuacjach pokazanych na rysunkach a) i b). Na każdym rysunku zaznacz zwrot wektora indukcji w punkcie S.

a)



b)



$I_1 = 2 \text{ A}$
 $r = 0,25 \text{ m}$

$I_1 = 2 \text{ A}$
 $r = 0,25 \text{ m}$

Zadanie 11.34

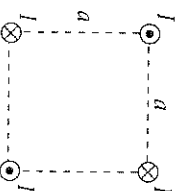
Izolowany stalowy drut o promieniu $0,02 \text{ cm}$ i długości $62,8 \text{ m}$ nawinięto gęsto na wałek o średnicy 5 cm . Oblicz:

- liczbę zwojów solenoidu,
- wartość wektora indukcji w każdym punkcie wewnątrz nawiniętego solenoidu, jeżeli płynie w nim prąd o natężeniu 2 A .

Zadanie 11.35

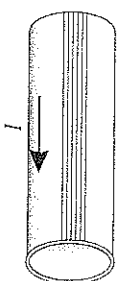
Cztery bardzo długie prostopadłowe przewodniki prostopadłe do płaszczyzny rysunku przecinają w wierzchołkach kwadratu o boku a . Płyną w nich prądy o jednakowych natężeniach I w takich kierunkach, jak pokazuje rysunek. Na element każdego przewodnika o długości Δl działają siły pochodzące od trzech pozostałych przewodników.

- Wskaż kierunek i zwrot siły wypadkowej działającej na element każdego przewodnika. Zakładamy, że środek każdego elementu leży w płaszczyźnie rysunku.
- Oblicz wartość tej siły. Przyjmij dane liczbowe: $I = 5 \text{ A}$, $a = 0,25 \text{ cm}$, $\Delta l = 0,5 \text{ m}$.



Zadanie 11.36

Przez długą cienkościenną metalową rurę płynie prąd o całkowitym natężeniu I . Całą rurę można podzielić na n jednakowych cienkich pasków i potraktować jako przewodniki prostopadłowe (rysunek).



- Rozważ (jakościowo) problem siły elektrodynamicznej działającej na jeden pasek, pochodzącej od wszystkich pozostałych. Napisz krótki esej na ten temat.
- Sformułuj wniosek dotyczący sił działających na ścianki rury.

Zadanie 11.37

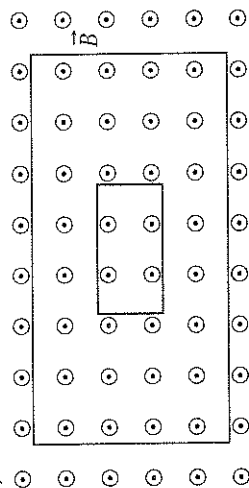
Wewnątrz rury, o której mowa w poprzednim zadaniu, umieszczono współosiowo długi, prostoliniowy przewód, w którym płynie prąd o kierunku zgodnym z kierunkiem prądu w rurze.

- Porównaj (jakościowo) wartość siły działającej na każdy element ścianki z wartością siły działającej na ten element, gdy rura była pusta.
- Co można powiedzieć o sile działającej na środkowy przewód? Uzasadnij odpowiedź.

Strumień indukcji magnetycznej

Zadanie 11.38

Dwa obwody w kształcie prostokątów, jeden o bokach $a = 2$ cm, $b = 4$ cm, drugi o bokach trzy razy dłuższych, umieszczono, tak jak pokazuje rysunek, w jednorodnym polu magnetycznym, którego wektor indukcji ma wartość $0,1$ T.



Oblicz strumień indukcji magnetycznej przenikający przez powierzchnię zawartą między obwodami.

Zadanie 11.39

W jednorodnym polu magnetycznym, którego linie są poziome, ustawiono pionowo płaski obwód z drutu o powierzchni S . Napisz, jaki z tej informacji wynika wniosek na temat wartości bezwzględnej strumienia indukcji magnetycznej przechodzącego przez powierzchnię ramki.

Zadanie 11.40

Powierzchnię obwodu w kształcie kwadratu o boku $a = 10$ cm przecinają prostopadłe do niej linie jednorodnego pola magnetycznego. Wartość indukcji pola zmienia się następująco wraz z upływem czasu: $B(t) = 0,02 \text{ T} + 0,03 \frac{\text{T}}{\text{s}} \cdot t$.

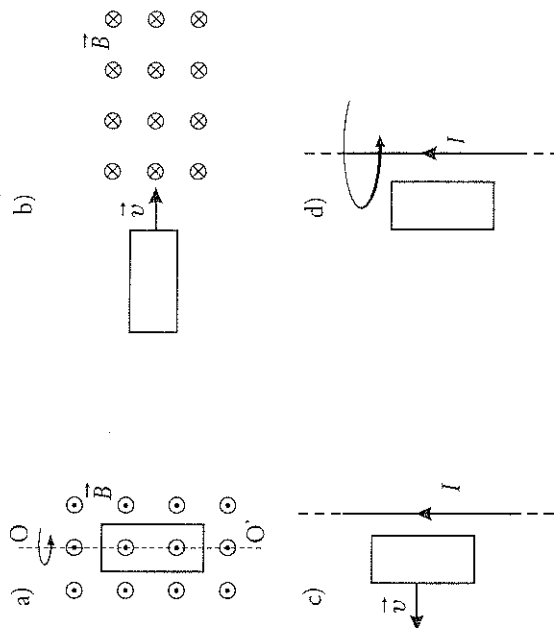
- Rozstrzygnij, czy szybkość zmian strumienia indukcji magnetycznej objętego obwodem jest stała w czasie, czy ulega zmianie. Podaj uzasadnienie odpowiedzi.
- Oblicz zmianę strumienia indukcji magnetycznej (przechodzącego przez powierzchnię obwodu) w ciągu 4 sekund.

Zachęćmy

Prąd indukcyjny. Reguła Lenza

Zadanie 11.41

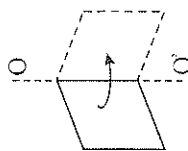
W którym z pokazanych przykładów w prostokątnej ramce popłynie prąd indukcyjny? Uzasadnij odpowiedź.



- Ramka obraca się wokół osi OO' .
- Ramka jest wsuwana w pole magnetyczne z prędkością $\vec{v}$.
- Ramka oddala się od przewodnika z prądem.
- Ramka obraca się wokół przewodnika z prądem.

Zadanie 11.42

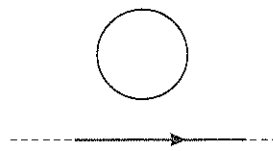
W jednorodnym polu magnetycznym obraca się wokół osi pionowej OO' prostokątna ramka z drutu. Napisz, w jakim przypadku w ramce nie powstanie prąd indukcyjny. Uzasadnij odpowiedź.



Zadanie 11.43

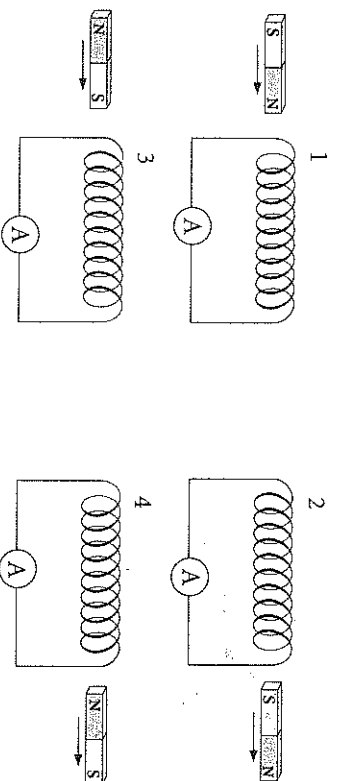
W długim prostoliniowym przewodzie płynie prąd, którego natężenie maleje liniowo wraz z upływem czasu.

- Przedstaw rozumowanie doprowadzające do wniosku, w którą stronę płynie prąd indukcyjny w spoczywającym obok zwoju z przewodnika. Zwoj i prostoliniowy przewód leżą w jednej płaszczyźnie.
- Odpowiedz na pytanie: Czy zmienia się natężenie prądu indukcyjnego w zwoju? Uzasadnij odpowiedź.

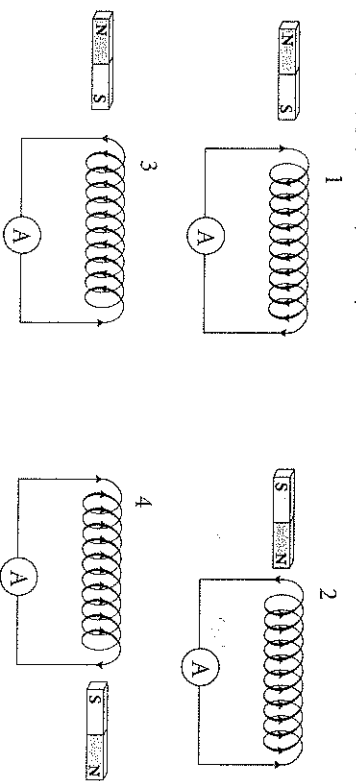


**Zadanie 11.44**

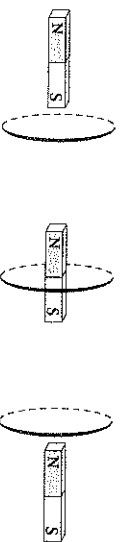
W poniższych przykładach zaznacz na zwojach i na prostoliniowym odcinku obwodu kierunek wzбудzanego prądu indukcyjnego.

**Zadanie 11.45**

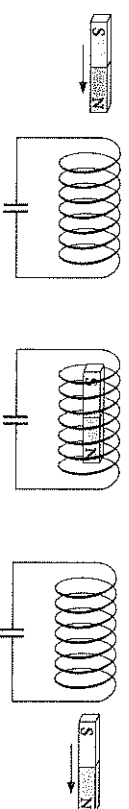
W każdym przypadku wskaż zwrot prędkości, z którą porusza się magnes, jeżeli prąd indukcyjny w zwojnicy płynie tak jak na rysunkach.

**Zadanie 11.46**

Do metalowego pierścienia wsuwamy magnes i wyjmujemy go z drugiej strony. Sytuację obrazuje rysunek poniżej. Wskaż kierunek prądu indukcyjnego wzbudzonego w pierścieniu, w każdym z trzech położzeń magnesu.

**Zadanie 11.47**

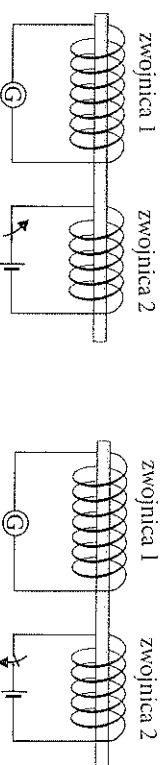
Do zwojnicy, do której dołączono kondensator, wsunęto magnes. Po chwili magnes wyjęto z drugiej strony. Sytuację obrazuje rysunek poniżej. Zaznacz znak ładunku na okładkach kondensatora w każdym z trzech położzeń magnesu.

**Zadanie 11.48**

Do dwóch zwojnic o różnej liczbie zwojów włożono pręt z ferromagnetyka. Do zwojnicy 1 podłączono galvanometr, a do zwojnicy 2 źródło napięcia i wyłącznik. Wyznacz kierunek prądu w obwodzie ze zwojnicą 1, jeżeli wyłącznik w obwodzie drugim:

a) otwieramy,

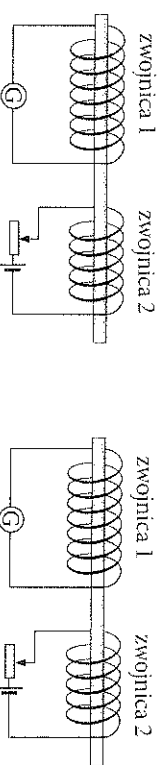
b) zamykamy.

**Zadanie 11.49**

Do dwóch zwojnic o różnej liczbie zwojów włożono pręt z ferromagnetyka. Do zwojnicy 1 podłączono galvanometr, a do zwojnicy 2 źródło napięcia i opornik suwakowy. Wyznacz kierunek prądu w obwodzie ze zwojnicą 1, jeżeli suwak opornika w obwodzie drugim przesuwamy:

a) w lewo,

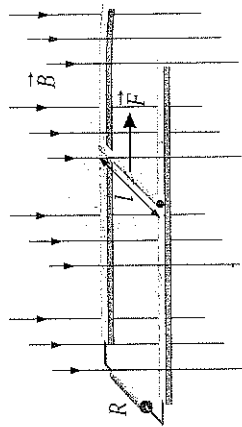
b) w prawo.



Prawo Faradaya

Zadanie 11.50

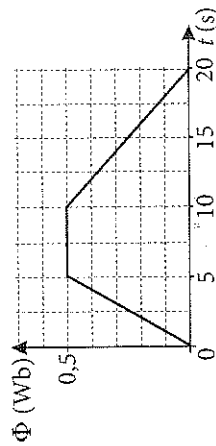
Ułożone poziomo metalowe szyny spięte są na jednym końcu opornikiem o oporze $R = 0,1 \Omega$. Po szynach może się ślizgać bez tarcia metalowy pręt o długości $l = 0,3 \text{ m}$. Cała konstrukcja jest umieszczona w polu magnetycznym, którego indukcja ma wartość $B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$, a linie biegną pionowo w dół.



- Oblicz wartość siły, którą musimy działać na pręt, aby ślizgał się po szynach ze stałą szybkością $v = 0,5 \text{ m/s}$. Pomiń opór szyn i pręta.
- Wskaż kierunek prądu w oporniku.
- Wyjaśnij, kosztem czego powstaje energia prądu indukcyjnego, i oblicz moc wydzielającą się w oporniku.

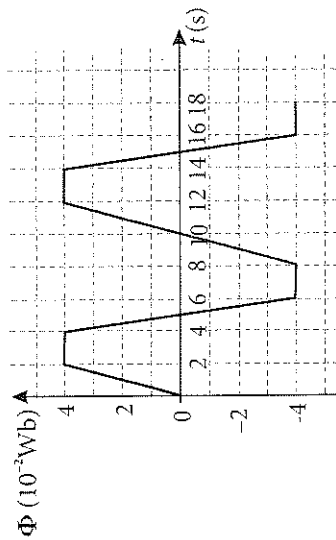
Zadanie 11.51

Wykres przedstawia zależność od czasu strumienia indukcji magnetycznej przechodzącego przez powierzchnię pewnego obwodu.



Zadanie 11.52

Wykres przedstawia zależność od czasu strumienia indukcji magnetycznej przechodzącego przez powierzchnię pewnego obwodu.



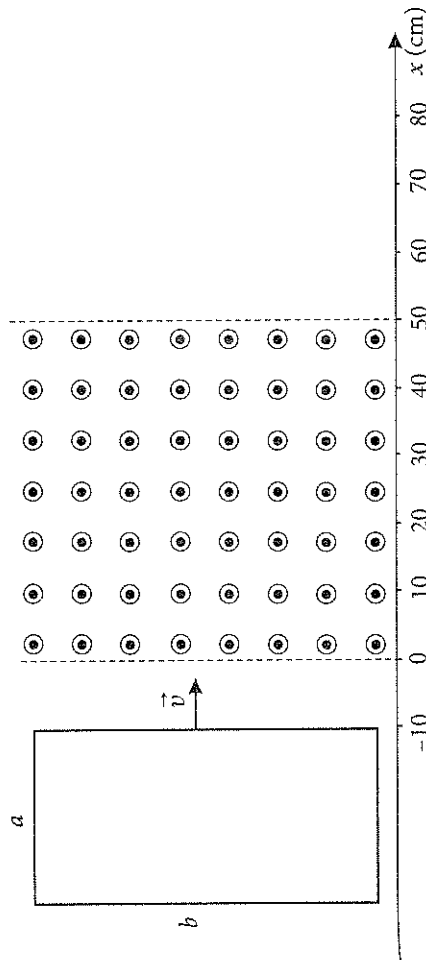
- Wskaż przedziały czasu, w których w obwodzie nie płynie prąd.
- Narysuj wykres zależności od czasu siły elektromotorycznej indukcji, powstającej w tym obwodzie.

Zadanie 11.53

Kwadratową ramkę o boku 12 cm umieszczono prostopadle do linii jednorodnego pola magnetycznego, którego indukcja ma wartość $0,6 \text{ T}$. Oblicz siłę elektromotoryczną indukcji, jeżeli wartość wektora indukcji magnetycznej maleje liniowo w czasie $0,03 \text{ s}$ do $0,2 \text{ T}$.

Zadanie 11.54

Prostokątna ramka wykonana z miedzianych drutów o oporze właściwym $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ i polu przekroju 5 mm^2 porusza się wzdłuż osi x ruchem jednostajnym z prędkością równoległą do krótszego boku ramki. Boki ramki mają długości $a = 25 \text{ cm}$ i $b = 50 \text{ cm}$.



Na osi x zaznaczono obszar jednorodnego pola magnetycznego, którego indukcja ma wartość $0,2 \text{ T}$.

a) Narysuj wykresy zależności:

- strumienia magnetycznego objętego przez ramkę od położenia jej prawego boku,
- siły elektromotorycznej indukowanej w ramce od położenia jej prawego boku,
- siły elektromotorycznej od czasu,

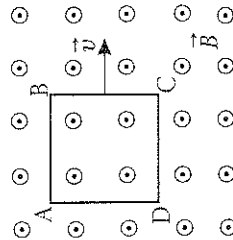
jeżeli przyjmiemy, że w chwili $t = 0$ prawy bok ramki znajduje się na granicy jednorodnego pola magnetycznego i porusza się z prędkością o wartości $0,2 \text{ m/s}$.

b) Oblicz natężenie prądu, który popłynie w ramce podczas wsuwania i wysuwania ramki z obszaru pola, i wskaż kierunek tego prądu w obu przypadkach.

Zadanie 11.55

Obwód w kształcie kwadratu porusza się w stałym i jednorodnym polu magnetycznym o liniach prostopadłych do powierzchni obwodu tak, jak pokazuje rysunek.

W klasie dyskutowano problem: Czy w tym przypadku w obwodzie powstaje prąd indukcyjny?



Koleżanka stwierdziła, że w obwodzie nie indukuje się prąd, bo strumień magnetyczny przechodzący przez jego powierzchnię nie ulega zmianie.

Jeden z kolegów zauważył, że wniosek ten jest sprzeczny z naszymi wiadomościami o powstawaniu napięcia między końcami przewodzącego pręta poruszającego się w polu magnetycznym – w rozpatrywanym przypadku takimi prętami są boki AD i BC obwodu. Skoro między ich końcami powstaje napięcie, to w obwodzie powinien płynąć prąd.

Inna koleżanka wyraziła przypuszczenie, że w ramce powstawałby prąd indukcyjny, gdyby jej ruch był przyspieszony, wówczas bowiem – jej zdaniem – zwiększałby się objętość obwodu strumień indukcji magnetycznej.

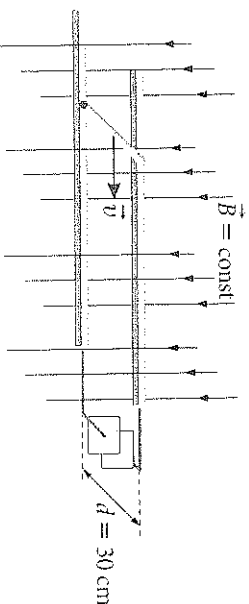
A jakie jest twoje zdanie? Napisz krótki esej na ten temat, odnosząc się do wypowiedzi koleżanek i kolegi.

Zadanie 11.56

Pętlę ze stalowego drutu o oporze właściwym $14 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ i polu przekroju $0,8 \text{ mm}^2$ wsunęto ruchem jednostajnym w obszar jednorodnego pola magnetycznego prostopadle do jego linii. Wartość wektora indukcji pola magnetycznego wynosi $0,02 \text{ T}$. Oblicz ładunek, który przepłynął przez stalowy drut podczas wsuwania pętli. Przyjmij, że pętla z drutu ma średnicę 28 cm .

Zadanie 11.57

Koniec metalowych szyn spięto kondensatorem, a następnie układ umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym o wartości wektora indukcji $0,02 \text{ T}$ prostopadle do linii pola. Na szynach położono metalowy pręt o długości 30 cm , który poruszano po szynach ze stałą szybkością $0,2 \text{ m/s}$, jak pokazuje rysunek.



a) Zaznacz na rysunku kierunek prądu indukcyjnego.

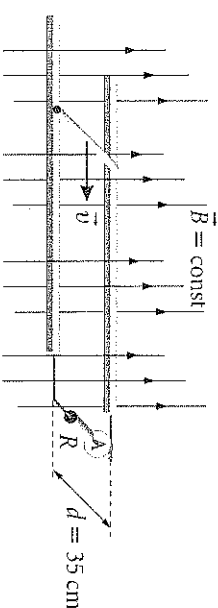
b) Oblicz maksymalny ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora, jeżeli jego pojemność wynosi $2 \mu\text{F}$.

c) Rozstrzygnij, czy natężenie prądu w obwodzie jest stałe. Podaj uzasadnienie.

Zadanie 11.58

W jednorodnym polu magnetycznym, którego indukcja ma wartość $0,05 \text{ T}$, na stalowych szynach oddalonych od siebie o 35 cm położono miedziany pręt o długości 40 cm . Końce szyn spięto opornikiem o oporze R i połączonym z nim szeregowo amperomierzem

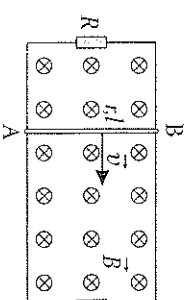
(patrz rysunek). Gdy pręt przesuwany po szynach ruchem jednostajnym z szybkością 2 m/s , to amperomierz wskazuje natężenie prądu równe 2 mA .



- Oblicz opór opornika (pomiń opór pręta, szyn i amperomierza).
- Zaznacz kierunek prądu indukcyjnego w obwodzie.

Zadanie 11.59

Wzdłuż boków prostokątnej ramki wykonanej z drutu o pomijalnym oporze ślizgają się końce A i B pręta o oporze r i długości l , jak pokazano na rysunku. Pozostałe boki ramki zawierają oporniki o oporze R każdy. Całość jest umieszczona w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $\vec{B}$, liniach prostopadłych do powierzchni ramki i zwróconych za rysunek.

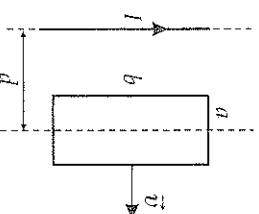


- Wyznacz kierunki prądów płynących w przecie i w każdym oporniku. Podaj uzasadnienie, opierając się na regule Lenza.
- Narysuj schemat analogicznego obwodu elektrycznego zawierającego odpowiednio włączone ogniwo. Uzasadnij położenie biegunów $+$ i $-$ tego ogniwa.
- Wyprowadź wzory na natężenie prądu w przecie oraz natężenie prądu w opornikach. W tym celu skorzystaj z wzoru na siłę elektromotoryczną indukowaną pomiędzy końcami pręta poruszającego się w polu magnetycznym.
- Wartości liczbowe natężeń oblicz dla następujących danych: $r = 1 \Omega$, $R = 2 \Omega$, $B = 10^{-2} \text{ T}$, $l = 0,2 \text{ m}$, $v = 2 \text{ m/s}$.

Zadanie 11.60*

Prostokątna ramka o bokach a i b wykonana z miedzianego drutu o polu poprzecznego przekroju S oddala się ze stałą szybkością v od bardzo długiego prostoliniowego przewodnika, w którym płynie prąd o natężeniu I . Przewodnik i ramka znajdują się w tej samej płaszczyźnie, a boki b ramki są równoległe do przewodnika. Opór właściwy miedzi jest równy ρ .

- Przedstaw rozumowanie, które prowadzi do wskazania kierunku prądu indukcyjnego, który powstaje w ramce.
- Wyprowadź wzór na (chwilowe) natężenie prądu I_R w ramce w chwili, gdy środek ramki znajduje się w odległości d od przewodnika ($d > a/2$).



Wskazówka: Skorzystaj z wzoru na siłę elektromotoryczną, która indukuje się pomiędzy końcami pręta poruszającego się w polu magnetycznym.

- Wymyśliszmy z wyprzedzonego wzoru, jak zmienia się natężenie prądu w ramce wraz ze wzrostem jej odległości od przewodnika.
- Oblicz wartość liczbową I_{pr} przyjmując następujące dane: $I = 6 \text{ A}$, $a = 4 \text{ cm}$, $b = 8 \text{ cm}$, $d = 6 \text{ cm}$, $S = 1,2 \text{ mm}^2$, $v = 0,3 \text{ m/s}$. Opór właściwy miedzi $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

Zjawisko samoindukcji

Zadanie 11.61

W zwojnicy o indukcyjności 6 mH płynie prąd o natężeniu 4 A . Podczas zmniejszania się natężenia prądu do zera w zwojnicy powstała siła elektromotoryczna o wartości $1,2 \text{ V}$. Oblicz czas zanikania prądu w zwojnicy.

Zadanie 11.62

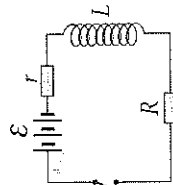
W obwodzie, w którym natężenie prądu maleje liniowo od wartości 1 A do zera w czasie $0,02 \text{ s}$, powstaje siła elektromotoryczna samoindukcji równa 5 V . Oblicz:

- współczynnik samoindukcji obwodu,
- siłę elektromotoryczną samoindukcji powstającą w tym obwodzie, gdy natężenie prądu narasta liniowo od zera do 1 A w czasie $0,5 \text{ s}$.

Zadanie 11.63

Obwód zawiera źródło o sile elektromotorycznej 6 V i o oporze wewnętrznym 1Ω , opornik o oporze 2Ω oraz zwojnicę o współczynniku samoindukcji $0,2 \text{ H}$ (zwojnica ma pomijalnie mały opór omowy). Oblicz:

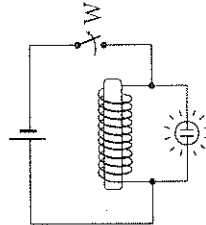
- początkową (chwilową) wartość natężenia prądu tuż po zamknięciu obwodu,
- początkową (chwilową) wartość szybkości zmian natężenia prądu,
- maksymalną wartość natężenia prądu, która ustali się po pewnym czasie po zamknięciu obwodu.



Zadanie 11.64

Z baterijką płaską łączymy zwojnicę z żelaznym rdzeniem (z transformatora rozbiernego). Równolegle do zwojnicy włączamy neonówkę (rysunek), która po zamknięciu obwodu nie świeci. Jednak w chwili jego otwierania (wylącznik W) neonówka silnie błyska. Wyjaśnij to zjawisko.

Wskazówka: Neonówka świeci dopiero wtedy, gdy doprowadzone do niej napięcie przekroczy pewną wartość (kilkadziesiąt woltów), zwaną napięciem zapłonu.



Zadanie 11.65

Izolowany miedziany drut o średnicy $0,8 \text{ mm}$ nawinięto gęsto na żelazny rdzeń o długości 12 cm i promieniu 2 cm . Oblicz względną przenikalność magnetyczną żelaza, jeżeli indukcyjność tak otrzymanego elektromagnesu wynosi 180 mH .

Zadanie 11.66

Izolowany miedziany drut o długości $31,4 \text{ m}$ i promieniu przekroju poprzecznego $0,6 \text{ mm}$ nawinięto gęsto na żelazny rdzeń o średnicy 2 cm . Oblicz:

- liczbę zwojów nawiniętych na rdzeń,
- indukcyjność zwojnicy, jeżeli względna przenikalność magnetyczna żelaza $\mu_r = 400$.

Zadanie 11.67

W zwojnicy o 100 zwojach i indukcyjności $3,14 \text{ mH}$ płynie prąd o natężeniu $0,2 \text{ A}$. Oblicz średnicę zwojnicy, jeżeli wartość wektora indukcji pola magnetycznego wynosi $0,005 \text{ T}$.

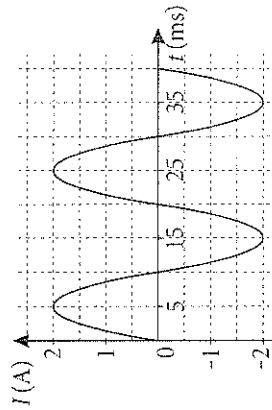
Zadanie 11.68

Na żelazny rdzeń o długości 30 cm , średnicy 5 cm i względnej przenikalności magnetycznej $\mu_r = 500$ gęsto nawinięto izolowany drut. Oblicz szybkość zmiany natężenia prądu, jeżeli w zwojnicy o 300 zwojach indukuje się siła elektromotoryczna o wartości 65 mV .

Prąd zmienny

Zadanie 11.69

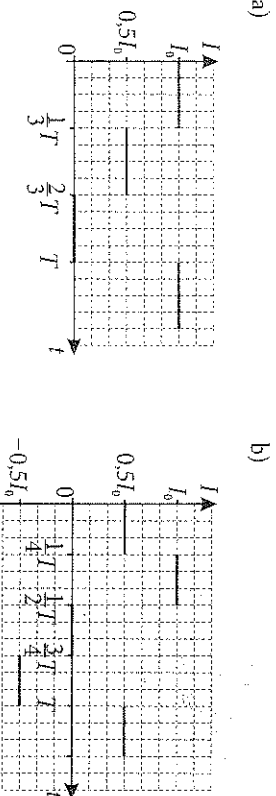
Wykres przedstawia zależność natężenia prądu od czasu.



- Odczytaj z wykresu częstotliwość i amplitudę natężenia prądu.
- Oblicz natężenie skuteczne i natężenie chwilowe w chwili $t = \frac{1}{6} T$.

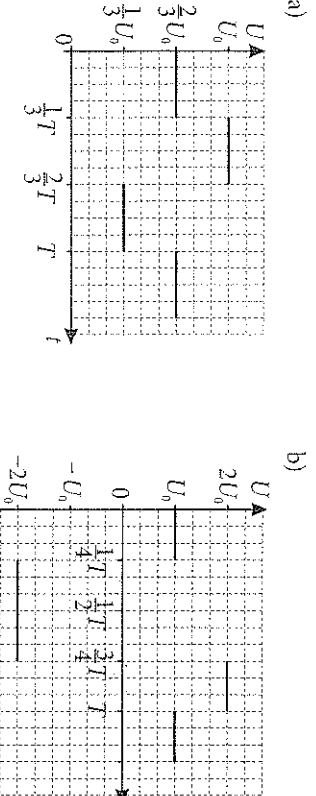
Zadanie 11.70

Oblicz natężenie skutecznego prądu w obwodzie, jeśli jego chwilowa wartość zmienia się tak, jak przedstawiają wykresy poniżej.



Zadanie 11.71

Oblicz napięcie skuteczne pewnego źródła, jeżeli jego napięcie zmienia się z czasem tak, jak przedstawiają wykresy poniżej.



Zadanie 11.72

W przewodniku płynie prąd przemienny, którego maksymalne natężenie jest równe 0,4 A. Oblicz opór tego przewodnika, jeżeli w ciągu 1,5 minuty wydzielił się w nim energia 57,6 J.

Zadanie 11.73

Za pomocą czajnika elektrycznego zasilanego sinusoidalnie zmiennym napięciem o amplitudzie 322 V zagotowano półtora litra wody w czasie 4 minut i 22 sekund. Oblicz temperaturę początkową wody, jeżeli opór grzałki czajnika wynosi 30 Ω , a ciepło właściwe wody $c_w = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Zadanie 11.74

Ramka prądniczy szkolnej, na której nawinięto 200 zwojów z drutu, obraca się ruchem jednostajnym w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 0,02 T. Pole powierzchni ramki jest równe 17,5 cm². Oblicz częstotliwość, z którą obraca się ramka, jeśli maksymalna wartość SEM indukującej się na zaciskach prądniczy wynosi w przybliżeniu 0,8 V.

Zadanie 11.75

Ramka z drutu wiruje w stałym jednorodnym polu magnetycznym z częstotliwością 40 Hz. Maksymalna wartość przenikającego ją strumienia indukcji magnetycznej wynosi 10 mWb. Oblicz moc skuteczną, jaka wydzielili się na odbiorniku o oporze 10 Ω podłączonym do zacisków prądniczy, jeśli opór wewnętrzny jej uzwojeń jest tak mały, że możemy go pominąć.

Transformator

Zadanie 11.76

Uzwojenie pierwotne transformatora, podłączone do napięcia skutecznego 24 V, pobiera moc 6 W. Uzwojenie pierwotne składa się z 60 zwojów, a uzwojenie wtórne z 1200. Pomijając straty energii w transformatorze, oblicz:

- napięcie skuteczne na zaciskach uzwojenia wtórnego,
- skuteczne natężenie prądu w obwodzie zasilanym z uzwojenia wtórnego.

Zadanie 11.77

Transformator podwyższa napięcie z $U_1 = 230 \text{ V}$ do $U_2 = 1600 \text{ V}$. Oblicz skuteczne natężenie prądu w obwodzie pierwotnym, jeżeli w obwodzie wtórnym otrzymujemy prąd o natężeniu skutecznym 0,4 A. Straty energii w transformatorze stanowią 4% energii wyjściowej.

Zadanie 11.78

Uzwojenie pierwotne transformatora zasilano napięciem z sieci o amplitudzie 322 V. Na zaciskach uzwojenia wtórnego uzyskano napięcie skuteczne 1,5 kV. Oblicz natężenie skutecznego prądu w uzwojeniu pierwotnym, jeżeli uzwojenie wtórne jest obciążone opornikiem o oporze 150 Ω . Przyjmij, że transformator ma sprawność 100%.

Zadanie 11.79

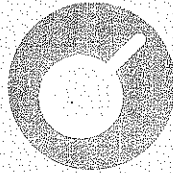
Uzwojenie pierwotne transformatora obniżającego napięcie podłączono do sieci, w której napięcie maksymalne jest równe 322 V. Przekładnia transformatora wynosi $\frac{1}{80}$. Oblicz napięcie skuteczne na zaciskach uzwojenia wtórnego, jeżeli płynie przez nie prąd o natężeniu skutecznym 0,25 A. Przyjmij, że opór uzwojenia wtórnego wynosi 0,4 Ω , a opór uzwojenia pierwotnego można pominąć.



Zadanie 11.80

Z elektrowni do osiedla odległego o $l = 100$ km przesyłana jest moc $P = 50$ MW.

- Oblicz natężenie prądu, jaki musiałby płynąć w przewodach łączących elektrownię z osiedlem w przypadku, gdyby nie stosowano transformatora podnoszącego napięcie, jeśli napięcie skuteczne wytworzone przez prądnicę wynosi 230 V.
- Gdy stosujemy transformator, w linii wysokiego napięcia płynie prąd o natężeniu $I = 200$ A, a straty mocy w linii są równe $k = 5\%$. Oblicz przekrój miedzianych przewodów, z których zbudowana jest linia. Opór właściwy miedzi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$.
- Oblicz masę przewodów doprowadzających energię elektryczną z elektrowni do osiedla. Gęstość miedzi $d = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

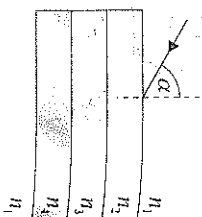


Zjawisko odbicia i załamania światła Całkowite wewnętrzne odbicie

Zadanie 12.1

Promień świetlny pada pod kątem 60° na układ trzech płytek z różnych substancji.

- Narysuj przybliżony bieg promienia, jeżeli współczynniki załamania dla tych substancji są odpowiednio równe: $n_1 = 1$, $n_2 = 1,44$, $n_3 = 1,33$, $n_4 = 1,66$.
- Ile wynosi kąt załamania po wyjściu promienia świetlnego z trzeciej płytki do ośrodka o współczynniku $n_1 = 1$.
- Oblicz szybkość światła w każdym ośrodku, wiedząc, że jego szybkość w powietrzu wynosi $3 \cdot 10^8$ m/s.



Zadanie 12.2

Promień świetlny, przechodząc z wody do szkła, załamuje się pod kątem 60° . Oblicz kąt padania promienia na granicy wody i szkła. Współczynniki załamania światła wynoszą odpowiednio: wody $n_w = 1,33$, szkła $n_s = 1,5$.

Zadanie 12.3

Karolina, nurkując w jeziorze, widzi Słońce pod kątem 30° do normalnej. Oblicz kąt, jaki promień słoneczny tworzy z lustrem wody w powietrzu. Współczynnik załamania światła w wodzie $n_w = 1,33$.

Zadanie 12.4

Wiązka światła zielonego o długości fali 540 nm rozchodząca się w powietrzu pada na szkło pod kątem 30° do jego powierzchni. Oblicz długość fali światła zielonego w szkłe oraz kąt załamania, jeżeli współczynnik załamania szkła $n_s = 1,5$.

Zadanie 12.5

Na dnie jeziora niedaleko brzegu znajduje się kolorowy kamyczek. Ela, stojąc na brzegu, szacuje, że kamyczek jest na głębokości 120 cm. Oszacuj, jak głęboko jest w rzeczywistości kamyczek, jeżeli współczynnik załamania światła w wodzie wynosi $n_w = 1,33$.
Wskazówka: Dla małych kątów α : $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.

Zadanie 12.6

Monetę nakryto równoległą szklaną płytką o grubości 6 cm. Współczynnik załamania szkła jest równy $1,5$. Oko obserwatora, który patrzy na monetę w kierunku prostopadłym do płytki znajduje się na wysokości 20 cm nad jej górną ścianką.

- Rozstrzygnij, czy obserwator widzi rzeczywisty czy pozorny obraz monety. Podaj oszacowanie, sporządzając odpowiedni rysunek.

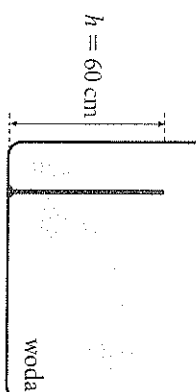
Oblicz odległość obserwowanego obrazu

- od górnej ściany płytki,
- od oka.

Wskazówka: Dla małych kątów α : $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.

Zadanie 12.7

Iulek przynocował pręt do dna przezroczystego naczynia za pomocą przysawki. Następnie do naczynia wlał tyle wody, by całkowicie go zanurzyć.



Na lustro wody kierował promień świetlny pod różnymi kątami do normalnej i obserwował długość cienia na dnie naczynia. Oblicz, o ile różnią się długości cienia pręta dla dwóch kątów padania promienia świetlnego 30° i 60° . Przyjmij, że pręt ma długość 60 cm, a współczynnik załamania wody $n_w = 1,33$.

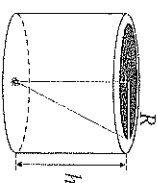
Zadanie 12.8

Oblicz kąty graniczne dla dwóch cieczy, wiedząc, że światło monochromatyczne:

- w pierwszej cieczy ma długość fali $\lambda_1 = 552$ nm, a po przejściu do powietrza długość fali $\lambda_2 = 750$ nm,
- w drugiej cieczy rozchodzi się z szybkością $v \approx 2,04 \cdot 10^8$ m/s, a po przejściu do powietrza z szybkością $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s.

Zadanie 12.9

Na górnej powierzchni lodowego walca o wysokości 20 cm położono cienki nieprzepuszczający światła krążek o średnicy $47,2$ cm. Następnie pod dołą powierzchnią lodu umieszczono punktowe źródło światła. Oblicz współczynnik załamania lodu, wiedząc, że żaden z promieni wychodzących ze źródła nie przechodzi przez górną powierzchnię lodu.



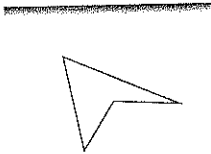
Zwierciadła

Zadanie 12.10

Grażyna ma 165 cm wzrostu. Przyjmij, że odległość między jej oczami i czubkiem głowy jest równa 10 cm. Korzystając z prawa odbicia, wykonaj rysunek, a następnie oblicz wysokość lustra, jakie powinna kupić Grażyna, aby mogła się w nim całą przeglądać.

Zadanie 12.11

Narysuj obraz przedmiotu pokazanego na rysunku otrzymany w zwierciadle płaskim i podaj jego cechy.



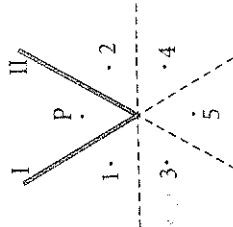
Zadanie 12.12

Na statywie zamocowano laser, którego promień skierowano na zwierciadło płaskie pod kątem 30° . Oblicz, ile będzie wynosił kąt odbicia, jeżeli zwierciadło obrócimy o 20° zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara.

Zadanie 12.13

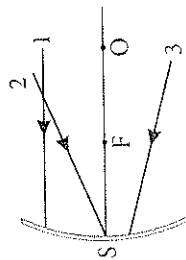
Przedmiot P w postaci świecącego punktu umieszczono na płaszczyźnie dwusiecznej kąta dwusiecznego $\alpha = 60^\circ$ utworzonego przez dwie zwierciadlane ściany I i II. W zwierciadłach powstało pięć obrazów (1, 2, 3, 4, 5) zaznaczonych na rysunku. Na przykład 3 jest obrazem obrazu 2 w zwierciadle I. Uzupełnij brakujące słowa w poniższych zdaniach:

- a) 1 jest obrazem w zwierciadle
- b) 2 jest obrazem w zwierciadle
- c) 4 jest obrazem w zwierciadle
- d) 5 jest obrazem w zwierciadle
i w zwierciadle



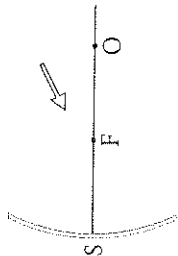
Zadanie 12.14

Na zwierciadło kuliste wklęsłe padają trzy promienie, jak pokazano na rysunku poniżej. Nie używając kątomierza, narysuj bieg każdego z tych promieni po odbiciu od zwierciadła.



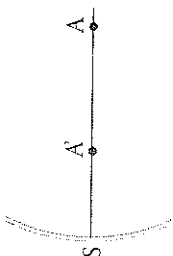
Zadanie 12.15

Narysuj obraz świecącej strzałki w zwierciadle kulistym wklęsłym i podaj jego cechy.



Zadanie 12.16

Na osi optycznej zwierciadła kulistego wklęsłego zaznaczono punkt świecący A i jego obraz A'. Wyznacz konstrukcyjnie ogniskową zwierciadła.



Zadanie 12.17

Zwierciadło wklęsłe daje czterokrotnie powiększony, odwrócony obraz przedmiotu. Odległość przedmiotu od obrazu jest równa 30 cm. Oblicz:

- a) odległość przedmiotu od zwierciadła,
- b) promień krzywizny zwierciadła,
- c) odległość przedmiotu od obrazu w przypadku, gdy obraz jest czterokrotnie powiększony i prosty.

Zadanie 12.18

Strzałka o długości 1,5 cm znajduje się w odległości 7,2 cm od zwierciadła kulistego wklęsłego o promieniu $r = 9$ cm. Narysuj rysunek obrazujący tę sytuację, wiedząc, że strzałka jest skierowana w górę prostopadle do osi optycznej zwierciadła, oraz oblicz:

- a) odległość między przedmiotem a ekranem, na którym powstał ostry obraz,
- b) powiększenie obrazu oraz jego wysokość.

Zadanie 12.19

W odległości 6 cm od zwierciadła kulistego wklęsłego o ogniskowej 4 cm znajduje się świecąca żarówka umieszczona prostopadle do jego osi optycznej. Oblicz:

- a) w jakiej odległości od zwierciadła powinien znajdować się ekran, aby obraz żarówki był ostry,
- b) jaką wysokość ma obraz żarówki, jeżeli jej rzeczywista wysokość wynosi 3 cm.

- c) w jakiej odległości od zwierciadła powstanie obraz, jeżeli żarówkę odsuniemy od zwierciadła na odległość równą 16 cm; podaj cechy otrzymanego obrazu,
d) w jakiej odległości od zwierciadła powstanie obraz, jeśli zarówno z poprzedniego położenia przesuniemy w kierunku zwierciadła o 14 cm; podaj cechy obrazu.

Zadanie 12.20

Odległość między przedmiotem a jego rzeczywistym obrazem w zwierciadle kulistym wklęsłym wynosi 5 cm. Oblicz ogniskową zwierciadła, jeżeli wysokość obrazu jest dwa razy większa od wysokości przedmiotu.

Zadanie 12.21

Świecący przedmiot umieszczony w odległości 12 cm od zwierciadła kulistego wklęsłego daje na ekranie odległym od niego o 4 cm obraz rzeczywisty. Oblicz:

- a) o ile należy odsunąć przedmiot od początkowego położenia, aby otrzymać ostry obraz w odległości 3,75 cm,
b) ogniskową zwierciadła.

Zadanie 12.22

Za pomocą zwierciadła kulistego wklęsłego otrzymano obraz pewnego przedmiotu pomniejszony cztery razy. Następnie przedmiot przesunięto w stronę zwierciadła o 10 cm i otrzymano obraz pomniejszony dwa razy. Oblicz:

- a) odległość przedmiotu od zwierciadła w obu przypadkach,
b) ogniskową zwierciadła.

Zadanie 12.23

Za pomocą zwierciadła kulistego wklęsłego o promieniu krzywizny 16 cm otrzymano obraz pozorny, powiększony cztery razy. Oblicz, w jakiej odległości od zwierciadła umieszczono przedmiot.

Zadanie 12.24

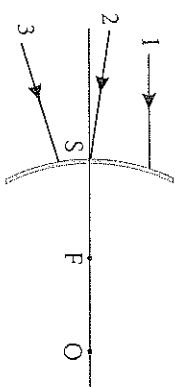
Przedmiot umieszczono w odległości 10 cm od zwierciadła kulistego wklęsłego o ogniskowej 4 cm. Następnie wymieniono zwierciadło, nie zmieniając położenia przedmiotu. Oblicz ogniskową drugiego zwierciadła, wiedząc, że stosunek odległości obrazów od zwierciadeł $\frac{z_2}{z_1} = 6$.

Zadanie 12.25

Udowodnij, przeprowadzając odpowiednie obliczenia, że równanie zwierciadła można przedstawić za pomocą wzoru Newtona w postaci $z_1 z_2 = f^2$, gdzie z_1 i z_2 są odpowiednio odległościami przedmiotu i obrazu od ogniska zwierciadła.

Zadanie 12.26

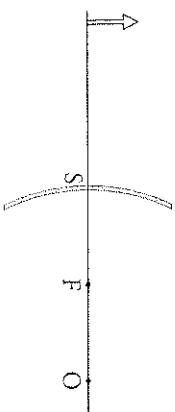
Na zwierciadło kuliste wypukłe padają trzy promienie, jak pokazano na rysunku poniżej. Nie używając kątomierza, narysuj bieg każdego z tych promieni po odbiciu od zwierciadła.



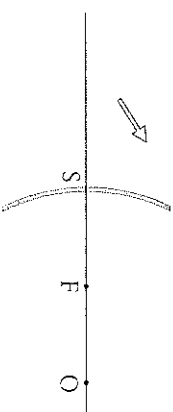
Zadanie 12.27

Wykonaj konstrukcje obrazów strzałek w zwierciadle kulistym wypukłym. Podaj cechy obrazów.

a)



b)



Zadanie 12.28

Za pomocą zwierciadła kulistego wypukłego o promieniu krzywizny 8 cm otrzymano obraz strzałki pomniejszony cztery razy. Oblicz, w jakiej odległości od zwierciadła umieszczono strzałkę.

Zadanie 12.29

Odległość między przedmiotem a jego pozornym obrazem w zwierciadle kulistym wypukłym wynosi 12 cm. Oblicz ogniskową zwierciadła, jeżeli obraz jest dwa razy pomniejszony.

Zadanie 12.30

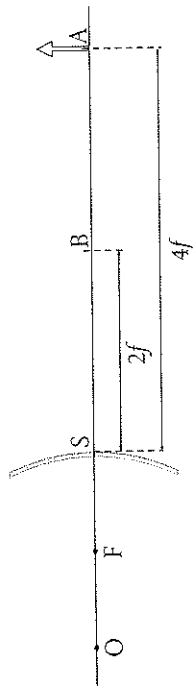
Za pomocą zwierciadła kulistego wypukłego otrzymano obraz dwa razy pomniejszony; jeżeli przedmiot oddalimy o 10 cm od pierwszego położenia, to otrzymany obraz będzie cztery razy pomniejszony.

Oblicz: *

- ogniskową zwierciadła,
- odległość przedmiotu od zwierciadła w obu przypadkach,
- odległość między obrazami.

Zadanie 12.31

Na niektórych lusterkach samochodowych widnieje napis *Objects in mirror are closer than they appear*, co możemy zinterpretować w ten sposób, że obiekty w lustrze zbliżają się wolniej niż poruszają się w rzeczywistości. Sprawdź to na przykładzie przedmiotu zbliżającego się do zwierciadła wypukłego ze stałą szybkością v , od punktu A do punktu B. W tym celu oblicz średnią szybkość obrazu w zwierciadle kulistym wypukłym i porównaj ją z szybkością przedmiotu. Skorzystaj z pomocniczego rysunku.



Płyta równoległościenna i pryzmat

Zadanie 12.32

Na płasko-równoległą szklaną płytkę pada pod kątem 45° monochromatyczna wiązka światła. Grubość płytki wynosi 10 cm , a współczynnik załamania szkła jest równy $1,5$. Oblicz przesunięcie x , jakiego doznaje wiązka po przejściu przez płytkę.

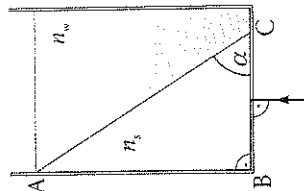
Zadanie 12.33

Promień światła monochromatycznego pada na pryzmat o współczynniku załamania $n_p = 1,5$ tak, jak pokazuje rysunek. Naskikuj dalszy bieg tego promienia.



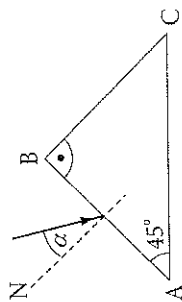
Zadanie 12.34

Szklany pryzmat o współczynniku załamania $n_s = 1,5$ włożono do naczynia w kształcie prostopadłościanu wypełnionego wodą. Następnie na pryzmat skierowano wiązkę światła monochromatycznego tak, jak pokazuje rysunek. Podaj warunek dla $\sin \alpha$, przy którym na ścianie AC zaobserwujemy zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia. Współczynnik załamania wody wynosi $n_w = 1,33$.



Zadanie 12.35

Promień monochromatycznego światła o długości fali 450 nm pada na pryzmat w kształcie trójkąta równoramiennego tak jak na rysunku. Na ścianie AC ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu i wychodzi z pryzmatu do powietrza przez ścianę BC. Oblicz najmniejszy kąt padania promienia, aby warunek opisany w zadaniu był spełniony. Długość fali tego światła w pryzmacie wynosi 300 nm .



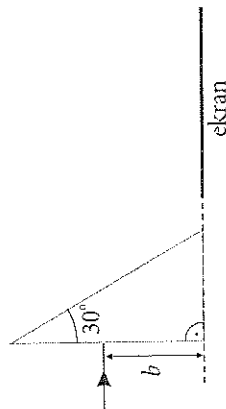
Zadanie 12.36

Na jedną ścianę szklanego pryzmatu pada prostopadle monochromatyczny promień świetlny, dla którego współczynnik załamania szkła jest równy $1,6$.

- Oblicz, w jakim przedziale musi się znaleźć kąt łamiący, aby promień ten wyszedł z pryzmatu, załamując się na drugiej ścianie.
- Załóżmy, że kąt łamiący pryzmatu spełnia warunek znaleziony w punkcie a) zadania. Zbadaj, czy promień świetlny padający na pierwszą ścianę od strony podstawy pryzmatu pod kątem $\alpha > 0$ wyjdzie przez drugą ścianę. Sporządź rysunek i przedstaw odpowiednie rozumowanie, nie wykonując obliczeń.

Zadanie 12.37*

Na pionową ścianę pryzmatu o kącie łamiącym 30° pada prostopadle wiązka światła białego, jak pokazuje rysunek.



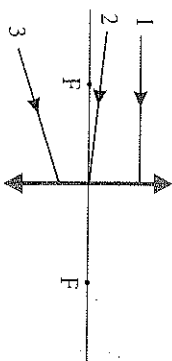
Współczynniki załamania szkła, z którego wykonano pryzmat (ciężki flint), są równe: dla światła czerwonego $1,87$, dla światła fioletowego $1,95$.

- Naszkicuj bieg promieni świetlnych w pryzmacie i po wyjściu z pryzmatu. Zaznacz na ekranie miejsca oświetlone światłem czerwonym i fioletowym.
- Oblicz kąt, który tworzą z sobą promienie czerwony i fioletowy po wyjściu z pryzmatu.
- Odległość b punktu, w którym promień świetlny pada na pryzmat, od podstawy jest równa 4 cm . Oblicz szerokość d widma otrzymanego na ekranie. Zilustruj obliczenia, uzupełniając odpowiednio rysunek.

Soczewki

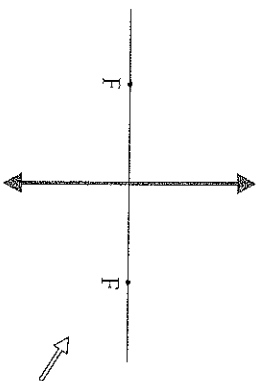
Zadanie 12.38

Narysuj dalszy bieg promieni 1, 2, 3 po przejściu przez ciekłą soczewkę skupiającą.



Zadanie 12.39

Narysuj obraz świecącej strzałki w soczewce skupiającej i podaj jego cechy.



Zadanie 12.40

Rysunek przedstawia oś optyczną soczewki skupiającej, na której zaznaczono przedmiot A i jego obraz A'.



Znajdź konstrukcyjnie położenie soczewki i jej ogniska.

Zadanie 12.41

Oblicz współczynnik załamania materiału, z którego wykonano soczewkę płaskowypukłą o zdolności skupiającej 2 D, jeśli promień krzywizny $r = 15$ cm.

Zadanie 12.42

Soczewka szklana ($n = 1,5$) ma w powietrzu zdolność skupiającą 4 dioptrie. Oblicz współczynnik załamania cieczy, w której należałoby zanurzyć tę soczewkę, aby jej zdolność skupiająca była równa

- 1 dioptrii,
- 1 dioptrii.

Zadanie 12.43

Oblicz, w jakiej odległości od soczewki skupiającej należy umieścić przedmiot, aby jego obraz rzeczywisty powstał w odległości 16 cm od ogniska. Zdolność skupiająca soczewki wynosi 25 D.

Zadanie 12.44

Na ekranie odległym o 75 cm od soczewki skupiającej dwuwypukłej uczniowie otrzymali dwukrotnie powiększony obraz świecącej litery:

- Oblicz zdolność skupiającą soczewki.
- Oblicz współczynnik załamania materiału, z którego wykonano soczewkę, jeżeli $r_1 = r_2 = 27$ cm.
- Podaj pozostałe cechy otrzymanego obrazu.

Zadanie 12.45

Świecący przedmiot umieszczono 2 cm za ogniskiem soczewki skupiającej o ogniskowej 6 cm tak, by powstał obraz rzeczywisty. Następnie przedmiot odsunęto od soczewki jeszcze o 8 cm. Oblicz, o ile obraz przybliżył się do soczewki w wyniku odsunięcia przedmiotu.

Zadanie 12.46

Świecący przedmiot umieszczony w odległości 24 cm od soczewki skupiającej daje obraz rzeczywisty na ekranie odległym od soczewki o 12 cm. Oblicz, o ile należy odsunąć przedmiot od położenia początkowego, aby otrzymać ostry obraz w odległości 10 cm od soczewki.

Zadanie 12.47

Ogniskowa soczewki skupiającej jest równa f . Przedmiot zbliżono do soczewki od odległości $x_1 = 1,8f$ do $x_2 = 1,2f$. Oblicz:

- o ile oddalił się wówczas obraz od soczewki,
- ile razy wzrosło powiększenie obrazu.

Zadanie 12.48

Odległość między przedmiotem i jego rzeczywistym obrazem w soczewce dwuwypukłej ograniczonej powierzchniami o jednakowych promieniach krzywizn wynosi 30 cm. Oblicz:

- zdolność skupiającą soczewki, jeżeli wysokość obrazu jest dwa razy większa od wysokości przedmiotu,
- promień krzywizn, jeżeli współczynnik załamania materiału, z którego wykonano soczewkę, wynosi 1,45.

Zadanie 12.49

Soczewkę skupiającą o ogniskowej $f = 21$ cm ustawiono między przedmiotem a ekranem. Odległość przedmiotu od ekranu $d = 100$ cm.

- Oblicz odległość soczewki od przedmiotu, dla której na ekranie powstanie jego ostry obraz. Ile jest takich przypadków?

Zadanie 12.56

W jakiej odległości od soczewki rozpraszającej $f = -15$ cm należy umieścić przedmiot, aby uzyskać obraz trzy razy pomniejszony. Oblicz, jakie byłoby powiększenie obrazu tego samego przedmiotu, gdyby nie zmieniając jego położenia, wymienić soczewkę na skupiającą o ogniskowej $f' = 15$ cm.

Zadanie 12.57

Za pomocą soczewki dwuwklęsłej otrzymano obraz pomniejszony dwa razy. Jeżeli przedmiot oddalimy o 12 cm od pierwszego położenia, to otrzymany obraz będzie pomniejszony cztery razy. Oblicz:

- zdolność skupiającą soczewki,
- odległość przedmiotu od soczewki w obu przypadkach,
- odległość między obrazami.

Układy optyczne: oko – soczewka

Zadanie 12.58

Dalekovidz widzi dobrze przedmioty z odległości 0,8 m. Oblicz zdolność skupiającą, którą powinien mieć jego okulary, aby widział dobrze z odległości 25 cm.

Zadanie 12.59

Zdolność skupiająca okularów dalekovidza wynosi $z = 2$ D. Z jakiej odległości widzi on dobrze bez okularów, jeżeli w okularach wygodnie czyta, trzymając książkę w odległości dobrego widzenia równej $d = 25$ cm.

Zadanie 12.60

Oblicz, o ile zmieni się zdolność skupiająca soczewek ocznych Agnieszki, jeśli przeniesie ona wzrok z książki trzymanej w odległości 25 cm na ekran telewizora znajdującego się w odległości 1,5 m.

Zadanie 12.61

Ewa jest krótkowidzem i używa soczewek kontaktowych o zdolności skupiającej $z = -2$ D. Widzi wówczas dobrze z odległości 25 cm. Oblicz, z jakiej odległości Ewa widzi dobrze bez soczewek.

Zadanie 12.62

Iwona wkłada okulary o zdolności skupiającej $z_1 = -2,5$ D i wówczas widzi dobrze z odległości $x_1 = 20$ cm. Oblicz zdolność skupiającą okularów, które powinna kupić, aby widzieć dobrze z odległości $x_2 = 0,25$ m.

Zadanie 12.63

Patryk jest krótkowidzem. Pomiary wykazały, że lewym okiem Patrykowi wygodnie jest czytać książkę z odległości 20 cm, a prawym z odległości 18 cm. Odległość dobrego widzenia dla normalnego oka jest równa 25 cm. Oszacuj zdolności skupiające soczewek okularów, których powinien używać Patryk.

Lupa i mikroskop

Zadanie 12.64

Oblicz powiększenie katowe lupy o ogniskowej $f = 5$ cm. Przyjmij, że odległość dobrego widzenia jest równa 25 cm.

Zadanie 12.65

Lupa, przez którą Basia ogląda swoją biżuterię, powiększa kątowo 8 razy. Oblicz zdolność skupiającą tej lupy, jeśli odległość dobrego widzenia wynosi 25 cm.

Zadanie 12.66

Anka ogląda przez soczewkę skupiającą obraz swojego pierścionka powiększony liniowo dwa razy.

- Narysuj rysunek pomocniczy i podaj cechy otrzymanego obrazu.
- Oblicz, w jakiej odległości od soczewki Ania umieściła pierścionek, jeśli odległość dobrego widzenia wynosi 25 cm.
- Oblicz zdolność skupiającą soczewki.
- Oblicz średnicę obrazu pierścionka, jeżeli jego rzeczywista średnica wynosi 21 mm.

Zadanie 12.67

Soczewki dwuwypukłej ze szkła o promieniach krzywizn $r_1 = 10$ cm i $r_2 = 5$ cm użyto jako lupy. Współczynnik załamania szkła wynosi $3/2$, a odległość dobrego widzenia jest równa 25 cm.

- Oblicz powiększenie katowe tej lupy.
- Oblicz powiększenie tej samej lupy zanurzonej w wodzie o współczynniku załamania $n_w = 1,3$.

Zadanie 12.68

Odległość między soczewkami okularu i obiektywu w szkolnym mikroskopie optycznym wynosi 24 cm. Korzystając z przybliżonego wzoru, oblicz powiększenie mikroskopu, jeżeli zdolności skupiające soczewek są odpowiednio równe $z_{ok} = 50$ D, $z_{ob} = 200$ D. Przyjmij, że odległość dobrego widzenia wynosi 25 cm.

Zadanie 12.69

Uczniowie zbudowali model mikroskopu, mając do dyspozycji tekturową rurę o długości $l = 22$ cm i dwie soczewki o ogniskowych $f_1 = 2$ cm i $f_2 = 12$ cm, które osadzili na końcach rury.

- Sformułuj warunki, które muszą zostać spełnione, aby można było obserwować powiększony obraz przedmiotu umieszczonego przed jedną z soczewek.
- Oblicz, w jakim przedziale odległości od obiektywu musi się znaleźć przedmiot, aby te warunki były spełnione.
- Oblicz, w jakiej odległości od okularu będziemy obserwować obraz, gdy odległość przedmiotu od obiektywu będzie równa 2,35 cm, i ile wyniesie wówczas jego powiększenie.

Zadanie 12.70

Ogniskowe obiektywu i okularu mikroskopu są odpowiednio równe: 8 mm i 9 cm, a odległość obiektywu od okularu wynosi 20 cm.

- Oblicz, w jakiej odległości od obiektywu należałoby umieścić przedmiot, aby jego ostry obraz można było oglądać z odległości dobrego widzenia (25 cm).
- Oblicz powiększenie oglądanego obrazu, nie korzystając z przybliżonego wzoru.

Układy optyczne soczewek i zwierciadeł

Zadanie 12.71

Trzy soczewki o zdolnościach skupiających równych: $z_1 = -4$ D, $z_2 = 2$ D i $z_3 = 6$ D umieszczano na ławie optycznej, tworząc trzy układy po dwie soczewki i jeden układ składający się ze wszystkich soczewek. Oblicz ogniskowe wszystkich możliwych układów soczewek, zakładając, że we wszystkich przypadkach soczewki są umieszczone jedna obok drugiej.

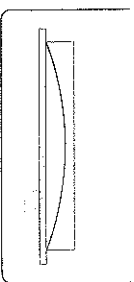
Zadanie 12.72

Promień krzywizny powierzchni kulistej szklanej soczewki płasko-wypukłej jest równy r .

- Znajdź związek ogniskowej tej soczewki z promieniem krzywizny, jeśli soczewka jest umieszczona w powietrzu. Współczynnik załamania szkła $n_s = 3/2$.
- Dwie identyczne soczewki szklane płasko-wypukłe o promieniu krzywizny powierzchni kulistych równym r zetknięto powierzchniami płaskimi. Znajdź związek ogniskowej tego układu z promieniem krzywizny. Soczewki są umieszczone w powietrzu.
- Wykonaj polecenia a) i b) w przypadku, gdy soczewki są umieszczone w wodzie; współczynnik załamania wody $n_w = 4/3$.

Zadanie 12.73

Do cienkiej, płasko-wklęsłej soczewki szklanej o promieniu krzywizny $r = 15$ cm doklejono cienką płytkę szklaną



i całość zanurzono w wodzie tak, jak pokazuje rysunek. Otrzymano w ten sposób układ soczewek: szklanej i powietrznej płasko-wypukłej.

- Rozstrzygnij, czy ten układ jest skupiający czy rozpraszający. Podaj uzasadnienie.
- Wyprowadź wzór na zdolność skupiającą układu i oblicz jej wartość liczbową. Współczynnik załamania powietrza $n_p = 1$, szkła $n_s = 3/2$, wody $n_w = 4/3$.

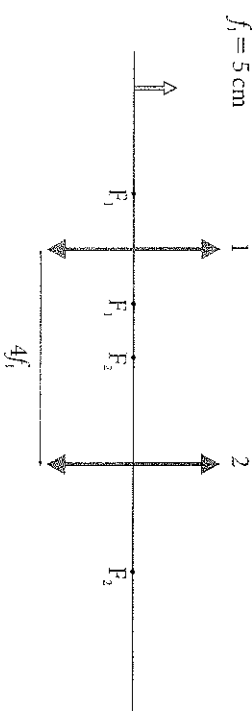
Zadanie 12.74

- Dwie soczewki skupiające 1 i 2 mają ogniskowe $f_1 = 10$ cm i $f_2 = 20$ cm. Oblicz, w jakiej wzajemnej odległości należy umieścić te soczewki na wspólnej osi, aby wiązka światła padająca na jedną z nich równoległe do osi pozostawała nadal równoległa po wyjściu z drugiej soczewki. Zilustruj odpowiednimi rysunkami dwa takie przypadki i odpowiedz na pytanie, w którym przypadku wiązka światła wychodząca z układu soczewek będzie miała większą średnicę niż wiązka padająca na układ.

- Zdolności skupiające dwóch innych soczewek 1 i 2 są równe $z_1 = 4$ D i $z_2 = -10$ D. Wykonaj dla tych soczewek polecenia wymienione w punkcie a) zadania.

Zadanie 12.75

Na ławie optycznej uczniowie umieszcili dwie soczewki skupiające o ogniskowych f_1 i $f_2 = 2 f_1$ oraz świecącą strzałkę w odległości $3f_1$ przed pierwszą soczewką.



- Narysuj obraz świecącej strzałki otrzymany po załamaniu światła w pierwszej, a następnie w drugiej soczewce. Podaj cechy otrzymanych obrazów.

- Oblicz, w jakiej odległości za drugą soczewką umieszczono ekran, jeżeli otrzymano na nim ostry obraz przedmiotu. Skorzystaj z danych na rysunku.

- Podaj rozmiary obrazu na ekranie, jeżeli rzeczywista wysokość przedmiotu wynosi 3 cm.

Zadanie 12.76

Dwie soczewki skupiające o ogniskowych $f_1 = 10$ cm i $f_2 = 15$ cm umieszczono w odległości wzajemnej $d = 20$ cm na wspólnej osi. Przedmiot w postaci świecącej punktu umieszczono na osi w ognisku pierwszej soczewki.

- Narysuj obraz przedmiotu i oblicz odległość obrazu od przedmiotu.
- W tym samym miejscu co poprzednio umieszczono prostopadłe do osi przedmiot o wysokości $h_1 = 1,5$ cm. Skonstruuj obraz tego przedmiotu i oblicz jego wysokość. Wskazówka: Narysuj pomocniczy promień równoległy do dwóch promieni wycho-

dzających z pierwszej soczewki i przechodzący przez środek drugiej. Skorzystaj z faktu, że wiązka promieni równoległych padających na soczewkę skupiającą skupia się po przejściu przez nią w płaszczyźnie ogniskowej (tzn. prostopadłej do osi i przechodzącej przez ognisko).

Zadanie 12.77

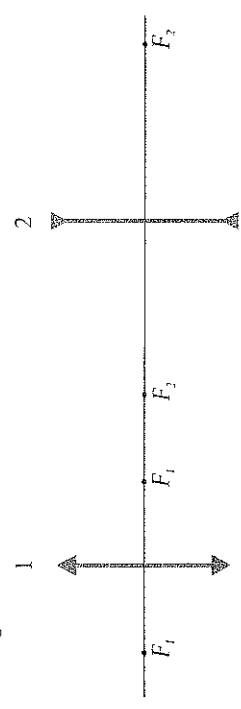
Dwie soczewki 1 i 2 o ogniskowych 15 cm i 30 cm umieszczono na wspólnej osi we wzajemnej odległości równej 90 cm. Przedmiot znajduje się między soczewkami.

Biorąc pod uwagę wartości liczbowe podanych wielkości, zbadaj, w jakim przedziale odległości od pierwszej soczewki musi się znajdować przedmiot, aby jego obrazy utworzone przez obydwie soczewki były rzeczywiste i:

- powiększone,
- miały takie same wielkości jak przedmiot,
- obraz utworzony przez pierwszą soczewkę był pomniejszony, a przez drugą – powiększony,
- obraz utworzony przez pierwszą soczewkę był powiększony, a przez drugą – pomniejszony,
- Wymień cechy obrazu utworzonego przez pierwszą soczewkę, jeśli druga daje obraz pozorny tego przedmiotu, oraz cechy obrazu utworzonego przez drugą soczewkę, jeśli pierwsza daje jego obraz pozorny.

Zadanie 12.78

Dwie soczewki o zdolnościach skupiających $z_1 = 8 \text{ D}$ i $z_2 = -4 \text{ D}$ umieszczono na ławie optycznej w odległości 50 cm od siebie.



- Oblicz, gdzie należy umieścić przedmiot przed soczewką skupiającą, aby obraz w soczewce rozpraszającej otrzymać 10 cm przed nią.
- Wyznacz graficznie położenie przedmiotu. Podaj cechy każdego obrazu.
- Podaj rozmiary przedmiotu, jeżeli obraz w soczewce rozpraszającej ma długość 1,5 cm.

Zadanie 12.79

Na osi soczewki skupiającej o ogniskowej 10 cm w odległości 15 cm od środka soczewki umieszczono włókno świecącej żarówki. Po drugiej stronie w odległości 20 cm ustawiono prostopadłe do osi zwierciadło płaskie.

- Oblicz, gdzie należy umieścić (niewielki) ekran, aby otrzymać na nim niewielki obraz włókna. Sporządź odpowiedni rysunek.
- Wymień cechy tego obrazu i oblicz jego powiększenie.

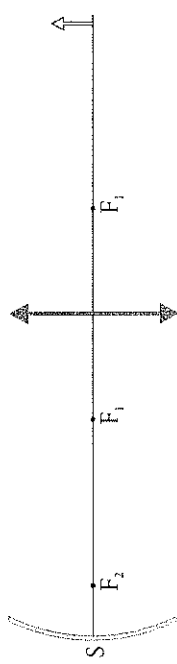
Zadanie 12.80

Z jednej strony soczewki skupiającej o ogniskowej f ustawiono prostopadłe do osi przedmiot, a z drugiej strony prostopadłe do osi ustawiono zwierciadło płaskie. Odległość zwierciadła od soczewki jest równa f .

- Narysuj obraz przedmiotu, gdy jego odległość od soczewki jest równa $1,5f$. Wskazówka: Do narysowania obrazu użyj dwóch promieni wychodzących z wierzchołka przedmiotu – równoległego do osi soczewki i przechodzącego przez jej ognisko.
- Oblicz odległość obrazu od soczewki i jego powiększenie.
- Zbadaj, czy zmiana odległości przedmiotu od soczewki zawartej w przedziale $f < x < 2x$ wpłynie na powiększenie obrazu.

Zadanie 12.81

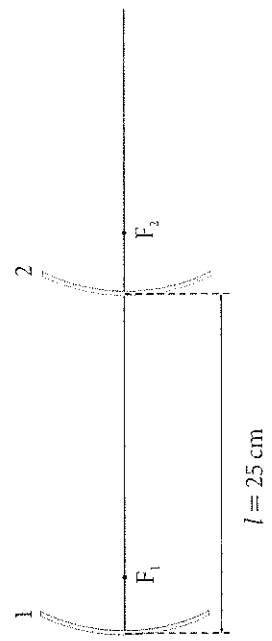
Świecący drucik umieszczono przed soczewką skupiającą tak, by jego obraz po przejściu promieni przez soczewkę był rzeczywisty. Następnie za obrazem ustawiono zwierciadło kuliste wklęsłe. Ogniska soczewki F_1 i zwierciadła F_2 są położone tak, jak pokazano na rysunku.



Narysuj bieg promieni od drucika do powtórnego ich przejścia przez soczewkę (po odbiciu od zwierciadła). Podaj cechy obrazów powstałych na każdym etapie konstrukcji.

Zadanie 12.82

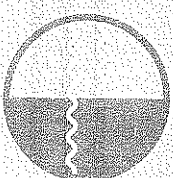
Na ławie optycznej umieszczono dwa zwierciadła kuliste: jedno wklęsłe (1), drugie wypukłe (2). Promień krzywizny każdego zwierciadła wynosi 8 cm, a odległość między ich wierzchołkami jest równa 25 cm.



- Podaj, w jakiej odległości od zwierciadła 1 należy pomiędzy zwierciadłami umieścić przedmiot, aby zwierciadło kuliste wkleśłe utworzyło cztery razy powiększony obraz.
- Narysuj obrazy przedmiotu w obu zwierciadłach i podaj ich cechy.
- Oblicz, w jakiej odległości od siebie znajdują się obrazy z punktu b).
- Oblicz, ile razy przedmiot został pomniejszony przez zwierciadło kuliste wypukłe.

Zadanie 12.83

Układ optyczny stanowią ustawione blisko siebie dwie soczewki skupiające: jedna o ogniskowej 25 cm, druga jest soczewką dwuwypukłą o promieniach krzywizn $r_1 = 10 \text{ cm}$ i $r_2 = 15 \text{ cm}$. Krzywiznę o większym promieniu pokryto posrebrzoną folią tak, że stała się zwierciadłem wklęsłym. Oblicz współczynnik załamania drugiej soczewki, wiedząc, że zdolność skupiająca całego układu wynosi 38 D.



Dyfrakcja i interferencja

Stała: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Zadanie 13.1

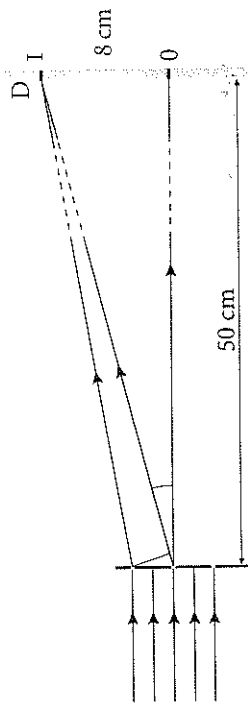
Oblicz długość fali światła laserowego, które po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną daje na ekranie tylko prążki I i II rzędu. Stała siatki $a = 0,0025$ mm, sinus kąta ugięcia dla prążka II rzędu wynosi 0,6.

Zadanie 13.2

Wykonano doświadczenie na wzór doświadczenia Younga, w którym użyto światła monochromatycznego o długości fali 600 nm. Oblicz liczbę prążków otrzymanych na ekranie, po przejściu światła przez szczeliny. Odległość między szczelinami wynosi $a = 2 \mu\text{m}$.

Zadanie 13.3

Rysunek przedstawia przejście promieni przez środek siatki dyfrakcyjnej (proporcje nie są zachowane).



Oblicz:

- kąt między kierunkiem pierwotnym wiązki i promieniem, który w wyniku interferencji z pozostałymi promieniami daje prążek pierwszego rzędu.
- długość fali światła padającego na siatkę dyfrakcyjną, jeśli odległość między szczelinami $a = 2,5 \mu\text{m}$.

Zadanie 13.4

Na siatkę dyfrakcyjną mającą 400 rys na 1 mm pada prostopadle wiązka światła monochromatycznego. Na ekranie odległym o 20 cm od siatki widoczne są prążki interferencyjne I, II i III rzędu. Oblicz długość fali padającego światła, jeżeli odległość między prążkami III rzędu wynosi 19,2 cm.

Zadanie 13.5

Na siatkę dyfrakcyjną pada prostopadle wiązka światła o długości fali $\lambda = 490$ nm i daje na ekranie 9 prążków. Oblicz długość fali światła monochromatycznego, które po przejściu przez tę siatkę daje na ekranie tylko 7 prążków, przy czym kąt między kierunkiem pierwotnym wiązki i promieniem, który w wyniku interferencji daje prążek maksymalnego rzędu, w obu przypadkach jest taki sam.

Zadanie 13.6

Siatka dyfrakcyjna ma 250 rys na jednym milimetrze. Na siatkę pada prostopadle równoległa wiązka światła żółtego o długości fali 590 nm. Oblicz:

- stałą siatki dyfrakcyjnej,
- kąty, dla których wystąpią na ekranie jasne prążki I i II rzędu,
- maksymalny rząd prążków, które zobaczymy na płaskim ekranie o takiej szerokości, że mogą się na nim znaleźć prążki ugięte najwyżej pod kątem 60° ,
- kąt, pod którym zaobserwujemy ostatni widoczny na ekranie prążek.

Zadanie 13.7

W doświadczeniu Younga dwie szczeliny są od siebie odległe o $d = 0,2$ mm, a odległość szczył lin od ekranu $D = 80$ cm. Wyprowadź wzór na wzajemną odległość Δy sąsiednich jasnych prążków otrzymanych na ekranie, gdy szczeliny oświetlone są światłem:

- czerwonym o długości fali $\lambda_{cz} = 650$ nm,
- żółtym o długości fali $\lambda_z = 590$ nm.
- Z wyprowadzonego wzoru wywnioskuj, jak wzajemna odległość sąsiednich prążków zależy od odległości między szczelinami.

Zadanie 13.8

W powietrzu na siatkę dyfrakcyjną mającą 500 rys na 1 mm pada prostopadle wiązka światła o długości 550 nm.

- Oblicz kąt między kierunkiem pierwotnym wiązki i promieniem, który w wyniku interferencji z promieniami od pozostałych szczelin daje prążek II rzędu.

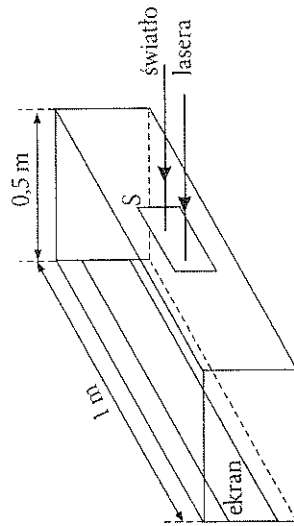
Gdy siatkę dyfrakcyjną zanurzano w wodzie, to na ekranie (o pewnej szerokości) otrzymano w sumie 7 prążków dyfrakcyjnych.

- Oblicz kąt ugięcia dla ostatniego prążka widocznego blisko brzegu ekranu. Szybkość rozchodzenia się światła w wodzie jest równa $2,25 \cdot 10^8$ m/s.

Zadanie 13.9

Światło o długości fali równej w przybliżeniu 633 nm, wysyłane przez laser helowo-neonowy, pada prostopadle na siatkę dyfrakcyjną S umocowaną na środku wewnętrznej ścianki pustego akwarium. Do przeciwległej ścianki akwarium przyklejono na wysokości siatki ekran z kalki technicznej pokrywający całą szerokość ścianki. Siatka ma 200 rys na 1 mm. Rozmiary akwarium są widoczne na rysunku. Oblicz:

- stałą siatki dyfrakcyjnej w mikrometrach,



- b) odległość od prążka zerowego obserwowanych na ekranie jasnych prążków I rzędu,
c) liczbę wszystkich jasnych prążków obserwowanych na ekranie.
Następnie akwarium wypełniono wodą.

d) Opisz, jak ten fakt wpłynął na obraz interferencyjny (układ prążków) na ekranie; podaj uzasadnienie. Szybkość światła w wodzie jest równa $2,25 \cdot 10^8$ m/s.

e) Oblicz, w jakiej odległości od prążka zerowego wystąpią teraz jasne prążki I rzędu.

f) Oblicz maksymalny rząd widocznego na ekranie jasnego prążka.

Zadanie 13.10

Blonkę mydlaną utrzymującą się na pierścieniu drutu (na skutek napięcia powierzchniowego) oświetlany prostopadłą wiązką światła żółtego o długości fali 590 nm. Oblicz najmniejszą i kolejną grubość blonki, jeśli w wyniku interferencji promieni odbitych od jej obu powierzchni otrzymujemy maksymalne wzmocnienie światła. Współczynnik załamania blonki jest równy 1,33.

Wskazówka: Jeśli światło pada na powierzchnię graniczną między dwoma ośrodkami o różnych współczynnikach załamania od strony ośrodka o mniejszym współczynniku załamania, to przy odbiciu następuje zmiana fazy o π , co odpowiada połowie długości fali.

Polaryzacja światła

Słota: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Zadanie 13.11

Wiązkę światła niebieskiego o długości fali 450 nm skierowano na powierzchnię wody pod takim kątem, aby wiązka odbita była całkowicie spolaryzowana. Oblicz kąt padania, jeżeli długość fali światła niebieskiego w wodzie wynosi 337,5 nm.

Zadanie 13.12

Wiązka światła pomarańczowego pada na kostkę z lodu. Oblicz kąt załamania wiązki w lodzie, jeżeli wiązka odbita jest całkowicie spolaryzowana. Szybkość światła pomarańczowego w lodzie wynosi $2,3 \cdot 10^8$ m/s.

Zadanie 13.13

Oblicz kąt między promieniem padającym a lustrem wody, jeżeli kąt między promieniem odbitym a załamany wynosi 90° , a szybkość światła w wodzie $2,25 \cdot 10^8$ m/s.

Zadanie 13.14

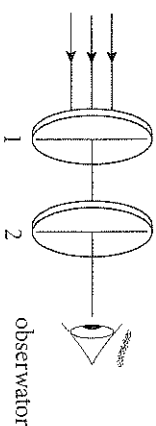
Wiązka światła, padając od strony pewnego ośrodka na powierzchnię zetknięcia z powietrzem pod kątem $27,76^\circ$, załamuje się w powietrzu pod kątem 90° . Oblicz:

- a) współczynnik załamania nieznanego ośrodka,
b) kąt Brewstera dla tego ośrodka.

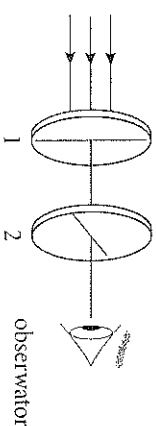
Zadanie 13.15

Dwa identyczne polaryzatory 1 i 2 są ustawione na wspólnej osi. Na polaryzator 1 pada wiązka światła niespolaryzowanego. Poniżej przedstawiono trzy przypadki:

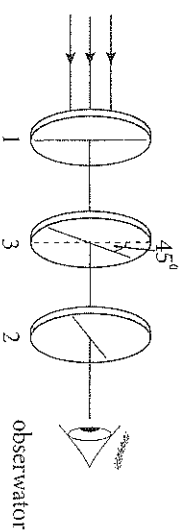
1. Płaszczyzny, w których polaryzatory polaryzują światło, są do siebie równoległe.



2. Płaszczyzny te są do siebie prostopadłe.



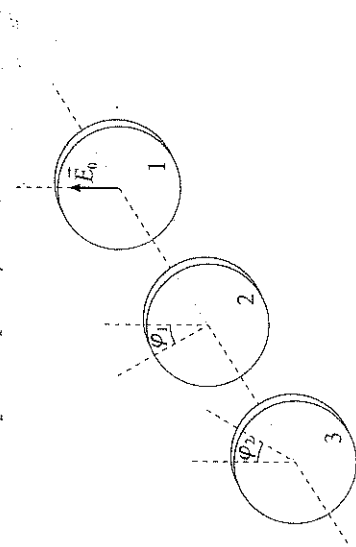
3. Pomiędzy polaryzatory 1 i 2, których kierunki polaryzacji są do siebie prostopadłe, wstawiono trzeci polaryzator (3), który przepuszcza drgania w kierunku tworzącym kąt 45° z kierunkami drgań w polaryzatorach 1 i 2.



- a) W każdym przypadku napisz, co zaobserwuje obserwator (pole widzenia: jasne, częściowo rozjaśnione czy ciemne).
b) Polaryzator 3 obracamy wokół wspólnej osi. Napisz, co zaobserwuje obserwator, gdy kierunki drgań w polaryzatorach 1 i 3 są do siebie
 • równoległe,
 • prostopadłe.
c) Zbadaj, przy jakim kącie między płaszczyznami drgań w polaryzatorach 1 i 3 światło wychodzące z polaryzatora 2 ma największe natężenie. Wykonaj odpowiedni rysunek i przedstaw potrzebne obliczenia.
d) Odpowiedz na pytanie: Ile razy podczas obrotu polaryzatora 3 o kąt pełny natężenie światła wychodzącego z polaryzatora 2 będzie największe?

Zadanie 13.16

Trzy idealne polaryzatory (1, 2, 3) ustawiono jeden za drugim tak, że ich środki znajdują się na jednej prostej. Wiązka światła niespolaryzowanego pada na pierwszy polaryzator, który przepuszcza w płaszczyźnie pionowej drgania o amplitudzie $\vec{E}_0$. Płaszczyzna drgań w polaryzatorze 2 jest skrócona od płaszczyzny pionowej w lewo o kąt $\varphi_1 = 30^\circ$, a płaszczyzna drgań w polaryzatorze 3 w prawo o kąt $\varphi_2 = 30^\circ$ (patrz rysunek).



- Oblicz amplitudę drgań światła wychodzącego z polaryzatora 3.
- Znajdź związek natężenia I światła wychodzącego z polaryzatora 3 z natężeniem I_0 światła przepuszczanego przez polaryzator 1.

Zadanie 13.17

Zadanie to stanowi kontynuację poprzedniego.

Na podstawie odpowiedniego rysunku (nie wykonując obliczeń) odpowiedz na pytanie, z czego wynika fakt, że obserwator patrzący w głąb układu polaryzatorów zobaczy ciemne pole widzenia zawsze, gdy suma kątów φ_1 i φ_2 jest równa 90° .

Zjawisko fotoelektryczne

Stałe: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Js, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C

Zadanie 13.18

Praca wyjścia elektronów z wolframowej płytki wynosi 4,5 eV. Oblicz najmniejszą częstotliwość promieniowania powodującego efekt fotoelektryczny i odpowiadającą jej długość fali.

Zadanie 13.19

Na wolframową płytkę pada fala elektromagnetyczna o długości 250 nm, powodując zjawisko fotoelektryczne. Oblicz maksymalną energię kinetyczną elektronów wybitych z płytki. Praca wyjścia elektronów z wolframowej płytki wynosi $7,2 \cdot 10^{-19}$ J. Wynik podaj w J i eV.

Zadanie 13.20

Kwant promieniowania elektromagnetycznego ma energię 3 eV.

- Oblicz długość fali tego promieniowania. Czy jest to promieniowanie widzialne?
- Oblicz (w elektronowoltach) energię kwantu promieniowania ze środka zakresu widzialnego, tzn. dla długości fali $\lambda = 550$ nm.

Zadanie 13.21

Na płytkę z niklu padają fotony o energii 6,2 eV i wybijają elektrony, nadając im pewną szybkość. Gdy zwiększono trzy razy energię padających fotonów, stwierdzono, że maksymalna energia kinetyczna fotoelektronów wzrosła czterokrotnie. Oblicz:

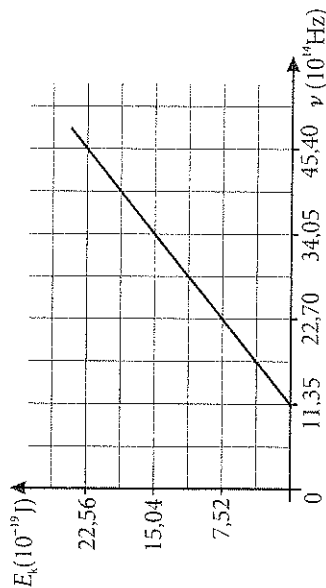
- pracę wyjścia dla niklu, wynik podaj w J i eV,
- maksymalną szybkość fotoelektronów dla fotonów o energii 6,2 eV.

Zadanie 13.22

Promieniowanie padające na platynową katodę fotokomórki wybija z niej elektrony. Maksymalna szybkość fotoelektronów jest równa $4,47 \cdot 10^5$ km/s. Oblicz długość fali promieniowania padającego na katodę, jeżeli maksymalna długość fali wywołująca zjawisko fotoelektryczne wynosi 225 nm.

Zadanie 13.23

Na kółku fizycznym uczniowie wykonali doświadczenie mające na celu badanie zjawiska fotoelektrycznego i doświadczalne wyznaczenie stałej Plancka. Na podstawie otrzymanych wyników sporządzili wykres zależności energii kinetycznej elektronów opuszczających powierzchnię pewnego metalu od częstotliwości padającego promieniowania.



- Korzystając z wykresu, wyznacz wartość stałej Plancka, otrzymaną w tym doświadczeniu.
- W kolejnych punktach odczytaj stałą Plancka z tablic i oblicz:
 - pracę wyjścia elektronów z płytki. Wynik podaj w J i eV.
 - maksymalną długość fali wywołującej zjawisko fotoelektryczne dla tego metalu.

Zadanie 13.24

Powierzchnię pewnego metalu oświetlono kolejno dwiema wiązkami światła o długościach fal $\lambda_1 = 250 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 260 \text{ nm}$. Oblicz:

- maksymalne szybkości fotoelektronów v_1 i v_2 opuszczających powierzchnię metalu, oświetlonego światłem o podanych długościach fal, jeśli wiadomo, że $v_2 = 0,25 v_1$,
- pracę wyjścia elektronów z płytki. Wynik podaj w J i eV.

Zadanie 13.25

Na katodę fotokomórki z cezu pada promieniowanie o długości fali 320 nm . Oblicz pracę wyjścia elektronu z cezu, jeśli po przyłożeniu napięcia hamującego $1,74 \text{ V}$ prąd w obwodzie fotokomórki przestaje płynąć. Wynik podaj w J.

Zadanie 13.26

Graniczna długość fali, dla której zachodzi fotoefekt wynosi 380 nm . Oblicz, jakie napięcie hamujące należy przyłożyć do elektrod fotokomórki oświetlonej światłem o częstotliwości 10^{15} Hz , aby prąd w obwodzie przestał płynąć.

Zadanie 13.27

Praca wyjścia dla cezu wynosi $1,9 \text{ eV}$. Oblicz:

- graniczną długość fali dla zjawiska fotoelektrycznego dla tego metalu,
- maksymalną szybkość elektronów opuszczających cezową katodę fotokomórki, na którą pada promieniowanie fioletowe o długości fali 400 nm ,
- napięcie hamowania w przypadku opisanym w punkcie b).

Zadanie 13.28

Jeśli katodę fotokomórki oświetlono promieniowaniem o długości fali λ , to prąd w obwodzie przestał płynąć przy napięciu hamującym $1,55 \text{ V}$. Gdy na katodę skierowano światło o fali dłuższej o $0,25$ długości początkowej, napięcie hamujące wynosiło $0,3 \text{ V}$. Oblicz:

- początkową długość fali,
- pracę wyjścia elektronów z katody fotokomórki.

Zadanie 13.29

Jeśli na katodę fotokomórki skierowano promieniowanie o częstotliwości $1,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$, to prąd w obwodzie fotokomórki przestał płynąć przy napięciu hamującym $0,26 \text{ V}$. Oblicz:

- długość fali promieniowania, które należy skierować na tę katodę, aby napięcie hamujące, przy którym prąd w obwodzie fotokomórki przestaje płynąć, wynosiło $1,50 \text{ V}$,
- pracę wyjścia elektronów z katody. Wynik podaj w J i eV.

Zadanie 13.30

Praca wyjścia dla srebra ma tak dużą wartość, że zjawisko fotoelektryczne na tym metalu zachodzi dopiero dla dalekiego ultrafioletu. W laboratorium fizycznym wykonano doświad-

czenie, w którym oświetlano srebrną fotokatodę kolejno promieniowaniem o długości fali λ_1 i λ_2 , i w każdym przypadku mierzono napięcie hamowania, otrzymując wyniki U_1 i U_2 .

- Wykaż, że znając te wielkości, można wyznaczyć stałą Plancka h i pracę wyjścia W dla srebra z następujących wzorów:

$$h = \frac{e\lambda_1\lambda_2(U_1 - U_2)}{c(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

$$W = \frac{e(U_1\lambda_1 - U_2\lambda_2)}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

- Podstaw do tych wzorów zmierzone w laboratorium wartości liczbowe: $\lambda_1 = 150 \text{ nm}$, $U_1 = 3,6 \text{ V}$, $\lambda_2 = 250 \text{ nm}$, $U_2 = 0,3 \text{ V}$.

- Założmy, że długość fali zmierzono z bardzo dużą dokładnością, a napięcie mierzone z dokładnością do $0,1 \text{ V}$. Oblicz maksymalną i minimalną wartość stałej Plancka (które można było otrzymać w najmniej korzystnych przypadkach) oraz maksymalną niepewność bezwzględną Δh . Oblicz niepewność względną pomiaru w procentach.
- Oblicz graniczną długość fali (stanowiącą próg zjawiska fotoelektrycznego) dla metalu, którego praca wyjścia jest równa $4,7 \text{ eV}$. Przyjmij wartość stałej Plancka obliczoną w punkcie b) zadania.

Zadanie 13.31

Płytkę cynkowa, oświetlona promieniowaniem z łuku węgłowego zawierającym ultrafiolet, ładuje się wskutek utraty elektronów do pewnego maksymalnego potencjału dodatniego.

- Podaj wyjaśnienie tego faktu.
- Oszacuj maksymalny potencjał płytki, przyjmując, że długość fali promieniowania ultrafioletowego, które na nią pada, jest równe 300 nm . Praca wyjścia dla cynku wynosi $3,74 \text{ eV}$.

Model Bohra

Stale: $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ 1/m}$, $E_1 = -13,6 \text{ eV}$

Zadanie 13.32

Atom wodoru wyemitował kwant o długości fali 486 nm . Korzystając ze wzoru Balmera, oblicz główną liczbę kwantową stanu, do którego nastąpiło wzbudzenie, jeśli emisja wystąpiła w wyniku powrotu do stanu podstawowego.

Zadanie 13.33

Korzystając z uogólnionego wzoru Balmera, oblicz najmniejszą długość fali (granicę serii) odpowiadającą linii widmowej serii:

- Bracketta ($k = 4$),
- Pfunda ($k = 5$).

Zadanie 13.34

Oblicz, na której orbicie w atomie wodoru moment pędu elektronu ma wartość równą w przybliżeniu $4,22 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$.

Zadanie 13.35

Oblicz różnicę wartości momentu pędu elektronu na czwartej i drugiej orbicie w atomie wodoru.

Zadanie 13.36

Oblicz promień pierwszej orbity elektronowej w atomie wodoru.

Zadanie 13.37

Oblicz wartości energii całkowitej elektronu na orbitach: 2, 3, 4, 6.

Zadanie 13.38

Elektron przyskakuje z orbity czwartej na drugą. Oblicz zmianę energii:

- potencjalnej tego elektronu,
- kinetycznej tego elektronu.

Zadanie 13.39

Oblicz energię fotonu emitowanego przy przejściu elektronu w atomie wodoru z orbity:

- piątej na trzecią,
- szóstej na drugą.

Zadanie 13.40

Energia fotonu wyemitowanego przez atom wodoru podczas przeskoku elektronu na drugą orbitę wynosiła 2,856 eV. Oblicz numer orbity, z której przeskoczył elektron.

Zadanie 13.41

Oblicz pęd fotonu emitowanego przy przejściu elektronu w atomie wodoru z orbity:

- czwartej na trzecią,
- piątej na drugą.

Zadanie 13.42

Pęd fotonu wyemitowanego przez atom wodoru podczas przeskoku elektronu na trzecią orbitę wynosił około $6,052 \cdot 10^{-28} \text{ kgm/s}$. Oblicz numer orbity, z której przeskoczył elektron.

Zadanie 13.43

Oblicz najmniejszą energię, którą musiał pochłoniąć atom, jeśli nastąpił w nim przeskok elektronu z orbity:

- pierwszej na czwartą,
- trzeciej na piątą.

Zadanie 13.44

Oblicz długość fali promieniowania emitowanego przez atom wodoru podczas przeskoku elektronu z orbity:

- szóstej na drugą,
- piątej na pierwszą.

Zadanie 13.45

Długość fali promieniowania emitowanego przez atom wodoru podczas przeskoku elektronu na drugą orbitę wynosi około 486 nm. Podaj, której linii serii Balmera odpowiada ta długość fali.

Zadanie 13.46

Oblicz częstotliwość promieniowania odpowiadającego:

- trzeciej linii serii Lymana,
- pierwszej linii serii Bracketta, w widmie wodoru.

Zadanie 13.47

Częstotliwość promieniowania emitowanego przez atom wodoru podczas przeskoku elektronu na czwartą orbitę wynosi $1,142 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Oblicz numer orbity, z której przeskoczył elektron.

Zadanie 13.48

Oblicz najmniejszą długość fali promieniowania elektromagnetycznego, jakie może wyemitować atom wodoru. W wyniku jakiego zjawiska jest emitowane takie promieniowanie?

Zadanie 13.49

Zbadaj, czy atom wodoru może emitować mikrofałę, tzn. fale elektromagnetyczne o długości rzędu 1 cm. Oszacuj, z jakim przejściem elektronu w atomie tego pierwiastka mogłaby się wiązać emisja takiego promieniowania, jeśli założymy, że przejście następowałoby między sąsiednimi poziomami energetycznymi.

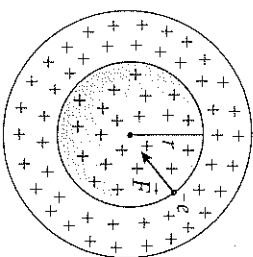
Zadanie 13.50

Na początku XX w. J. J. Thomson stworzył model atomu zwany modelem „ciasta z rodzynkami”, według którego ładunek dodatni w atomie rozłożony jest równomiernie w małym obszarze kulistym, a elektrony osadzone są w nim jak rodzynki w ciście.

- Przyjmując za promień atomu wodoru promień pierwszej orbity elektronowej (według modelu Bohra), tzn. $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$, oblicz gęstość objętościową dodatniego ładunku w atomie wodoru (według modelu Thomsona). Pamiętaj, że atom jest obojętny elektrycznie.

- b) Wykaż, że elektron, który znalazłby się w takim atomie jako „rodzynnek”, wykonywałby drgania harmoniczne.

Wskazówka: Na ładunek punktowy wewnątrz naładowanej kuli (z jednakową w każdym punkcie gęstością objętościową ρ) działa w odległości r od środka kuli siła elektryczna pochodząca tylko od ładunku znajdującego się w kuli o promieniu r (patrz rysunek).



- c) Oszacuj rząd wielkości okresu drgań. Wynik porównaj z okresem obiegu elektronu wokół jądra po pierwszej orbicie według modelu Bohra.

Fale de Broglie'a

Stale: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ kg, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Js

Zadanie 13.51

Oblicz wartość pędu i energię kinetyczną elektronu, któremu odpowiada długość fali $\lambda = 0,086$ nm.

Zadanie 13.52

Energia kinetyczna protonu wynosi $8,36 \cdot 10^{-20}$ J. Oblicz jego długość fali de Broglie'a.

Zadanie 13.53

Porównaj długości fal de Broglie'a odpowiadające dwóm cząstkom o masach $m_1 = m$ i $m_2 = 400m$, o takich samych energiach kinetycznych.

Zadanie 13.54

Oblicz, jak zmieni się długość fali de Broglie'a protonu, jeżeli:

- jego pęd wzrośnie 4 razy,
- jego energia kinetyczna zmaleje 2 razy,
- napięcie przyspieszające proton wzrośnie czterokrotnie.

Zadanie 13.55

Oblicz, jakim napięciem została przyspieszona cząstka alfa ze stanu spoczynku, jeśli odpowiadająca jej długość fali wynosi $5 \cdot 10^{-14}$ m ($m_\alpha = 4m_p$, $q_\alpha = 2q_p$).

Zadanie 13.56

Proton porusza się po okręgu w jednorodnym polu magnetycznym, którego indukcja ma wartość 0,01 T. Oblicz średnicę okręgu, jeżeli długość fali protonu wynosi $9,9 \cdot 10^{-13}$ m.

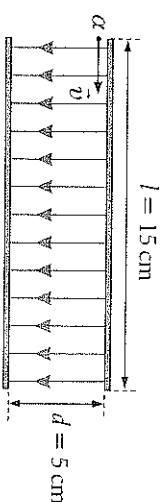
Zadanie 13.57

Elektron porusza się w jednorodnym polu elektrostatycznym wzdłuż linii pola między punktami A i B ruchem jednostajnie przyspieszonym z $v_0 = 0$. Punkty A i B znajdują się w odległości 4 mm od siebie. Oblicz:

- różnicę potencjałów między tymi punktami, jeżeli po przebyciu drogi 1 mm elektron uzyskał szybkość 10^6 m/s,
- pęd elektronu w punkcie B i odpowiadającą mu długość fali de Broglie'a.

Zadanie 13.58

W polu elektryczne wytworzone wewnątrz kondensatora płaskiego wpadła cząstka alfa z prędkością o wartości $0,25 \cdot 10^5$ m/s prostopadle do linii pola, tak jak pokazuje rysunek.



Oblicz:

- wartość przyspieszenia cząstki alfa, jeżeli napięcie między okładkami wynosi 150 V,
- o ile procent zmaleje długość fali de Broglie'a cząstki alfa po przejściu przez pole elektryczne.

Promieniowanie rentgenowskie

Stale: $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Js

Zadanie 13.59

Pęd fotonu promieniowania rentgenowskiego ma wartość $2,21 \cdot 10^{-25}$ kg m/s. Oblicz długość fali fotonu oraz jego energię. Wynik energii podaj w keV.

Zadanie 13.60

Oblicz wartość pędu fotonu promieniowania rentgenowskiego, którego częstotliwość wynosi $0,5 \cdot 10^{19}$ Hz.

Zadanie 13.61

Powstające w lampie rentgenowskiej kwanty mają różne energie, więc widmo rentgenowskiego promieniowania hamowania jest ciągłe. Ma ono jednak wyrażną **krótkofalową granicę**.

- Wyjaśnij, dlaczego widmo rentgenowskiego promieniowania hamowania jest ograniczone od strony fal krótkich. Odpowiedz na pytanie, od czego zależy graniczna, minimalna długość fali tego promieniowania.
- Promieniowanie o długości fali równej 1 nm to bardzo długofalowe promieniowanie rentgenowskie (graniczące z ultrafioletem). Oblicz szybkość elektronów, które zderzając się z przeszkodą, mogą wytworzyć promieniowanie hamowania o takiej granicy krótkofalowej.
- Oblicz napięcie przyspieszające potrzebne do nadania elektronom takiej szybkości.

Zadanie 13.62

Oblicz napięcie między katodą i anodą lampy rentgenowskiej, jeżeli fotony promieniowania tej lampy mają częstotliwości nie większe niż $1,9 \cdot 10^{19}$ Hz.

Zadanie 13.63

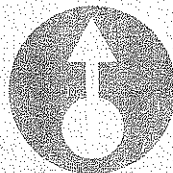
Między katodę i anodę lampy rentgenowskiej przyłożono napięcie 50 kV. Oblicz wartość maksymalnego pędu i odpowiadającą mu długość fali fotonu promieniowania rentgenowskiego z tej lampy.

Zadanie 13.64

Graniczna częstotliwość fali widma promieniowania rentgenowskiego z pewnej lampy wynosi $3 \cdot 10^{17}$ Hz. Oblicz maksymalną szybkość elektronów hamowanych na anodzie.

Zadanie 13.65

Wiązka promieniowania rentgenowskiego o długości fali 0,0712 nm w kryształku soli (chlorek sodu) uległa dyfrakcji. Na ekranie otrzymano II rząd refleksu. Oblicz stałą sieci chlorku sodu, jeżeli kąt odbłyску wynosi $14^\circ 36'$.



Zadanie 14.1

Koncentracja elektronów w przewodniku jest równa n , jego opór właściwy ρ , a pole poprzecznego przekroju S . Wyprowadź związek między szybkością v uporządkowanego ruchu elektronów wzdłuż przewodnika:

- a) natężeniem prądu I w przewodniku,
- b) a wartością natężenia pola elektrycznego E w przewodniku,
- c) oraz między wartością natężenia pola E i natężeniem prądu.

Zadanie 14.2

W aluminium przewodnik o średnicy $2r = 1$ mm płynie prąd o natężeniu $I = 0,8$ A. Opór właściwy aluminium $\rho = 2,7 \cdot 10^{-8}$ Ω m. Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w przewodniku.

Zadanie 14.3

Część obwodu, w którym płynie prąd, stanowią dwa miedziane przewodniki o różnych grubościach, połączone z sobą szeregowo. Pola ich poprzecznych przekrojów są równe S_1 i $S_2 = 2S_1$. Oblicz stosunek:

- a) koncentracji elektronów swobodnych w tych przewodnikach ($n_1 : n_2$),
- b) natężeń prądu w przewodnikach ($I_1 : I_2$),
- c) szybkości uporządkowanego ruchu elektronów w przewodnikach ($v_1 : v_2$),
- d) wartości natężeń pól elektrycznych w przewodnikach ($E_1 : E_2$).

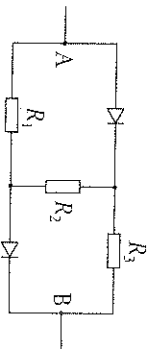
Zadanie 14.4

W miedzianym przewodniku o przekroju $S = 1$ mm² płynie prąd o natężeniu $I = 0,5$ A. Gęstość miedzi $d = 8,9 \cdot 10^3$ kg/m³, jej masa molowa $\mu = 63,6$ g/mol, a opór właściwy $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ω m. Oblicz:

- a) koncentrację elektronów swobodnych w miedzi, (wskazówka: koncentracja elektronów jest równa liczbie atomów miedzi w jednostce objętości),
- b) szybkość uporządkowanego ruchu elektronów wzdłuż przewodnika,
- c) wartość natężenia pola elektrycznego w przewodniku.

Zadanie 14.5

Z trzech oporników o oporach $R_1 = 0,3$ k Ω , $R_2 = 1,2$ k Ω i $R_3 = 0,4$ k Ω oraz z dwóch idealnych diod¹ zbudowano obwód, którego schemat jest pokazany na rysunku. Do punktów A i B doprowadzono stałe napięcie $U = 15$ V, ale



- a) w pierwszym przypadku (I) punkt A dołączono do bieguna + źródła,
- b) w drugim przypadku (II) punkt A dołączono do bieguna - źródła.

¹ Idealna dioda to taka, której opór w kierunku przewodzenia jest równy zeru, a w kierunku zaporowym jest nieskończenie duży.

- a) Narysuj w przypadkach I i II schematy równoważnych obwodów zawierających tylko oporniki. Napisz, jak odbiorniki są ze sobą połączone w każdym z tych przypadków.

- b) Oblicz natężenia prądów w każdym oporniku w przypadkach I i II.

- c) Oblicz moc całkowitą obwodu w przypadkach I i II.

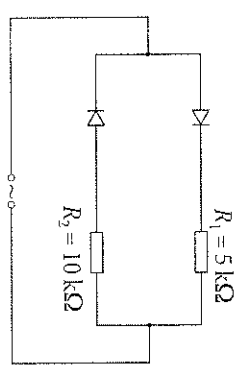
Zadanie 14.6

W pewnym odbiorniku w czasie t_1 wydzieliła się moc P_1 , a następnie w czasie t_2 – moc P_2 . Wyprowadź wzór na średnią moc, która wydzieliła się w tym odbiorniku w całym przedziale czasu.

- b) Podaj postać tego wzoru w przypadku, gdy $t_1 = t_2$.
- c) Podaj postać tego wzoru w przypadku, gdy w obu kolejnych odstępach czasu (w których moc odbiornika wynosiła P_1 i P_2) każdemu odbiornikowi dostarczono taką samą energię elektryczną.

Zadanie 14.7

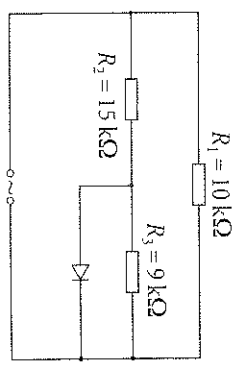
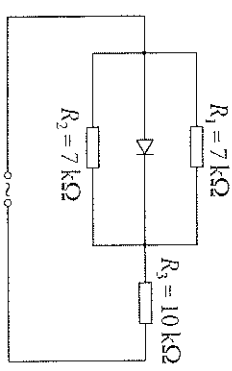
Układ oporników i idealnych diod przedstawiony na rysunku dołączono do źródła napięcia sinusoidalnie zmiennego.



Oblicz średnią moc skuteczną tego układu, jeśli napięcie skuteczne źródła jest równe 230 V.

Zadanie 14.8

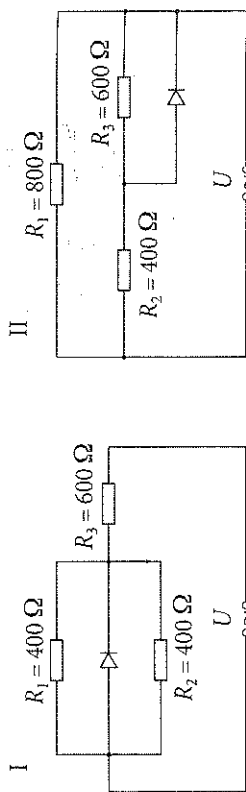
Na rysunkach a) i b) przedstawiono układy oporników z idealną diodą, dołączone do źródła sinusoidalnie zmiennego napięcia. Napięcie skuteczne jest równe 230 V.



Oblicz średnią moc skuteczną układów a) i b).

Zadanie 14.9

Na rysunkach I i II przedstawiono schematy obwodów z opornikami i idealną diodą, dołączonych do tego samego źródła napięcia sinusoidalnie zmiennego, tzn. do wtórnego uzwojenia transformatora.

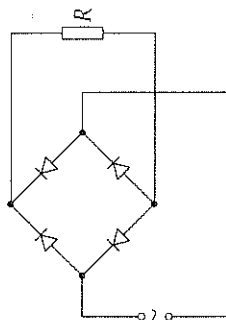


W obwodzie I w połowie okresu, w której dioda przewodzi prąd, natężenie skuteczne jest równe 40 mA. Oblicz:

- napięcie skuteczne źródła,
- skuteczne natężenia prądów w obu półoknach okresu w obwodzie II,
- średnią moc skuteczną obwodów I i II.

Zadanie 14.10

Na rysunku poniżej przedstawiono obwód elektryczny, w którym układ czterech diod tworzy tzw. mostek Graetza.



- Wyznacz kierunek prądu przepływającego przez opornik R .
- Na wykresie przedstaw przebieg zmian napięcia na końcach opornika w zależności od czasu, jeśli obwód jest zasilany ze źródła napięcia przemiennego.
- Na podstawie otrzymanego wykresu określi, na czym polega prostowanie dwupółkowe.

Zadanie 14.11

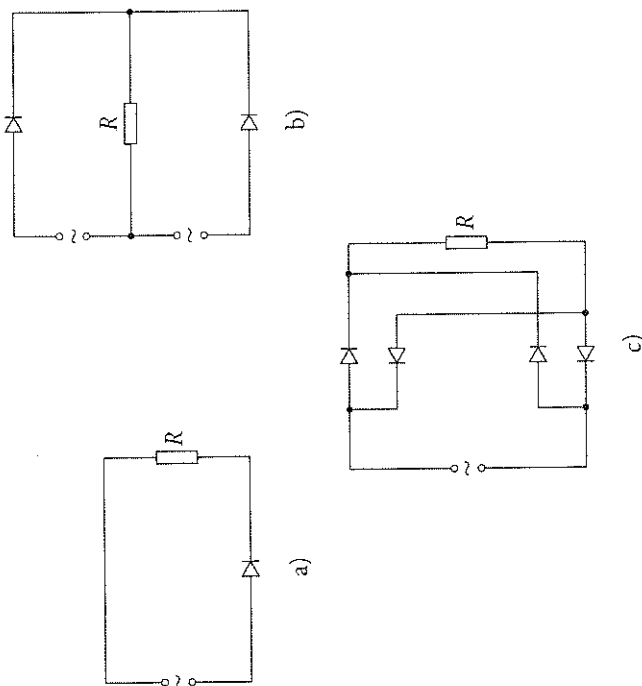
Przedstaw na wykresach przebieg zmian natężenia prądu w zależności od czasu w odbiorniku zasilanym prądem przemiennym w wyniku prostowania:

- jednopołówkowego,
- dwupółkowego.

Oblicz w każdym przypadku natężenie skuteczne, wyrażając je przez wartość maksymalną $I_{\max}$ natężenia.

Zadanie 14.12

Wyznacz kierunek prądu płynącego przez odbiornik R w każdym z przypadków przedstawionych na poniższych schematach. Ustal, w którym obwodzie uzyskamy prostowanie jednopołówkowe, a w którym dwupółkowe.



Zadanie 14.13

Oblicz koncentrację jonów potasu (i chloru) w roztworze chlorku potasu, jeśli jego opór właściwy wynosi $7,36 \cdot 10^{-2} \Omega \text{m}$, a ruchliwość jonów potasu i chloru wynosi odpowiednio:

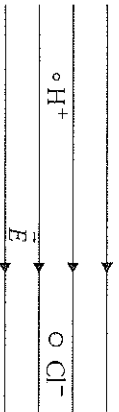
$$6,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}} \text{ i } 6,8 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$$

Zadanie 14.14

Współczynnik proporcjonalności b we wzorze na siłę oporu lepkiego cieczy ($F = -b\dot{v}$) jest większy dla dużych jonów (jest zrozumiałe, że na jony o większych rozmiarach poruszające się z taką samą szybkością działa większa siła oporu).

Wiadomo, że jony w elektrolizie poruszają się wzdłuż linii pola elektrycznego ze stałą szybkością dryfu wtedy, gdy siły elektryczne zostaną zrównoważone przez siły oporu lepkiego: $q\vec{E} = b\vec{u}$. Biorąc to pod uwagę, odpowiedz na następujące pytania:

- Czy siły oporu działające na jon wodoru i chloru (w roztworze kwasu solnego) będą równe?
- Czy równość $q\vec{E} = b\vec{u}$ oznacza, że średnie prędkości dryfu $\vec{u}$ wszystkich jonów zwrotne są zgodnie ze zwrotem natężenia pola elektrycznego $\vec{E}$?
- Naszkicuj siły działające na jon H^+ i Cl^- w polu elektrycznym o natężeniu $\vec{E}$ oraz prędkości tych jonów.



Odpowiedzi

7. Drgania i fale mechaniczne

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
6	7.2	$x(t) = 0,03 \sin \frac{8\pi}{3} t$ a) $A = 4 \text{ cm}$; $T = 6 \text{ s}$; b) $v_{\max} \approx 4,19 \text{ cm/s}$; $v_{\text{sk}} \approx 2,67 \text{ cm/s}$ c) $a_{\max} \approx 4,4 \text{ cm/s}^2$ d) $v_x(t) = 0,04 \frac{\pi}{3} \cos \frac{\pi}{3} t$; $a_x(t) = -0,04 \frac{\pi^2}{9} \sin \frac{\pi}{3} t$
6	7.3	$A = 1 \text{ mm}$; $v = 435 \text{ Hz}$; $T \approx 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
7	7.5	b) $v_{\max} = 0,87 \pi \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; c) $a_{\max} \approx 757 \pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 7470 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
7	7.6	a) $x_1(t) = 0,02 \text{ m} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} s^{-1} t \right)$; $x_2(t) = 0,04 \text{ m} \cdot t \sin \left(\frac{\pi}{60} s^{-1} t \right)$ b) $\frac{v_1}{v_2} = 30$; $\frac{v_{1\text{sk}}}{v_{2\text{sk}}} = 15$
7	7.7	a) $A \approx 6 \text{ cm}$; $v = 0,25 \text{ Hz}$; b) $a_x(t) = -14,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \sin \left(\frac{\pi}{2} s^{-1} t \right)$
8	7.8	$x = 1,5 \text{ cm}$
8	7.9	$t = 0,5 \text{ s}$
8	7.10	$v \approx 3,9 \text{ cm/s}$
8	7.11	a) $x_1(t) = A \sin \omega t$; $x_2(t) = A \cos \omega t$; b) $t = \frac{T}{8}$; $x_1 = x_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} A$ c) $v_{\text{wzgl.}} = \frac{2\sqrt{2}\pi A}{T}$
8	7.12	np. $x(t) = A \sin \left(\omega t + \frac{3\pi}{2} \right) = -A \cos \omega t$
8	7.13	a) $\Delta \varphi = \frac{\pi}{6}$; $\Delta \varphi = 30^\circ$; b) $\Delta \varphi = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$

Nr strony Nr zadania

Odpowiedź

8	7.14	a) $x_2 = \frac{A}{2}$
9	7.15	a) $\varphi_0 = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$; b) $t = 1 \text{ s}$
9	7.16	a) $t = \frac{T}{6}$; b) $v \approx 21,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
9	7.17	b) $T = \pi \text{ s}$; $\omega = 2 \text{ s}^{-1}$; $v_{\max} = 0,1 \text{ m/s}$ d) $x(t) = 0,05 \text{ m} \cdot \sin \left(2 \frac{1}{s} \cdot t + \pi \right)$
10	7.18	a) $y(0) \approx 8,7 \text{ cm}$; b) $v_y = -2,5 \pi \frac{\text{cm}}{\text{s}} \approx -7,85 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
10	7.19	a) $x(t) = 2 \text{ cm} \cdot \sin \left(0,5 \pi s^{-1} t + \frac{\pi}{3} \right)$ b) $v_x(t) = \pi \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} s^{-1} t + \frac{\pi}{3} \right)$; $v_x \approx 1,57 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
10	7.20	a) $x \approx 0,25 \text{ m}$
11	7.21	a) $T = 2 \text{ s}$; b) w punkcie R; c) $A \approx 5 \text{ cm}$; e) ciężar (Ziemia), siła sprężystości (sprężyna); siła wypadkowa jest zwrócona w dół.
11	7.22	$x = \pm \sqrt{\frac{2}{3}} A = \pm 3,3 \text{ cm}$
11	7.23	$\frac{E_k}{E_p} = 15$
11	7.24	$\frac{E_k}{E_c} = \frac{7}{16}$
11	7.25	$x = \pm 3 \text{ cm}$
12	7.26	b) $T \approx 1,1 \text{ s}$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
12	7.27	$\rho \approx 1231,5 \text{ kg/m}^3$
12	7.28	a) $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$
13	7.29	a) $\frac{T_2}{T_1} = 0,5$; b) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{5}}{2}$
13	7.30	$\frac{l_1}{l_2} = 4$
13	7.31	$l_1 = 32 \text{ cm}$; $l_2 = 8 \text{ cm}$
13	7.32	a) $l \approx 25 \text{ cm}$; b) $l \approx 9,6 \text{ cm}$
13	7.33	$\rho \approx 2,2 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$
13	7.34	a) $T \approx 2,18 \text{ s}$; b) $T \approx 2,95 \text{ s}$; c) $T \approx 2,43 \text{ s}$
13	7.35	a) $g \approx 10,28 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; c) $\Delta g \approx 0,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $\frac{\Delta g}{g} \approx 8\%$
14	7.36	$\Delta l \approx 3,6 \text{ cm}$
14	7.37	8 razy
14	7.38	$\frac{l_{\text{Cu}}}{l_{\text{Al}}} = 1,5$
14	7.39	$d_{\text{Cu}} = \sqrt{2} d_s$
14	7.40	$W = 87,5 \text{ J}$
14	7.41	$k = 8450 \text{ N/m}$
14	7.42	$h = 9 \text{ cm}$
14	7.43	$v = 2,4 \text{ m/s}$
15	7.44	a) zmaleje 4-krotnie; b) wzrośnie 4/3 razy
15	7.45	Częstość nie zmieni się, długość fali wzrośnie około 4,3 razy.

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
15	7.46	$\Delta t = 1,24 \text{ s}$
15	7.47	a) $v_f \approx 7,5 \text{ m/s}$; b) $v_{\text{max}} \approx 6,28 \text{ cm/s}$
15	7.48	a) $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 0,25$; b) $\frac{T_2}{T_1} = 0,25$; c) $\frac{v_2}{v_1} = 2$
15	7.49	$y = 0,006 \sin\left(\frac{5\pi t}{3} - \frac{25\pi x}{3}\right)$
15	7.50	$\nu = 32 \text{ Hz}$
16	7.51	$Z_P = 18 \text{ cm}$
16	7.52	W punkcie S_1 nastąpi wzmocnienie, w punkcie S_2 wygaszenie.
16	7.53	b) $\lambda = 2 \text{ cm}$; c) $\Delta \varphi = 5\pi$
16	7.54	a) wzmocnienie; b) wygaszenie
17	7.55	a) rys. 1 $\Delta \varphi = \frac{\pi}{3}$; rys. 2 $\Delta \varphi = \frac{2}{3}\pi$; c) okres jest taki sam
17	7.56	$A_w = \sqrt{3} \cdot A$
17	7.57	$A_w = \frac{1}{2}(2A) = A$
17	7.58	a) będzie maksymalna; b) i c) będzie równa zero
18	7.59	a) $\nu = 800 \text{ Hz}$; b) $\lambda = 42,5 \text{ cm}$
18	7.60	a) $d \approx 0,38 \text{ m}$; b) $\Delta \varphi \approx 0,5\pi$
18	7.61	$\frac{I_s}{I_p} = 100\,000$
18	7.62	$\Delta A = 5 \text{ B}$
18	7.63	$A = 120 \text{ dB}$
18	7.64	$\frac{I_2}{I_1} = 10^6$

Odpowiedź

Nr strony Nr zadania

18	7.63	$\frac{I_E}{I_A} = 2,56$
18	7.64	$P \approx 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ W}$
18	7.65	$P = 10^{-4} \text{ W}$
18	7.66	a) $I \approx 10^{-4} \text{ W/m}^2$; b) $\Lambda \approx 80 \text{ dB}$; c) $E_1 \approx 10^{-1} \text{ J}$; d) $E_2 \approx 8 \mu\text{J}$
19	7.67	a) $\lambda = 0,2 \text{ m}$; c) $\frac{I_1}{I_2} \approx 1,64$; $\frac{A_1}{A_2} = 1,28$
19	7.68	a) $\lambda = 0,3 \text{ m}$; c) $0,9 \text{ m} = 3\lambda$ d) $\Delta\nu \approx 367 \text{ Hz}$; e) $\nu_1 \approx 183 \text{ Hz}$, $\nu_2 = 550 \text{ Hz}$, $\nu_3 \approx 917 \text{ Hz}$
20	7.69	$\lambda = 28 \text{ cm}$
20	7.70	$\nu = 361,7 \text{ Hz}$
20	7.71	$\lambda = 66 \text{ cm}$; $\nu \approx 515 \text{ Hz}$
20	7.72	$\nu_1 = 1190 \text{ Hz}$, $\nu_2 = 476 \text{ Hz}$
20	7.73	$\nu = 50 \text{ Hz}$
20	7.74	$\nu = 340 \text{ Hz}$
21	7.75	$\Delta\nu \approx 30 \text{ Hz}$
21	7.76	$\nu \approx 690,5 \text{ Hz}$
21	7.77	$\nu = 5800 \text{ Hz}$
21	7.78	$\nu \approx 11\,829 \text{ Hz}$
21	7.79	a) $v \approx 20 \text{ m/s}$; b) $\nu \approx 4000 \text{ Hz}$
22	7.80	$\nu' \approx 10\,290 \text{ Hz}$; b) $\nu'' \approx 10\,230 \text{ Hz}$

8. Zjawiska termodynamiczne

Odpowiedź

Nr strony Nr zadania

24	8.1	a) $n = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ moli}$; b) $m \approx 5,3 \cdot 10^{-23} \text{ g}$; c) $N \approx 3,8 \cdot 10^{22}$
24	8.2	$\frac{T_{H_2}}{T_{H_1}} = 2:1$

Odpowiedź

Nr strony Nr zadania

24	8.3	a) $v_{\text{sk}} \approx 653,1 \text{ m/s}$; b) $E_{\text{kin}} \approx 1,13 \cdot 10^{-20} \text{ J}$
24	8.4	$\frac{N}{V} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{m}^3}$
24	8.5	a) $p \approx 2,66 \cdot 10^{-23} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$; b) gdy pada na ściankę pod kątem 0° $ \Delta\vec{p} = 5,32 \cdot 10^{-23} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
25	8.6	a) $\sqrt{v_{\text{itemu}}^2} \approx 478 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\sqrt{v_{\text{azotu}}^2} \approx 511 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; b) około 4,7
25	8.7	a) $\bar{E}_k \approx 6,06 \cdot 10^{-21} \text{ J}$; b) $N \approx 1,24 \cdot 10^{27}$; $N\bar{E}_k = 7,5 \text{ MJ}$
25	8.8	tak ($p_2 \approx 7814,3 \text{ hPa}$)
25	8.9	$t_2 = 29^\circ\text{C}$
26	8.10	$p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
26	8.11	$\frac{T_2}{T_1} = 1,6$
26	8.12	Gęstość gazu zmalała 1,5 raza.
26	8.13	Objętość wzrosła o 20%.
26	8.14	$h \approx 0,5 \text{ cm}$
26	8.15	a) $\frac{\Delta V}{V_1} \approx 0,014$; b) $\frac{\Delta V}{V_1} \approx 0,027$
27	8.16	$M \approx 0,28 \text{ kg}$
27	8.17	$m_{\text{itemu}} \approx 5,35 \text{ kg}$; $m_{\text{acylenu}} \approx 0,43 \text{ kg}$
27	8.18	b) $p_1 \approx 6925 \text{ hPa}$; $p_2 \approx 3462,5 \text{ hPa}$; $p_3 \approx 13\,850 \text{ hPa}$; $V_2 = V_3 = 12 \text{ dm}^3$; $T_2 = 250 \text{ K}$; $T_3 = 1000 \text{ K}$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź	Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
27	8.19	$P_1 = 1038,75 \text{ hPa}$ $V_1 = 1,2 \text{ dm}^3$ $T_1 = 120 \text{ K}$ $T_2 = 27^\circ \text{C}$ $T_3 = 87^\circ \text{C}$ $T_4 = 960 \text{ K}$	32	8.31	$Q \approx 15,6 \text{ MJ}$
28	8.20	a) $t = 27^\circ \text{C}$, b) $t = 127^\circ \text{C}$	32	8.32	$Q \approx -7271 \text{ J}$; $\Delta U \approx -5194 \text{ J}$; $W \approx 2078 \text{ J}$
28	8.22	a) $p \approx 1,06 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; b) $n_1/n_2 = 5:1$	32	8.33	$m \approx 20,3 \text{ g}$; $W = 6,24 \text{ kJ}$
29	8.23*	a) $T = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2} = 350 \text{ K}$ b) 1. $T = \frac{p_1 + p_2}{p_1 T_1 + p_2 T_2} \cdot T_1 T_2 \approx 338 \text{ K}$; 2. $T = \frac{2T_1 T_2}{T_1 + T_2} \approx 343 \text{ K}$ c) $p_{\text{lewni}} = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $p_{\text{zrotni}} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	32	8.34	$W = 156 \text{ kJ}$
29	8.24	a) $p_1 = p_2 \approx 400 \text{ hPa}$; $p_3 \approx 200 \text{ hPa}$; c) $Q_{1-2} \approx 12,5 \text{ kJ}$ $Q_{2-3} \approx -7,5 \text{ kJ}$; d) $W = 5 \text{ kJ}$	33	8.35	$\eta = \frac{1}{3} \approx 33,3\%$
29	8.25	a) $\Delta U \approx 1800 \text{ J}$; b) $W_1 = 75 \text{ J}$; c) $W_{\text{gazu}} \approx 2475 \text{ J}$ d) $Q \approx 4275 \text{ J}$; $\bar{C} = 29,6 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$	33	8.36	$Q = 1300 \text{ kJ}$
30	8.26	b) • 2 → 3; 4 → 5 • 1 → 2; 3 → 4 • nie ma takiej pojedynczej przemiany	33	8.37	$Q = 1200 \text{ J}$
30	8.27	a) $T = 450 \text{ K}$; b) $\Delta U = 3116,25 \text{ J}$ c) Przyrost energii wewnętrznej byłby taki sam.	33	8.38	$h = 336 \text{ m}$
30	8.28	a) $\frac{Q_{1-2-3}}{Q_{1-2-3}} = \frac{43}{35}$; b) $\Delta U_{1-2-3} = \Delta U_{1-3} \approx 22,44 \text{ kJ}$	34	8.39	$m \approx 5,4 \text{ kg}$
31	8.29	b) $\Delta U = -750 \text{ kJ}$; c) $W_1 = 200 \text{ kJ}$; $W_{II} = 150 \text{ kJ}$ $W_{III} = 100 \text{ kJ}$; $Q_1 = -950 \text{ kJ}$; $Q_{II} = -900 \text{ kJ}$; $Q_{III} = -850 \text{ kJ}$	34	8.41	a) $p_1 = 2493 \text{ hPa}$; $p_2 = 2p_1$; $V_3 = V_1$; $T_2 = 2T_1$; $p_3 = 2p_1$ $V_3 = 2V_1$; $T_3 = 4T_1$; $p_4 = p_1$; $V_4 = 2V_1$; $T_4 = 2T_1$ c) $Q_{\text{głównie}} \approx 47,4 \text{ kJ}$; $Q_{\text{odbiorek}} \approx 42,4 \text{ kJ}$; d) $W \approx 5 \text{ kJ}$; $\eta \approx 11\%$
31	8.30	b) $p_p = p_1$; $T_p = \frac{T_1}{3}$; $V_p = \frac{V_1}{3}$; d) $Q_{1-p} = -4155 \text{ J}$; $Q_{p-2} = 6232,5 \text{ J}$	35	8.42	a) $\eta \approx 14,3\%$; b) $W_{\text{gazu } 2-3} \approx 1974 \text{ J}$
				8.43	a) $T = \sqrt{T_1 T_3}$; b) $W_{\text{gazu}} = nRT_1 \left(\sqrt{\frac{T_3}{T_1}} - 1 \right)^2$ c) $T = 300 \text{ K}$; $W_{\text{gazu}} = 3324 \text{ J}$; d) $\eta \approx 22\%$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź	Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
44	9.15	$x = 12,75 \text{ cm}$			
44	9.16	a) $q_x \approx -1,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; b) $N = 0,4 \text{ N}$			
44	9.17	a) $E = \frac{8kQ}{d^2}$; b) $E = \frac{2kQd}{x^3}$; c) $E = \frac{kQd}{y^3}$	48	9.35	a) $Q_{\text{całk}} = 0$ b) $V_A = \frac{kQ}{R_1} + \frac{kQ}{R_3} - \frac{kQ}{R_2}$; $V_B = V_C = \frac{kQ}{R_3}$; $\Delta V = \frac{kQ}{R_1} - \frac{kQ}{R_2}$ c) $V_A = \frac{kQ}{R_1} - \frac{kQ}{R_2}$; $V_B = V_C = 0$; $\Delta V = \frac{kQ}{R_1} - \frac{kQ}{R_2}$
45	9.18	a) pionowy w górę; b) $E \approx 2500 \text{ N/C}$	49	9.36	a) $C_x = 3 \mu\text{F}$; b) $C_x = 4/3 \mu\text{F}$
45	9.19	a) $V = 0$; b) $V = -\frac{kQd}{x^2}$; c) $V = 0$	49	9.37	a) $C_x = 2,5 \text{ C}$; b) $C_x = 0,5 \text{ C}$; c) $C_x = 2 \text{ C}$
45	9.20	a) $E \approx 1,9 \cdot 10^6 \text{ N/C}$; $V = 2 \cdot 10^5 \text{ V}$; b) $E \approx 1,1 \cdot 10^6 \text{ N/C}$; $V = 0$	49	9.38	$Q_1 = Q_2 = 3000 \mu\text{C}$; $U_1 = 150 \text{ V}$; $U_2 = 60 \text{ V}$
45	9.21	a) zwrot pionowy w dół; $E = 900 \text{ N/C}$; b) $V = 0$ c) jednakowe dodatnie lub jednakowe ujemne, wartości dowolne; $V = \pm 3\sqrt{3} \frac{kQ}{a}$	49	9.39	$Q_1 = 600 \mu\text{C}$; $Q_2 = 1500 \mu\text{C}$; $U_1 = U_2 = 30 \text{ V}$ $Q_2 = 18 \mu\text{C}$
46	9.22	$E \approx 2,3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$; $V \approx 4,9 \cdot 10^5 \text{ V}$	49	9.41	a) $U_1 = \frac{10}{3} \text{ V}$; $U_2 = \frac{20}{3} \text{ V}$; $U_3 = 4 \text{ V}$; $U_4 = 6 \text{ V}$ b) $U_1 = 10 \text{ V}$; $U_2 = 0$; $U_3 = 4 \text{ V}$; $U_4 = 6 \text{ V}$
46	9.23	$E \approx 5,1 \cdot 10^6 \text{ N/C}$; $V \approx -2,54 \cdot 10^5 \text{ V}$			
46	9.24	a) $d = 6 \text{ cm}$; b) $V \approx 7 \text{ V}$	50	9.42	a) $C_0 = \frac{C}{\epsilon_r}$; b) $Q_0 = Q$; c) $U_0 = \epsilon_r U$; d) $E_0 = \epsilon_r E$; e) $W_0 = \epsilon_r W$
46	9.25	a) $d = 15 \text{ cm}$; b) $V \approx 2,4 \cdot 10^5 \text{ V}$			
47	9.26	a) $d_b \approx 4,1 \text{ cm}$; b) Taki punkt znajduje się w nieskończoności.	50	9.43	a) $C_0 = \frac{C}{\epsilon_r}$; b) $Q_0 = \frac{Q}{\epsilon_r}$; c) $U_0 = U$; d) $E_0 = E$; e) $W_0 = \frac{W}{\epsilon_r}$
47	9.27	$V = 5,7 \text{ V}$			
47	9.28	$W_{A \rightarrow B} \approx -1,05 \text{ J}$	50	9.44	a) $Q = Q_1 = Q_2 = 30 \mu\text{C}$; b) $U_1 = 30 \text{ V}$; $U_2 = 10 \text{ V}$ c) $\Delta Q = 54 \mu\text{C}$; $U_1' = 12 \text{ V}$; $U_2' = 28 \text{ V}$ d) $W = 6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$; $W' = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
47	9.29	$W_{A \rightarrow B} = 0,12 \text{ J}$			
47	9.30	$W_{\text{zewn. } B \rightarrow A} \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{ J}$			
47	9.31	$W_{A \rightarrow B} = \frac{2kq^2}{d}(\sqrt{3}-1)$	50	9.45	a) $Q_1 = 40 \mu\text{C}$; $Q_2 = 120 \mu\text{C}$; $Q_{\text{tot}} = 160 \mu\text{C}$ b) $\Delta Q = 240 \mu\text{C}$; c) $W = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$; $W' = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
47	9.32	a) $W_{A \rightarrow B} \approx 0,2 \text{ mJ}$; b) $V \approx 1200 \text{ J/C}$	50	9.46	a) $\text{rys. 1: } \frac{C}{C_0} = \frac{1}{2}(1+\epsilon_r)$; $\text{rys. 2: } \frac{C}{C_0} = \frac{2\epsilon_r}{(1+\epsilon_r)}$; b) Nie można
48	9.33	$x = 6,5 \text{ cm}$			
48	9.34	a) $Q = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; b) $V_k = 840 \text{ V}$; $V_p = 300 \text{ V}$ c) $V_k = 300 \text{ V}$; d) $V_k = V_p = 0$	51	9.47	a) Pojemność wzrosła $\frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r+1}$ razy; b) Pojemność wzrosła 2 razy.

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
51	9.48	a) $v \approx 4,2 \cdot 10^6$ m/s; b) $s = 2,1$ m
51	9.49	$t \approx 3,23 \cdot 10^{-6}$ s
51	9.50	a) $U \approx 150$ V; b) $t = 8,35 \cdot 10^{-7}$ s
51	9.51	a) $b = 1 \cdot 10^{-9}$ kg/s; b) 1. nie; 2. Tor będzie linią prostą (złożenie dwóch ruchów jednostajnych). c) $q \approx 1,6 \cdot 10^{-17}$ C
52	9.52	a) $y \approx 0,5$ cm; b) $\Delta v \approx 4600$ m/s
52	9.53	a) $\alpha \approx 26,3^\circ$; b) $y \approx 2,2$ cm; c) $y_c = 3,7$ cm

10. Prąd stały

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
54	10.1	$I \approx 7,2 \cdot 10^{-12}$ A
54	10.2	a) $n \approx 7,49 \cdot 10^{17}$; b) $n \approx 2,5 \cdot 10^{17}$; c) $n \approx 2,5 \cdot 10^{17}$
54	10.3	$I = 1$ A
55	10.4	$m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
55	10.5	$t = 0,5$ h
55	10.6	$E = 0,4$ V/m
55	10.7	$R_2 = 18 R_1$
55	10.8	$d \approx 9,4$ μ m
55	10.9	$L = 4$ km
55	10.10	$I \approx 5,9$ mA
55	10.11	ok. 8,5 razy
56	10.12	$R = 20 \Omega$
57	10.14	$l \approx 285$ m
57	10.15	$E = 135$ kJ
57	10.16	$U \approx 3$ kV
57	10.17	$v \approx 0,4$ m/s

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
57	10.18	$P \approx 2$ kW
57	10.19	$\eta \approx 81\%$
58	10.20	a) $R_z = 13 \Omega$; b) $R_z = 5,2 \Omega$; c) $R_z = 2 \Omega$; d) $R_z = 10,5 \Omega$ e) $R_z = 9 \Omega$; f) $R_z = 16/3 \Omega$
58	10.21	a) $R_z = 17,5 \Omega$; $R_p \approx 5,2 \cdot 10^{-2} \Omega$; b) $U/U_p \approx 0,3\%$
58	10.22	$n = 5$; $R = 40 \Omega$
59	10.23	$R_{AB} = \frac{28}{29} \Omega$; $R_{BC} = \frac{30}{29} \Omega$; $R_{CD} = \frac{79}{58} \Omega$
59	10.24	$R_{AB} = 5 \Omega$
59	10.25	$R_{zast.} = 3 \Omega$
59	10.26	a) $R_{zast.} = R$; b) $I_1 = I_3 = \frac{I}{4}$; $I_2 = \frac{I}{2}$
60	10.27	b) $R_{zast.} = 2 \Omega$; c) $I_1 = 0,3$ A; $I_2 = 0,6$ A; $I_3 = 0,9$ A d) $U_{AB} = 3,6$ V
60	10.28	$U_2 = 80$ V; $I_3 = \frac{8}{3}$ A
60	10.29	a) $R_{zast.} = 5 \Omega$; b) $I = 1$ A; $I_A = 0,75$ A
		a) $R_{AC} = 0,75 \Omega$; $I_1 = \frac{3}{4}$ A; $I_3 = \frac{1}{4}$ A; $I_2 = I_4 = \frac{1}{6}$ A; $I_5 = \frac{1}{12}$ A
		b) $R_{CD} = 1 \Omega$; $I_1 = I_3 = 0,5$ A; $I_2 = I_4 = \frac{1}{3}$ A; $I_5 = \frac{1}{6}$ A
60	10.30	c) $R_{CB} = \frac{10}{9} \Omega$; $I_1 = I_3 = \frac{1}{3}$ A; $I_2 = \frac{5}{9}$ A; $I_4 = \frac{4}{9}$ A; $I_5 = \frac{1}{9}$ A d) $R_{DB} = \frac{7}{9} \Omega$; $I_1 = I_3 = \frac{1}{6}$ A; $I_2 = \frac{2}{9}$ A; $I_4 = \frac{7}{9}$ A; $I_5 = \frac{1}{18}$ A
61	10.31	a) $I = 1$ A; $U_{AB} = 1$ V; b) $I \approx 1,83$ A; $U_{AB} = 0,167$ V c) $I \approx 1,05$ A; $U_{AB} \approx 0,952$ V; d) $I \approx 1$ A; $U_{AB} \approx 1$ V

Nr strony*	Nr zadania	Odpowiedź	Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
61	10.32	a) $I_1 = I_2 = 0,3 \text{ A}; I_3 = I_4 = 0,2 \text{ A}; I = 0,6 \text{ A}; I_1 = 0,2 \text{ A}$ $I_2 = 0,45 \text{ A}; I_3 = 0,4 \text{ A}; I_4 = 0,15 \text{ A}$ c) Prąd płynie od B do A; $I_{AB} = 0,25 \text{ A}$	66	10.49	$\mathcal{E} = 9 \text{ V}$
61	10.33	a) $R_{AC} = 4 \Omega; R_{BC} = 3 \Omega; R = 9 \Omega$ b) $I = 2 \text{ A}; U_{BC} = 6 \text{ V}; U_{AC} = 4 \text{ V}$ c) $I_1 = I_3 = 0,5 \text{ A}; I_2 = 1 \text{ A}; I_4 = 0,5 \text{ A}; I_5 = 1 \text{ A}; I_6 = I_7 = 2 \text{ A}$	66	10.50	$I \approx 0,14 \text{ A}$
62	10.34	a) $R_3 = 4 \Omega; R_5 = 2 \Omega; R_6 = 2 \Omega; I_1 = 1 \text{ A}; I_2 = 2 \text{ A}; U_5 = 2 \text{ V}$ $R_4 = 3 \Omega; b) R_2 = 3 \Omega; R_3 = 4 \Omega; R_5 = 6 \Omega; I_2 = 2 \text{ A}; I_4 = 0,5 \text{ A}$ $I_6 = 1/6 \text{ A}; R_4 = 6 \Omega$	67	10.51	c) $\mathcal{E} \approx 4,15 \text{ V}; r_w \approx 2,7 \Omega; d) \mathcal{E}_{\max} \approx 4,3 \text{ V}; \mathcal{E}_{\min} \approx 4,0 \text{ V}$ $\mathcal{E} \approx 4,15 \text{ V}; \Delta \mathcal{E} \approx 0,15 \text{ V}; r_{\max} \approx 3,1 \Omega; r_{\min} \approx 2,3 \Omega$ $r_w \approx 2,7 \Omega; \Delta r_w \approx 0,4 \Omega; \frac{\Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}} \approx 3,6\%; \frac{\Delta r_w}{r_w} \approx 15\%$
62	10.35	a) $R_2 = 6 \Omega; b) I_1 = 0,25 \text{ A}; I_2 = 0,5 \text{ A}; I_3 = 0,75 \text{ A}; I_4 = 0,5 \text{ A}$ c) $U_{AC} = 9 \text{ V}; U_{BD} = 17,25 \text{ V}; U_{DE} = 2,25 \text{ V}; U_{BE} = 15 \text{ V}$	67	10.52	a) $Q = 75 \mu\text{C}; b) Q = 21,24 \text{ pC}; c) Q = 20 \mu\text{C}$
63	10.36	a) $I_1 = 5,75 \text{ A}; I_2 = 1,5 \text{ A}; I_3 = 1 \text{ A}; b) R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega$ c) $U_{AB} = 1,5 \text{ V}; U_{CD} = 2 \text{ V}$	68	10.53	$\mathcal{E} = 15 \text{ V}$
63	10.37	a) $U_1 = 12 \text{ V}; U_2 = 12 \text{ V}; U_3 = 8 \text{ V}; U_4 = 9 \text{ V}$ b) $Q_1 = 60 \mu\text{C}; Q_2 = 60 \mu\text{C}; Q_3 = 40 \mu\text{C}; Q_4 = 45 \mu\text{C}$	68	10.54	$E \approx 10^3 \text{ V/m}$
64	10.38	$(V_A - V_B) = -2 \text{ V}; (V_A - V_B)_{\text{br}} = 6 \text{ V}$	69	10.55	a) $R = \frac{\mathcal{E} - Ir}{I}; b) P(I) = \mathcal{E}I - Ir^2$
64	10.39	a) $I = 2/3 \text{ A}; b) C = 1,5 \mu\text{F};$ c) $Q_1 = Q_2 = 42 \mu\text{C}; d) U_{AB} = 9 \text{ V}; V_B > V_A$ e) $U_{C1} = 16 \text{ V}; U_{C2} = 12 \text{ V}; Q_1 = 96 \mu\text{C}; Q_2 = 24 \mu\text{C}$	69	10.56	c) Moc jest maksymalna dla $R = r$ rys. 1. $I \approx 4,32 \text{ A}; P \approx 37,32 \text{ W}; \eta = 64\%$ rys. 2. $I = 4,5 \text{ A}; P \approx 40,5 \text{ W}; \eta = 50\%$ rys. 3. $I \approx 4,15 \text{ A}; P \approx 34,5 \text{ W}; \eta \approx 31\%$
64	10.40	a) $r_b \approx 5,26 \Omega; b) r_A = 5 \Omega; c) I = 0,75 \text{ A}$	70	10.57	a) Ogniw można połączyć na osiem sposobów.
65	10.41	a) $I_A = 0,5 \text{ A}; b) \text{ Natężenie prądu w tej gałęzi przekracza zakres amperomierza.}$ c) $r_b = 6 \Omega; d) I_{xy} \approx 1,32 \text{ A}$	70	10.58	a) $I \approx 25 \text{ mA}; b) I \approx 73 \text{ mA}; c) I \approx 0,23 \text{ A}; d) I \approx 0,17 \text{ A}$
65	10.42	a) $P_c = 27 \text{ W}; b) P_2 = 14,4 \text{ W}; P_4 = 1,8 \text{ W}$	71	10.59	a) $I = 0,75 \text{ A}; b) U_{AB} = 1,25 \text{ V}; U_{BC} = 3,25 \text{ V}; U_{CA} = 4,5 \text{ V}$ c) Opór R musiałby znaleźć do 1Ω
65	10.44	b) $U_{AB} = 7,5 \text{ V}$	71	10.60	a) Jasność świecenia żarówek się nie zmieni. b) $I_3 = 0; c) \text{ Jasność świecenia żarówki 2 się nie zmieni,}$ żarówka 1 może ulec spaleniu; d) $I_3 = \frac{4\mathcal{E}}{R}$
66	10.45	Należy podłączyć równolegle.	71	10.61	c) W przypadku a) $I_1 = I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R}; I_3 = 0$
66	10.46	a) $t' = 2,4 \text{ min}; b) t'' = 10 \text{ min}$	72	10.62	W przypadku b) $I_1 = I_2 = \frac{\mathcal{E}}{3R}; I_3 = \frac{2\mathcal{E}}{3R}$
66	10.47	a) $P_1' = 178 \text{ W}; P_2' = 89 \text{ W}; b) 2. P_1' = \frac{2}{9} P_2; P_2' = \frac{2}{9} P_1; \frac{P_1'}{P_2'} = 2$			a) $\mathcal{E}_x = IR_{AB} \frac{AC}{AB}; b) \text{ W obwodzie z galwanometrem prąd}$ popłynie przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.
66	10.48	$r_w = 2 \Omega$			

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
72	10.63	a) $R_{AC} = 300 \Omega$; b) $I \approx 13,3 \text{ mA}$
11. Pole magnetyczne. Elektromagnetyzm		
Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
74	11.2	a) $\lg \alpha \approx 0,88$; $\alpha \approx 41,5^\circ$
75	11.3	a) $I = 1,5 \text{ A}$; b) $I = 1,5 \text{ A}$
75	11.4	a) Siła magnetyczna jest zwrócona w górę; c) $U = Blv$
75	11.5	a) Siła elektrodynamiczna jest zwrócona w prawo. b) Należy unieść prawy koniec szyn; $\alpha \approx 0,57^\circ$ c) $F_s = F_N \approx 0,3 \text{ N}$
76	11.6	c) $B \approx 0,13 \text{ T}$
76	11.7	$a \approx 5 \text{ m/s}^2$
77	11.9	$B \approx 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
77	11.10	b) $v \approx 9,6 \cdot 10^3 \text{ m/s}$; c) $T \approx 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ d) $n \approx 14 \cdot 10^8$ okrążeń; e) $E_k \approx 3 \cdot 10^{-15} \text{ J} \approx 18,75 \text{ keV}$
78	11.11	c) $r_p \approx 2,1 \text{ mm}$; $r_d \approx 4,2 \text{ mm}$
78	11.12	a) $\frac{r_p}{r_e} \approx 42,8$; b) $\frac{r_p}{r_e} \approx 1$
78	11.13	a) $v \approx 4 \cdot 10^3 \text{ m/s}$; b) $r \approx 0,45 \text{ m}$; c) $a_t \approx 4 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2$ d) $f \approx 154 \text{ kHz}$
78	11.14	a) $v \approx 3,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$; b) $E_k \approx 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 15 \text{ MeV}$ c) $f \approx 1,5 \cdot 10^7 \text{ Hz}$; d) $t \approx 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$; e) $\Delta E_k = 64 \text{ keV}$
79	11.15	$h \approx 0,23 \text{ m}$
79	11.16	a) $\frac{h_p}{h_a} = 0,5$; b) $\frac{h_p}{h_a} = \frac{\sqrt{2}}{2}$
79	11.17*	a) Dla trzech: $B_1 \approx 0,14 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; $B_2 \approx 0,29 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; $B_3 \approx 0,43 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; b) nie; c) tak; d) są słyczne.
80	11.18	$d \approx 64,6 \text{ cm}$
80	11.19	a) $v = \frac{E}{B}$; b) tak

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
80	11.20	b) $v = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
80	11.21	c) $U = 150 \text{ V}$
81	11.22	a) $F_0 = \frac{\mu_0 I e}{2\pi r} \sqrt{\frac{2E}{m}} \approx 1,7 \cdot 10^{-16} \text{ N}$
81	11.23	$r = 7,5 \text{ cm}$
81	11.24	c) $B = \frac{4}{3} \frac{\mu_0 I}{\pi d}$; zwrot przed płaszczyznę rysunku.
82	11.25	a) $\frac{B}{3}$; b) $1, B$; $2, \frac{4}{3} B$; $3, 2B$
82	11.26	a) $B = 2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$; b) $B = 10^{-6} \text{ T}$; c) $B = 0$
83	11.27	b) $B_k = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$; $B_s = \frac{2\mu_0 I}{\pi a}$; $B_T = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$; c) $B_k : B_s : B_T = 1 : 8 : 2$
83	11.28	a) $B = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ T}$; b) $B = 6,4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$
83	11.29	Są cztery takie przypadki.
84	11.30	a) $d_2 = 0,75 \text{ m}$; b) $d_2 = 1,5 \text{ m}$
84	11.31	a) $B = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-6} \text{ T}$; b) $\alpha \approx 63,4^\circ$
84	11.32	a) W pierwszej i w trzeciej ćwiartce. b) $y = x/2$; c) 1 i 2. $y = -x/2$
85	11.33	a) $B \approx 8,8 \cdot 10^{-6} \text{ T}$; b) $B \approx 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
85	11.34	a) $n = 400$; b) $B \approx 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
85	11.35	a) Siła ma kierunek przekątnej kwadratu i zwrot na zewnątrz. b) $F_w \approx 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
85	11.36	b) Na ścianki rury działają siły ściskające, które dążą do zmniejszenia jej powierzchni.

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
86	11.37	a) Wartość siły jest teraz większa.
86	11.38	b) Na środkowy przewód nie działa żadna siła.
86	11.39	$\Phi = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$
86	11.40	$0 \leq \Phi \leq B \cdot S$
90	11.50	a) Jest stała w czasie (i wynosi $3 \cdot 10^{-4} \text{ Wb/s}$)
91	11.53	b) $\Delta\Phi = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$
91	11.54	a) $F = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$; c) $P = 22,5 \mu\text{W}$
92	11.56	b) $\mathcal{E} \approx 0,192 \text{ V}$
92	11.57	b) $I \approx 4 \text{ A}$
92	11.58	$Q = 4 \text{ mC}$
93	11.59	b) $Q = 2,4 \text{ nC}$
93	11.60*	a) $R = 17,5 \Omega$
94	11.61	c) $I = \frac{2Bbv}{2r+R}$; $I_1 = I_2 = \frac{Bbv}{2r+R}$; d) $I = 2 \text{ mA}$; $I_1 = I_2 = 1 \text{ mA}$
94	11.62	b) $I_R = \frac{\mu_0 b v S I}{\pi \rho(a+b)} \cdot \frac{a}{4d^2 - a^2}$; d) $I_R \approx 0,1 \text{ mA}$
94	11.63	$t = 0,02 \text{ s}$
95	11.65	a) $L = 0,1 \text{ H}$; b) $\mathcal{E} = -0,2 \text{ V}$
95	11.66	a) $I_0 = 0$; b) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 30 \frac{\text{A}}{\text{s}}$; c) $I = 2 \text{ A}$
95	11.67	$\mu_i \approx 608$
95	11.68	a) $n \approx 500$; b) $L \approx 66 \text{ mH}$
95	11.69	$d = 4 \text{ cm}$
		$\frac{\Delta I}{\Delta t} \approx 0,18 \frac{\text{A}}{\text{s}}$
		a) $f = 50 \text{ Hz}$; $I_{\text{max}} = 2 \text{ A}$; b) $I_{\text{sk}} = \sqrt{2} \text{ A}$; $I = \sqrt{3} \text{ A}$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
96	11.70	a) $I_{\text{sk}} = \sqrt{\frac{5}{12}} I_0$; b) $I_{\text{sk}} = \sqrt{\frac{3}{8}} I_0$
96	11.71	a) $U_{\text{sk}} = \sqrt{\frac{14}{27}} U_0$; b) $U_{\text{sk}} = \frac{\sqrt{13}}{2} U_0$
96	11.72	$R = 8 \Omega$
96	11.73	$t_0 \approx 28^\circ\text{C}$
96	11.74	$f \approx 18,2 \text{ Hz}$
97	11.75	$P_{\text{sk}} \approx 0,32 \text{ W}$
97	11.76	a) $U_2 = 480 \text{ V}$; b) $I_2 = 12,5 \text{ mA}$
97	11.77	$I_1 \approx 2,9 \text{ A}$
97	11.78	$I_1 \approx 65,9 \text{ A}$
97	11.79	$U_2 \approx 2,75 \text{ V}$
98	11.80	a) $I' \approx 2,2 \cdot 10^5 \text{ A}$; b) $S = 54,4 \text{ mm}^2$; c) $m \approx 97 \text{ ton}$

12. Optyka

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
100	12.1	b) $\gamma = 60^\circ$; c) $v_1 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $v_2 \approx 2,08 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
100	12.2	$v_3 \approx 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $v_4 \approx 1,81 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
100	12.3	$\alpha \approx 77,6^\circ$
100	12.4	$\alpha_s \approx 48^\circ 2'$
100	12.5	$\lambda_s = 360 \text{ nm}$; $\beta \approx 19,5^\circ$
100	12.6	$h \approx 160 \text{ cm}$
101	12.7	b) $d_1 = 4 \text{ cm}$; c) $d_2 = 24 \text{ cm}$
101	12.8	$x_2 - x_1 \approx 0,27 \text{ m}$
101	12.9	a) $\alpha_{\text{gr}} \approx 47,4^\circ$; b) $\alpha_{\text{gr}} \approx 42,8^\circ$
101	12.9	$n_1 \geq 1,31$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź	Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
101	12.10	$h = 82,5 \text{ cm}$	109	12.45	$y_1 - y_2 = 14,4 \text{ cm}$
102	12.12	$\beta = 10^\circ$ lub $\beta = 50^\circ$	109	12.46	$x_2 - x_1 = 16 \text{ cm}$
102	12.13	a) przedmiotu, I; b) przedmiotu, II c) obrazu I, II; d) obrazu 3, II i obrazu 4, I	109	12.47	a) $\Delta y = 3,75 f$; b) $p_2/p_1 = 4$
103	12.17	a) $x = 10 \text{ cm}$; b) $r = 16 \text{ cm}$; c) $d = 30 \text{ cm}$	109	12.48	a) $z = 15 \text{ D}$; b) $r_1 = r_2 = 6 \text{ cm}$
103	12.18	a) $y - x = 4,8 \text{ cm}$; b) $p = 5/3$; $h' = 2,5 \text{ cm}$	109	12.49	a) Są dwa takie przypadki: $x_1 = 30 \text{ cm}$; $x_2 = 70 \text{ cm}$ b) $\Delta x = 40 \text{ cm}$; w stronę ekranu
103	12.19	a) $y = 12 \text{ cm}$; b) $h' = 6 \text{ cm}$; c) $y_1 \approx 5,3 \text{ cm}$ d) $y_2 = 4 \text{ cm}$			
104	12.20	$f = 10/3 \text{ cm}$	110	12.50*	a) $1,7 \pm 0,2$; $2,3 \pm 0,2$; $3,1 \pm 0,3$; $3,6 \pm 0,3$; $4,2 \pm 0,3$; $5,1 \pm 0,4$ c) $p(y) = \frac{y}{f} - 1$; e) $f \approx 15 \text{ cm}$
104	12.21	a) $x_2 - x_1 = 3 \text{ cm}$; b) $f = 3 \text{ cm}$			
104	12.22	a) $x_1 = 25 \text{ cm}$; $x_2 = 15 \text{ cm}$; b) $f = 5 \text{ cm}$	110	12.51	a) $y_1 = \frac{1}{9} m$; $y_2 = \frac{2}{21} m$; b) $z = 12 \text{ D}$; c) $n_s = 1,5$; d) $z_2 = \frac{4}{13} z_1$
104	12.23	$x = 6 \text{ cm}$			
104	12.24	$f_s = 8 \text{ cm}$	110	12.52	a) prosty; b) $z = 10 \text{ D}$; c) $y - x = 5 \text{ cm}$
105	12.28	$x = 12 \text{ cm}$	111	12.53	c) Obraz różni się jasnością.
105	12.29	$f = 8 \text{ cm}$	111	12.55	$x = 25 \text{ cm}$
105	12.30	a) $f = 5 \text{ cm}$; b) $x_1 = 5 \text{ cm}$; $x_2 = 15 \text{ cm}$; c) $y_2 - y_1 = 1,25 \text{ cm}$	112	12.56	$x = 30 \text{ cm}$; $p = 1$
106	12.31	$v_2 = \frac{1}{15} v_1$			
106	12.32	$x \approx 3,29 \text{ cm}$	112	12.57	a) $z = -16\frac{2}{3} \text{ D}$; b) $x_1 = 6 \text{ cm}$; $x_2 = 18 \text{ cm}$; c) $y_2 - y_1 = 1,5 \text{ cm}$
106	12.34	$\sin \alpha > \frac{n_w}{n_p} \approx 0,89$	112	12.58	$z = 2,75 \text{ D}$
107	12.35	$\alpha < 4,8^\circ$	112	12.59	$x_2 = 0,5 \text{ m}$
107	12.36	a) $0 < \varphi < 38,7^\circ$; b) Promień wyjdzie z pryzmatu.	112	12.60	zmaleje o około $3,3 \text{ D}$
107	12.37*	b) $\varphi = 7,93^\circ$; c) $d \approx 1,2 \text{ cm}$	112	12.61	$x_2 = \frac{1}{6} m$
108	12.41	$n = 1,3$	112	12.62	$z_2 = -3,5 \text{ D}$
108	12.42	a) $n_c = 4/3$; b) $n_c \approx 1,7$	113	12.63	$z_L = -1 \text{ D}$; $z_p \approx -1,6 \text{ D}$
109	12.43	$x = 5 \text{ cm}$	113	12.64	$p = 6$
109	12.44	a) $z = 4 \text{ D}$; b) $n_s = 1,54$	113	12.65	$z = 28 \text{ D}$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
113	12.66	b) $x = 12,5$ cm c) $z = 4$ D; d) $d' = 42$ mm
113	12.67	a) $p = 4,75$; b) $p \approx 2,15$
113	12.68	$p = 600$
114	12.69	b) $2,2$ cm $< x_1 < 2,5$ cm; c) $y_2 \approx 30$ cm; $p = 20$
114	12.70	a) $x_1 \approx 8,5$ mm; b) $p \approx 60$
114	12.71	$f_{a1} = 25$ cm; $f_{a2} = -50$ cm; $f_{a3} = 12,5$ cm; $f_{a4} = 50$ cm
114	12.72	a) $f = 2r$; b) $f_u = r$; c) $f = 8r$; $f_u = 4r$
114	12.73	a) Układ jest rozpraszający; b) $z_u = \frac{n_p - n_s}{n_v} \cdot \frac{1}{r} = -2,5$ D
115	12.74	a) $d = 30$ cm; wiązka światła musi paść na drugą soczewkę. b) $d = 15$ cm; wiązka musi paść na drugą soczewkę.
115	12.75	a) Soczewka 1: pomniejszony, rzeczywisty, odwrócony; soczewka 2: powiększony, rzeczywisty, odwrócony w stosunku do pierwszego obrazu oraz powiększony, rzeczywisty, prosty w stosunku do przedmiotu. b) $y_2 = 50$ cm; c) $h_2 = 6$ cm
115	12.76	a) $D = 45$ cm; b) $h_2 = 2,25$ cm
116	12.77	a) Nie ma takiego przedziału; b) $x_1 = 30$ cm c) 30 cm $< x_1 < 60$ cm; d) 15 cm $< x_1 < 30$ cm e) W obu przypadkach rzeczywisty, pomniejszony, odwrócony.
116	12.78	a) $x_1 = 20$ cm; b) Soczewka 1: powiększony, rzeczywisty, odwrócony; soczewka 2: pomniejszony, pozorny, prosty w stosunku do pierwszego obrazu oraz tej samej wielkości, pozorny, odwrócony w stosunku do przedmiotu. c) $h = 1,5$ cm
116	12.79	a) $d = 10$ cm od soczewki b) rzeczywisty, odwrócony, powiększony; $p = 2$
117	12.80	b) $y = 0,5f$; $p = 1$; c) nie

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
117	12.82	a) $x_1 = 5$ cm; b) zwierciadło 1: rzeczywisty, powiększony, odwrócony; zwierciadło 2: pozorny, pomniejszony, prosty c) $-y_1 + y_2 = 8\frac{1}{3}$ cm; d) 6 razy
118	12.83	$n = 1,5$

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
120	13.1	$\lambda = 750$ nm
120	13.2	7
120	13.3	a) $\alpha \approx 9^\circ$; b) $\lambda \approx 391$ nm
120	13.4	$\lambda \approx 361$ nm
120	13.5	$\lambda_2 \approx 653,3$ nm
121	13.6	a) $d = 4000$ nm; b) $\alpha_1 \approx 8,5^\circ$; $\alpha_2 \approx 17,0^\circ$; c) $n = 5$ d) $\alpha \approx 47,5^\circ$
121	13.7	a) $\Delta y_{\alpha} = 2,6$ mm; b) $\Delta y_z \approx 2,4$ mm
121	13.8	a) $\alpha_p \approx 33,37^\circ$; b) $\alpha_w \approx 38,2^\circ$
121	13.9	a) $a = 5$ μ m; b) $d_1 \approx 6,4$ cm; c) $n = 1$; e) $d_1' \approx 4,8$ cm f) $n_{\max} = 7$
122	13.10	$d_1 \approx 111$ nm; $d_2 \approx 333$ nm
122	13.11	$\alpha_B \approx 53,13^\circ$
122	13.12	$\beta \approx 37,48^\circ$
122	13.13	$\gamma \approx 36,87^\circ$
122	13.14	a) $n \approx 2,2$; b) $\alpha_B \approx 65^\circ$
123	13.15	c) $\alpha = 45^\circ$; d) cztery razy
124	13.16	a) $E_3 = \frac{\sqrt{3}}{4} E_0$; b) $I_3 = \frac{3}{16} I_0$

13. Dualna natura promieniotwórczości i materii

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź	Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź
124	13.18	$v \approx 1,09 \cdot 10^{15} \text{ Hz}; \lambda \approx 276 \text{ nm}$	128	13.40	$n = 5$
124	13.19	$E_{k, \max} \approx 7,5 \cdot 10^{-20} \text{ J} \approx 0,47 \text{ eV}$	128	13.41	a) $\Delta p_{4 \rightarrow 3} \approx 3,5 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; b) $\Delta p_{5 \rightarrow 2} \approx 15,3 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
125	13.20	a) $\lambda \approx 414 \text{ nm}$; b) $E_{\text{sk}} \approx 2,3 \text{ eV}$	128	13.42	$n = 6$
125	13.21	a) $W_{\text{wyj.}} = 4,65 \text{ eV} \approx 7,45 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; b) $v \approx 7,4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$	128	13.43	a) $\Delta E_{1 \rightarrow 4} \approx 12,75 \text{ eV}$; b) $\Delta E_{3 \rightarrow 5} \approx 0,97 \text{ eV}$
125	13.22	$\lambda \approx 204 \text{ nm}$	129	13.44	a) $\lambda_{6 \rightarrow 2} \approx 410 \text{ nm}$; b) $\lambda_{5 \rightarrow 1} \approx 95 \text{ nm}$
125	13.23	a) $h \approx 6,8 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; b) $W_{\text{wyj.}} \approx 7,32 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,6 \text{ eV}$; $\lambda \approx 271,5 \text{ nm}$	129	13.45	drugiej
126	13.24	a) $v_1 \approx 2,7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; $v_2 \approx 0,7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$	129	13.46	a) $v_{4 \rightarrow 1} \approx 3,08 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$; b) $v_{5 \rightarrow 4} \approx 7,4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
126	13.25	b) $W_{\text{wyj.}} \approx 7,62 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,76 \text{ eV}$	129	13.47	$n = 6$
126	13.26	$W_{\text{wyj.}} \approx 3,42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	129	13.48	$\lambda \approx 91,3 \text{ nm}$; rekombinacja jonu wodoru (jon wodoru chwytła elektron i wraca do stanu podstawowego)
126	13.27	$U \approx 0,87 \text{ V}$	129	13.49	$n \approx 60$; $\lambda_{61 \rightarrow 60} \approx 1,01 \text{ cm}$; $\lambda_{60 \rightarrow 59} \approx 0,96 \text{ cm}$
126	13.28	a) $\lambda_{\text{gr.}} \approx 653 \text{ nm}$; b) $v \approx 650 \text{ km/s}$; c) $U_{\text{h}} \approx 1,2 \text{ V}$	129	13.50	a) $\rho \approx 2,57 \cdot 10^{11} \text{ C/m}^3$; c) $T \approx 1,5 \cdot 10^{-16} \text{ s}$
126	13.29	a) $\lambda \approx 198 \text{ nm}$; b) $W_{\text{wyj.}} \approx 7,55 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	130	13.51	$p \approx 7,7 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; $E_k \approx 3,3 \cdot 10^{-17} \text{ J}$
126	13.30	a) $\lambda \approx 200 \text{ nm}$; b) $W_{\text{wyj.}} \approx 7,53 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,7 \text{ eV}$	130	13.52	$\lambda \approx 0,0396 \text{ nm}$
126	13.31	b) $h = 6,60 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $W = 7,44 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,65 \text{ eV}$	130	13.53	$\lambda_1 = 20\lambda_2$
127	13.32	c) $h_{\text{min}} = 7,00 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $h_{\text{max}} = 6,20 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$	130	13.54	a) zmaleje cztery razy; b) wzrośnie $\sqrt{2}$ razy; c) zmaleje dwa razy
127	13.33	$\Delta h = 0,40 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $(\Delta h/h) \cdot 100\% \approx 6,1\%$; d) $\lambda_{\text{gr.}} \approx 263 \text{ nm}$	131	13.55	$U \approx 41 \text{ kV}$
127	13.34	b) Płytkę osiągnie maksymalny potencjał, gdy szybkość opuszczających ją elektronów będzie najmniejszą szybkością potrzebną do ich ucieczki do nieskończoności; $V_{\text{max}} \approx 0,4 \text{ V}$	131	13.56	$d \approx 0,84 \text{ m}$
127	13.35	$n = 4$	131	13.57	$U \approx 11,4 \text{ V}$; $p \approx 18,2 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; $\lambda \approx 0,364 \text{ nm}$
127	13.36	a) $\lambda \approx 1459 \text{ nm}$; b) $\lambda \approx 2279 \text{ nm}$	131	13.58	a) $a \approx 1,4 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2$; b) $\Delta \lambda/\lambda \approx 94,2\%$
128	13.37	$n = 4$	131	13.59	$\lambda \approx 3 \text{ nm}$; $E_e \approx 0,4 \text{ keV}$
128	13.38	$\Delta L \approx 2,1 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	131	13.60	$p \approx 1,1 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
128	13.39	$r \approx 0,053 \text{ nm}$	132	13.61	b) $v \approx 2,1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$; c) $U \approx 1240 \text{ V}$
128	13.40	$E_2 \approx -3,4 \text{ eV}$; $E_3 \approx -1,5 \text{ eV}$; $E_4 \approx -0,85 \text{ eV}$; $E_6 \approx -0,38 \text{ eV}$	132	13.62	$U \approx 78,6 \text{ kV}$
128	13.41	a) $\Delta E_{p4 \rightarrow 2} \approx -5,1 \text{ eV}$; b) $\Delta E_{k4 \rightarrow 2} \approx 2,55 \text{ eV}$	132	13.63	$p \approx 2,67 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; $\lambda \approx 2,48 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
128	13.42	a) $\Delta E_{5 \rightarrow 3} \approx 0,97 \text{ eV}$; b) $\Delta E_{6 \rightarrow 2} \approx 3,02 \text{ eV}$	132	13.64	$v \approx 2,09 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
128	13.43		132	13.65	$a \approx 0,28 \text{ nm}$

14. Modele przewodnictwa elektrycznego

Nr strony	Nr zadania	Odpowiedź	Stala	Stale fizyczne (wartości przybliżone)	Wartość
134	14.1	a) $I = Snev$; b) $E = nepv$; c) $E = \rho \frac{I}{S}$	Stala		
134	14.2	$E \approx 2,75 \cdot 10^{-2} \text{ V/m}$	stala gazowa		$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
134	14.3	a) $n_1 : n_2 = 1$; b) $I_1 : I_2 = 1$; c) $v_1 : v_2 = 2 : 1$ d) $E_1 : E_2 = 2 : 1$	stala Boltzmana		$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
134	14.4	a) $n \approx 8,4 \cdot 10^{28} \text{ 1/m}^3$; b) $u \approx 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ mm/s}$ c) $E = 8,5 \cdot 10^{-2} \text{ V/m}$			
134	14.5	a) I – połączenie równoległe; II – połączenie szeregowe b) i: $I_1 = 50 \text{ mA}$; $I_2 = 37,5 \text{ mA}$; $I_3 = 12,5 \text{ mA}$; II: $I \approx 7,9 \text{ mA}$ c) $P_1 = 1,5 \text{ W}$; $P_2 \approx 0,12 \text{ W}$	liczba Avogadra		$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$
135	14.6	a) $P_{\text{st}} = \frac{P_1 + P_2}{t_1 + t_2}$; b) $P_{\text{st}} = \frac{P_1 + P_2}{2}$; c) $P_{\text{st}} = \frac{2P_1P_2}{P_1 + P_2}$	masa protonu		$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
135	14.7	$P_{\text{st sk}} = 7,935 \text{ W}$			
135	14.8	$P_{\text{st sk a}} \approx 4,6 \text{ W}$; $P_{\text{st sk b}} \approx 8,16 \text{ W}$	masa elektronu		$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
136	14.9	a) $U = 24 \text{ V}$ b) $I_{\text{sk1}} = 90 \text{ mA}$; $I_{\text{sk2}} = 54 \text{ mA}$ c) $P_{\text{st sk1}} = 0,84 \text{ W}$; $P_{\text{st sk2}} = 1,728 \text{ W}$	ładunek elementarny		$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
136	14.11	a) $I_{\text{sk}} = \frac{1}{2} I_{\text{max}}$; b) $I_{\text{sk}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{max}}$	szybkość światła w próżni		$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
137	14.13	$n \approx 6,3 \cdot 10^{26} \text{ 1/m}^3$			
137	14.14	a) Mają równe wartości, a przeciwnie zwroty. b) Jony + mają prędkości zwrócone zgodnie z $\vec{E}$, jony – mają prędkości zwrócone przeciwnie do $\vec{E}$.	stala Plancka		$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
			stala Rydberga		$R = 1,097 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$

