

Krzysztof Chyla

Zbiór prostych zadań z fizyki

dla uczniów szkół średnich



Wydawnictwo
»Zamiast Korepetycji«
Kraków 1999

Recenzenci:

dr Stanisław Bortnowski

mgr Grzegorz Kornaś

prof. dr hab. Jan Olszewski

Redakcja i skład komputerowy:

Wydawnictwo »Zamiast Korepetycji«

Korekta:

Halina Baszak

Książka zalecana przez Ministra Edukacji Narodowej do użytku szkolnego i wpisana do zestawu książek pomocniczych do nauczania fizyki na poziomie szkoły ponadpodstawowej.
Numer w zestawie: 281/92

ISBN 83-85434-08-9

© Copyright by »Wydawnictwo Zamiast Korepetycji«

ul. Asnyka 7, 31-144 Kraków

tel./fax (0-12) 430-00-03, 421-66-41, 421-69-42

Zabrania się publikowania rozwiązań zadań ze „Zbioru” bez zgody Wydawnictwa.

Wydanie IV

Druk i oprawa:

P.W. "STABILL", Kraków, tel. (0-12) 411-97-17

Spis treści

1. Kinematyka	1
1.1. Ruch jednostajny prostoliniowy	1
1.2. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny	4
1.3. Ruch prostoliniowy niejednostajnie zmienny	7
1.4. Ruch krzywoliniowy	8
2. Dynamika	10
2.1. Zasady dynamiki Newtona (część I)	10
2.2. Pęd, zasada zachowania pędu	13
2.3. Tarcie	16
2.4. Zasady dynamiki Newtona (część II)	18
2.5. Praca, moc, energia	20
2.6. Grawitacja	25
3. Bryła sztywna	28
3.1. Moment siły i moment bezwładności	28
3.2. I i II zasada dynamiki dla bryły sztywnej	30
3.3. Energia bryły sztywnej	33
3.4. Równowaga bryły sztywnej	34
4. Ośrodki ciągłe	38
4.1. Siły sprężyste	38
4.2. Hydrostatyka i hydrodynamika	40
5. Termodynamika	42
5.1. Teoria kinetyczno-molekularna gazu doskonałego	42
5.2. Bilans cieplny	43
5.3. Przemiany gazu doskonałego	44
5.4. Zasady termodynamiki	49

6. Elektrostatyka	52
6.1. Pole elektrostatyczne	52
6.2. Pojemność. Kondensator	54
6.3. Ruch ładunku w polu elektrycznym	59
7. Prąd elektryczny	61
7.1. Prawo Ohma	61
7.2. Prawa Kirchhoffa	65
7.3. Praca i moc prądu elektrycznego	71
7.4. Elektrochemia	72
8. Elektromagnetyzm	75
8.1. Pole magnetyczne	75
8.2. Indukcja elektromagnetyczna	80
8.3. Prąd przemienny	84
9. Drgania i fale	88
9.1. Ruch harmoniczny	88
9.2. Ruch falowy	91
9.3. Akustyka	92
9.4. Fale elektromagnetyczne	94
10. Optyka	96
10.1. Optyka fizyczna	96
10.2. Odbicie i załamanie światła	97
10.3. Soczewki	101
10.4. Przyrządy optyczne	104
10.5. Fotometria	105
11. Fale i cząstki	107
11.1. Dualizm korpuskularno-falowy	107
11.2. Widmo atomu. Atom Bohra	110

12. Fizyka jądrowa	112
13. Elementy fizyki relatywistycznej	115
Odpowiedzi do zadań	116

1. Kinematyka

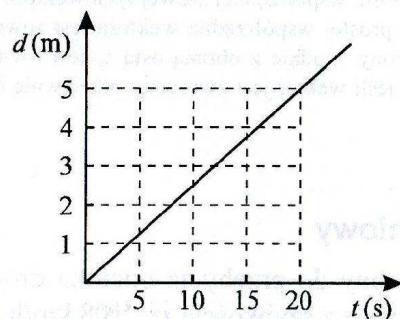
- Uwagi:
1. Pod pojęciem szybkości średniej rozumie się w tym zbiorze stosunek drogi przebytej przez ciało w pewnym czasie do tego czasu $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Przy $\Delta t \rightarrow 0$ staje się ona szybkością chwilową (lub krótko: szybkością). Szybkość to to samo co wartość prędkości
 2. Wszystkie wykresy przedstawiające zależność wielkości wektorowych (np. rys. 2, 4, 5, 8) są w istocie wykresami zależności współrzędnej x -owej tych wektorów. Przypominamy, że w ruchu po linii prostej współrzędna wektora jest równa jego wartości gdy wektor jest zwrócony zgodnie z obroną osią x ; jest równa wartości wektora ze znakiem minus, jeśli wektor jest zwrócony przeciwnie do osi x .

1.1. Ruch jednostajny prostoliniowy

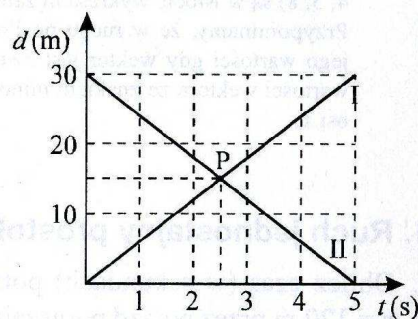
1. Oblicz czas (w sekundach) potrzebny do przebycia odcinka drogi $s = 120$ m przez pojazd poruszający się z szybkością $v = 108$ km/h.
2. Pociąg jadący ze średnią szybkością 60 km/h przebywa pewną trasę w ciągu 3 godzin. Z jaką średnią szybkością musiałby pokonać tę trasę, aby przebyć ją w ciągu 2 godzin i 24 minut?
3. Równoległe do siebie, w tym samym kierunku, poruszają się: pociąg o długości $l = 200$ m mający szybkość $v_1 = 36$ km/h oraz samochód jadący z szybkością $v_2 = 72$ km/h. Oblicz czas, po którym samochód wyprzedzi pociąg oraz drogę, jaką w tym czasie przebędzie.
4. Oblicz czas potrzebny na wyminięcie się dwóch pociągów, z których jeden ma długość l_1 i szybkość v_1 , drugi ma długość l_2 i szybkość $v_2 > v_1$.
Rozważ dwa przypadki:
a) pociągi jadą w przeciwnie strony;
b) pociągi jadą w tę samą stronę.
5. Odległość między dwoma miastami wynosi 300 km. Z każdego z nich

w tej samej chwili wyrusza pociąg w stronę drugiego miasta. Jakie drogi przebędą pociągi do chwili spotkania, jeśli ich szybkości wynoszą odpowiednio $v_1 = 100 \text{ km/h}$ oraz $v_2 = 50 \text{ km/h}$?

6. Jadąc z miasta A do B, motocyklista przemieszczał się ze średnią szybkością 80 km/h . Droge powrotną przebył z szybkością 20 km/h . Jaka była średnia szybkość motocyklisty w czasie trwania całej podróży?
7. Poniższe rysunki (rys. 1a i 1b) przedstawiają zależność odległości ciał od obserwatora pozostającego w spoczynku, w funkcji czasu. Korzystając z tych zależności oblicz szybkość poruszających się ciał.



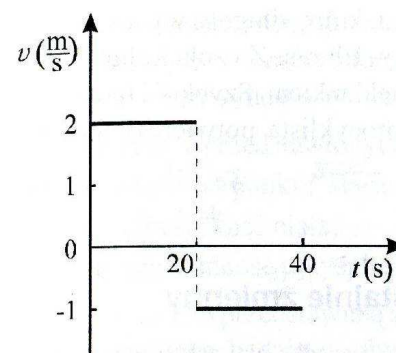
Rys. 1a



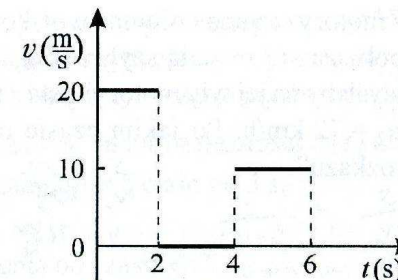
Rys. 1b

Jaka jest interpretacja współrzędnych punktu P jeśli oba ciała poruszają się po tej samej prostej (rys. 1b)?

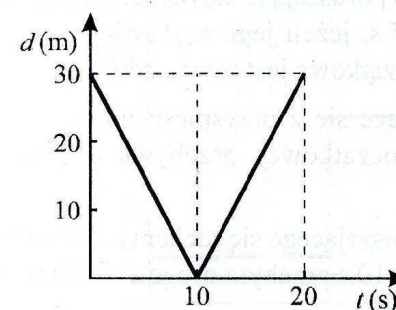
8. Korzystając z rys. 2 przedstawiającego zależność prędkości ciała od czasu, oblicz, w jakiej odległości od punktu startu znajduje się ciało po 40 s w pierwszym, a po 6 s w drugim przypadku. Jaka będzie średnia szybkość w zadanych przedziałach czasu?
9. Zmianę odległości ciała od obserwatora w funkcji czasu przedstawiają rysunki 3a i 3b. Narysuj zależność prędkości tego ciała od czasu.
10. Oblicz szybkość motorówki na stojącej wodzie, jeżeli podczas ruchu z prądem rzeki szybkość jej względem brzegu wynosi 6 m/s , a podczas ruchu pod prąd 4 m/s . Ile wynosi szybkość prądu w rzece?



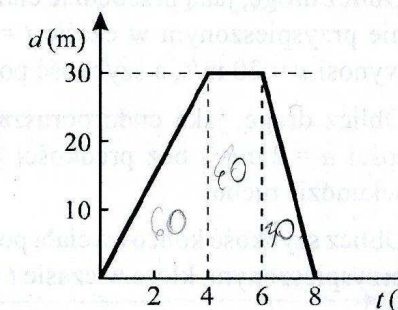
Rys. 2a



Rys. 2b



Rys. 3a



Rys. 3b

11. Oblicz, z jaką szybkością oddalają się od siebie dwa pojazdy wyruszające z tego samego miejsca, z których jeden porusza się na północ z szybkością 3 m/s , a drugi na zachód z szybkością 4 m/s .
12. Szybkość łodzi wyznaczona na jeziorze wynosi $v_1 = 3 \text{ m/s}$, natomiast szybkość prądu w rzece $v_2 = 1 \text{ m/s}$. Jak należy skierować łódź (pod jakim kątem do brzegu), aby osiągnęła ona punkt na drugim brzegu, leżący na linii prostopadłej do brzegu i przechodzącej przez punkt startu. Oblicz czas potrzebny na przepłynięcie rzeki o szerokości $d = 100 \text{ m}$.
13. Jaka była różnica szybkości dwóch zawodników biegnących na dystansie $s = 100 \text{ m}$, jeżeli pierwszy z nich przebiegł tę odległość w czasie $t = 10,2 \text{ s}$ i mijając linię mety wyprzedził drugiego zawodnika o $\Delta s = 4 \text{ m}$.

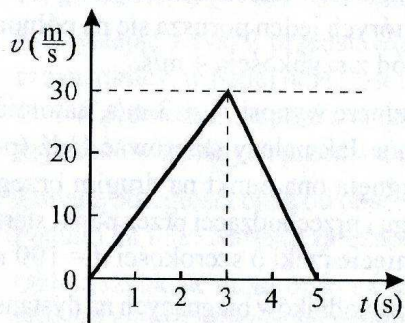
14. Zmotoryzowana kolumna wojskowa, której długość wynosi $s = 5$ km, porusza się ze stałą szybkością $v_1 = 10$ m/s. Z czoła kolumny został wysłany na jej tyły motocyklista z meldunkiem. Szybkość motocyklisty $v_2 = 72$ km/h. Po jakim czasie motocyklista potwierdzi wykonanie rozkazu?

$s = 5 \text{ km}$
 $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $v_2 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 $s = v \cdot t$
 $t = \frac{s}{v_2 - v_1}$
 $t = \frac{5}{72 - 10}$
 $t = \frac{5}{62}$
 $t = \frac{5}{62} \text{ s}$

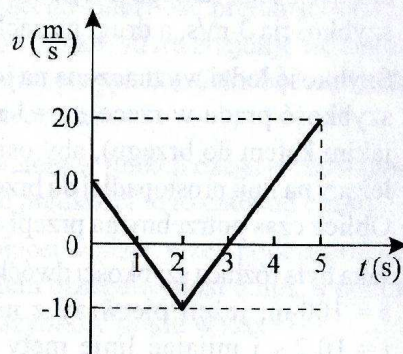
1.2. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny

Uwaga: W zadaniach dotyczących swobodnego spadku ciał zakładamy brak oporu powietrza. Wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- Oblicz drogę, jaką przebędzie ciało poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym w czasie $t = 5$ s, jeżeli jego szybkość końcowa wynosi $v = 20$ m/s, a szybkość początkowa jest równa zero.
- Oblicz drogę, jaką ciało poruszające się z przyspieszeniem o wartości $a = 2 \text{ m/s}^2$, bez prędkości początkowej, przebywa w trzeciej sekundzie ruchu.
- Oblicz szybkość końcową ciała poruszającego się ruchem jednostajnie przyspieszonym, które w czasie $t = 10$ s przebyło drogę $s = 100$ m.
- Oblicz, jaką drogę przebędzie ciało w ciągu piątej i szóstej sekundy ruchu jednostajnie przyspieszonego, jeżeli jego szybkość po trzech sekundach wynosi $v = 4$ m/s, a szybkość początkowa jest równa zero.

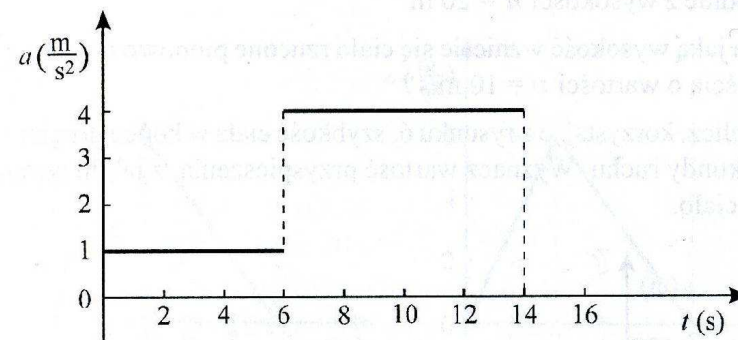


Rys. 4a

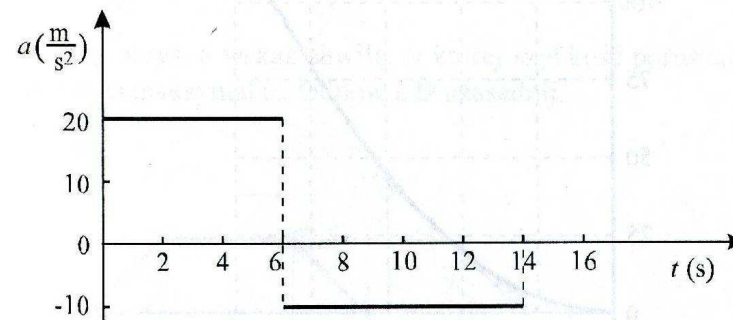


Rys. 4b

- Po jakim czasie ruchu jednostajnie przyspieszonego z szybkością początkową $v_1 = 5$ m/s ciało osiągnie szybkość $v_2 = 15$ m/s. Wartość przyspieszenia wynosi $a = 2 \text{ m/s}^2$. Jaką w tym czasie przebędzie drogę?
- Korzystając z przedstawionych na rys. 4a i 4b zależności $v(t)$ oblicz:
 - jak daleko od punktu startu znajduje się ciało po 5 s;
 - średnią szybkość ciała;
 - narysuj zależność przyspieszenia od czasu.
- Rysunki 5a i 5b przedstawiają zależność przyspieszenia pewnego ciała od czasu. Jaka będzie w obu przypadkach szybkość ciała po 14 s ($v_0 = 0$).

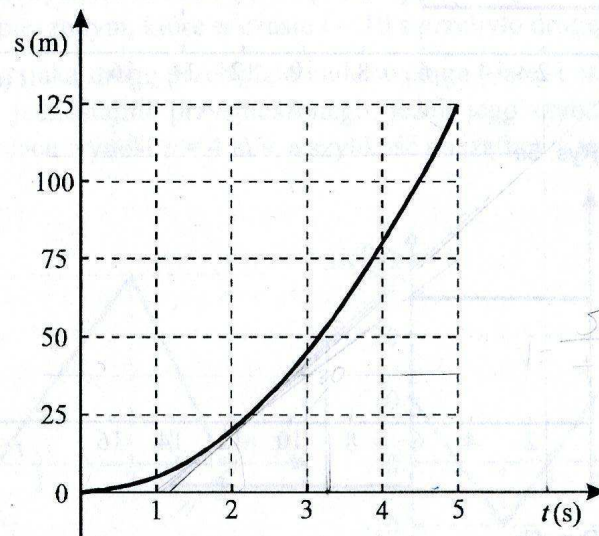


Rys. 5a



Rys. 5b

8. Ciało poruszając się ruchem jednostajnie przyspieszonym, bez szybkości początkowej, w czasie $t = 10$ s miało średnią szybkość $v = 10$ m/s. Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim porusza się ciało.
9. Oblicz, z jakim opóźnieniem poruszał się tyżwiarz, który mając szybkość początkową $v_0 = 10$ m/s, zatrzymał się po przebyciu drogi $s = 50$ m.
10. W jaki sposób w ruchu jednostajnie przyspieszonym (przy $v_0 = 0$) szybkość ciała zależy od drogi?
11. Z jakiej wysokości musiałoby spaść ciało, aby osiągnąć szybkość 72 km/h?
12. Oblicz szybkość końcową oraz czas spadania ciała puszczonego swobodnie z wysokości $h = 20$ m.
13. Na jaką wysokość wzniesie się ciało rzucone pionowo do góry z szybkością o wartości $v = 10$ m/s?
14. Oblicz, korzystając z rysunku 6, szybkość ciała w końcu drugiej i piątej sekundy ruchu. Wyznacz wartość przyspieszenia, z jakim porusza się to ciało.

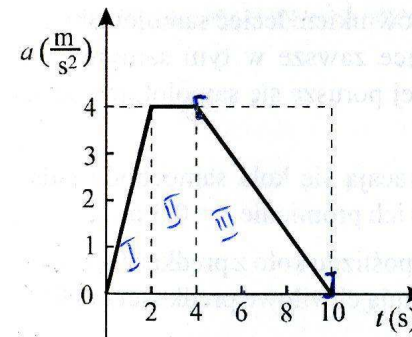


Rys. 6

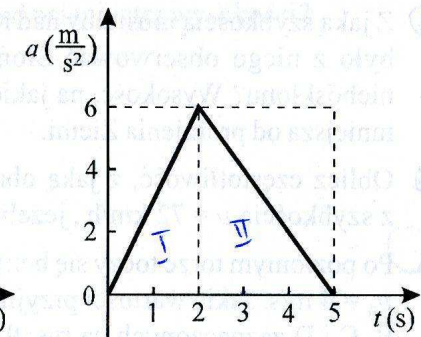
15. Rowerzysta jadąc ruchem prostoliniowym jednostajnym z szybkością $v = 10$ m/s, wymija nieruchomego motocyklistę, który w chwili mijania startuje i porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem o wartości $a = 2$ m/s². Oblicz, na jakim odcinku drogi motocyklista dogoni rowerzystę i po jakim czasie to nastąpi.

1.3. Ruch prostoliniowy niejednostajnie zmienny

1. Korzystając z przedstawionych na rys. 7a i 7b zależności przyspieszenia od czasu wskaż chwilę, w której ciało będzie miało maksymalną prędkość. Jaka będzie wartość tej prędkości ($v_0 = 0$)?

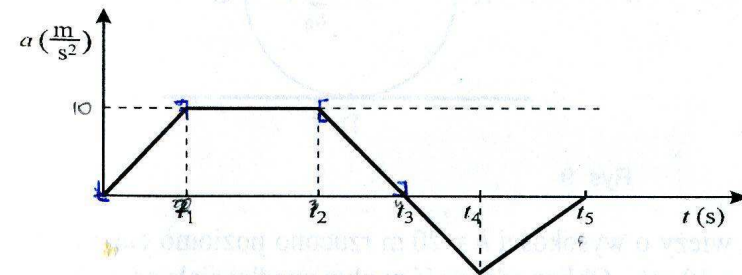


Rys. 7a



Rys. 7b

2. Korzystając z rys. 8 wskaż chwilę, w której szybkość poruszającego się ciała była maksymalna. Odpowiedź uzasadnij.

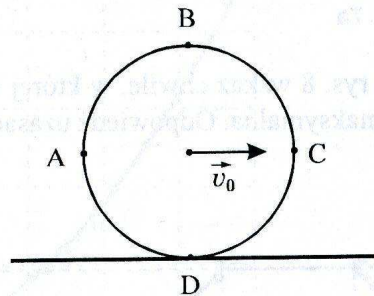


Rys. 8

1.4. Ruch krzywoliniowy

Uwaga: W zadaniach zakładamy brak oporu powietrza. Wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

1. Oblicz szybkość liniową obrzeża tarczy szlifierskiej o średnicy równej $2r = 30 \text{ cm}$. Częstotliwość obrotu tarczy wynosi 6000 na minutę.
2. W pewnej maszynie dwa koła o promieniach $r_1 = 0,5 \text{ m}$ i $r_2 = 0,125 \text{ m}$ są połączone pasem transmisyjnym. Podczas pracy maszyny większe koło wykonuje 3,5 obrotu w ciągu sekundy. Ile obrotów wykonuje koło mniejsze?
3. Co jaki czas wskazówka minutowa zegara pokrywa się ze wskazówką godzinową?
4. Z jaką szybkością musiałby nad równikiem lecieć samolot, aby można było z niego obserwować Słońce zawsze w tym samym punkcie nieboskłonu? Wysokość, na jakiej porusza się samolot, jest znacznie mniejsza od promienia Ziemi.
5. Oblicz częstotliwość, z jaką obracają się koła samochodu jadącego z szybkością $v = 72 \text{ km/h}$, jeżeli ich promienie $r = 0,3 \text{ m}$.
6. Po poziomym torze toczy się bez poślizgu koło z prędkością o wartości $v_0 = 4 \text{ m/s}$. Jakie wartości przyjmują chwilowe prędkości punktów A, B, C i D zaznaczonych na rys. 9.



Rys. 9

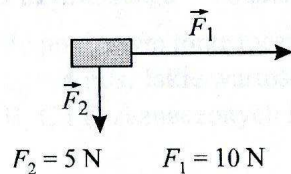
7. Z wieży o wysokości $h = 20 \text{ m}$ rzucono poziomo ciało z szybkością $v = 10 \text{ m/s}$. Oblicz odległość punktu upadku ciała od podstawy wieży.

8. Jaką wartość będzie miała prędkość ciała rzuconego poziomo z szybkością $v_0 = 30 \text{ m/s}$ po czasie $t = 4 \text{ s}$ ruchu?
9. Jaka była szybkość wyrzuconego poziomo kamienia, jeżeli po czasie $t = 1 \text{ s}$ wzrosła trzykrotnie ($n = 3$)?
10. Ciało rzucono poziomo z szybkością $v = 10 \text{ m/s}$. Uderzyło ono w powierzchnię Ziemi pod kątem $\alpha = 60^\circ$. Oblicz wartość prędkości ciała w chwili uderzenia w Ziemię. Z jakiej wysokości rzucono ciało?
11. Oblicz, jaki kąt tworzy z poziomem wektor prędkości ciała wyrzuconego z szybkością $v_0 = 20 \text{ m/s}$ pod kątem $\alpha = 60^\circ$ do poziomu, po czasie $t = 1 \text{ s}$ od chwili wyrzucenia?
12. Pod jakim kątem do poziomu należy rzucić ciało ukośnie by zasięg rzutu był cztery razy większy od osiągniętej wysokości?

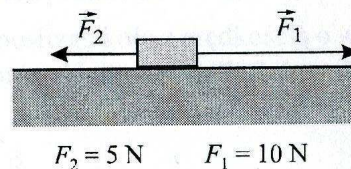
2. Dynamika

2.1. Zasady dynamiki Newtona (część I)

1. Znajdź masę ciała (poruszającego się po prostej), które pod działaniem siły o wartości $F = 30 \text{ N}$ w czasie $t = 5 \text{ s}$ zmienia swą szybkość z $v_1 = 15 \text{ m/s}$ na $v_2 = 30 \text{ m/s}$.
2. Znajdź wartość siły działającej na ciało o masie $m = 2 \text{ kg}$, jeżeli w ciągu czasu $t = 10 \text{ s}$ od chwili rozpoczęcia ruchu przebyło ono drogę $s = 100 \text{ m}$.
3. Jaką szybkość osiągnie poruszające się bez tarcia ciało o masie $m = 10 \text{ kg}$ po czasie $t = 2 \text{ s}$ od chwili rozpoczęcia ruchu, jeżeli działa nań układ sił pokazany na rys. 10a i 10b?

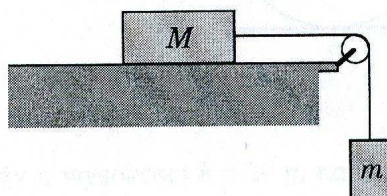


Rys. 10a



Rys. 10b

4. Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim będzie się odbywał ruch układu ciał o masach M i m pokazany na rys. 11, jeżeli tarcie pominiemy.

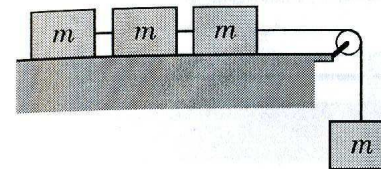


$$\begin{aligned} M &= 5 \text{ kg} \\ m &= 3 \text{ kg} \end{aligned}$$

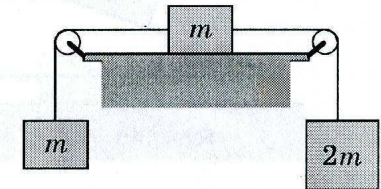
Rys. 11

2.1. ZASADY DYNAMIKI NEWTONA (CZĘŚĆ I)

5. Oblicz, o ile opadnie w dół wiszące poza stołem ciało o masie m (rys. 12a) i o masie $2m$ (rys. 12b) w czasie $t = 2 \text{ s}$, jeżeli tarcie pominiemy.

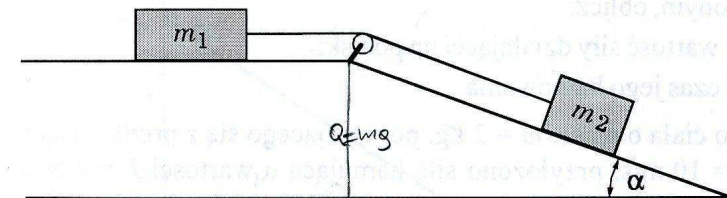


Rys. 12a



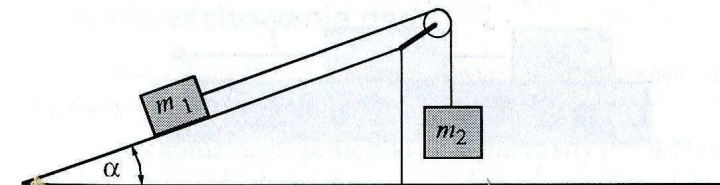
Rys. 12b

6. Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim bez tarcia poruszał się układ ciał o masach $m_1 = 2 \text{ kg}$ i $m_2 = 1 \text{ kg}$, jeżeli kąt nachylenia równi $\alpha = 30^\circ$ (rys. 13).

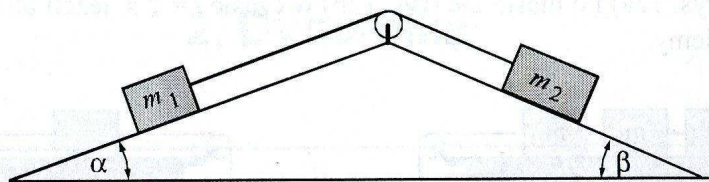


Rys. 13

7. Jaki będzie warunek równowagi dwóch ciał pokazanych na rys. 14a i 14b? Tarcie pomijamy.

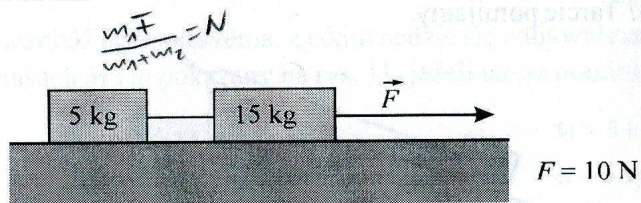


Rys. 14a



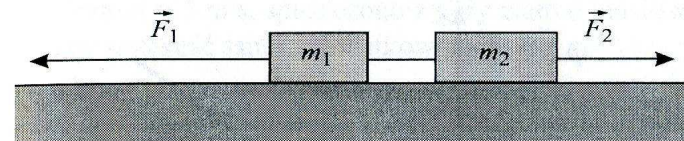
Rys. 14b

8. Z jakim przyspieszeniem będzie się zsuwać z równi pochyłej ciało, jeżeli kąt nachylenia równi $\alpha = 30^\circ$, a tarcie pomijamy? Jaka szybkość końcową osiągnie ciało zsuwające się z wysokości $h = 2$ m?
9. Wystrzelony z pistoletu pocisk o masie $m = 10$ g, którego szybkość wynosi $v = 300$ m/s, wbija się w drewnianą belkę na głębokość $s = 5$ cm. Przyjmując, że ruch pocisku w drewnie jest ruchem jednostajnie opóźnionym, oblicz:
- wartość siły działającej na pocisk;
 - czas jego hamowania.
10. Do ciała o masie $m = 2$ kg, poruszającego się z prędkością o wartości $v = 10$ m/s, przyłożono siłę hamującą o wartości $F = 4$ N o zwrocie przeciwnym do zwrotu prędkości. Oblicz, jaką drogę przebędzie ciało do chwili zatrzymania się.
11. Oblicz naciąg linki w sytuacji przedstawionej na rys. 15. Ruch odbywa się bez tarcia.



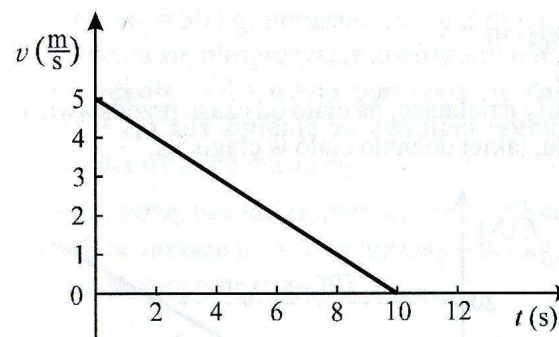
Rys. 15

12. Oblicz wartość przyspieszenia układu dwóch ciał o masach $m_1 = 2$ kg i $m_2 = 4$ kg poruszającego się pod działaniem dwu przeciwnie zwrotanych sił $F_1 = 10$ N i $F_2 = 4$ N (rys. 16). Układ porusza się bez tarcia. Jaki będzie naciąg linki łączącej oba ciała?



Rys. 16

13. Korzystając z zależności prędkości ciała od czasu $v(t)$ (rys. 17), oblicz wartość siły F , jaka działa na to ciało, jeżeli jego masa $m = 2$ kg.



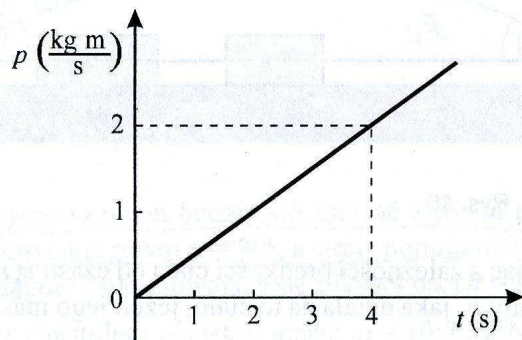
Rys. 17

2.2. Pęd, zasada zachowania pędu

Uwaga: We wszystkich zadaniach tarcie pomijamy. Mówiąc krótko "oblicz pęd" lub "oblicz siłę" mamy na myśli obliczanie wartości tych wektorów.

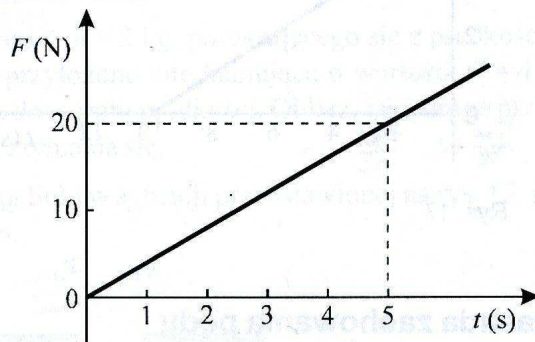
- Oblicz pęd ciała poruszającego się pod działaniem siły $F = 4$ N po czasie $t = 5$ s ruchu. Prędkość początkowa ciała jest równa zeru.
- Silnik modelu rakiety wyrzuca w czasie $t = 2$ s masę $m = 0,2$ kg gazu z szybkością $v = 2000$ m/s. Oblicz siłę ciągu tego silnika.

- Jaki pęd posiada swobodnie spadające ciało o masie $m = 2 \text{ kg}$ po czasie $t = 4 \text{ s}$ spadania?
- Korzystając z zależności pędu ciała od czasu (rys. 18) oblicz siłę, jaka działa na to ciało.



Rys. 18

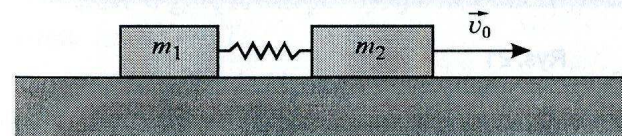
- Zależność siły działającej na ciało od czasu przedstawia rys. 19. Oblicz zmianę pędu, jakiej doznało ciało w ciągu 5 s.



Rys. 19

- Młotek o masie $m = 0,6 \text{ kg}$, poruszający się z szybkością $v = 5 \text{ m/s}$, uderza w główkę gwoźdź i nie odskakuje. Czas oddziaływania młotka z gwoździem wynosi $t = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$. Oblicz, jaką siłą działa młotek na gwoździe podczas uderzenia.

- W klocek o masie $m_1 = 10 \text{ kg}$ strzelamy z pistoletu. Pocisk posiada szybkość $v_0 = 500 \text{ m/s}$ i masę $m_2 = 0,01 \text{ kg}$. Z jaką szybkością będzie się poruszał klocek po wbiciu pocisku?
- Na sanki o masie $m_1 = 10 \text{ kg}$, poruszające się po poziomym torze z szybkością $v_1 = 5 \text{ m/s}$, spuszczone z góry ciało o masie $m_2 = 5 \text{ kg}$. Jaka będzie szybkość sanek z dodatkowym ciężarem?
- Po tej samej prostej, w przeciwnie strony, poruszają się: ciało o masie $m_1 = 2 \text{ kg}$ z szybkością $v_1 = 3 \text{ m/s}$ oraz ciało o masie $m_2 = 5 \text{ kg}$. Jaka szybkość musi mieć ciało o masie m_2 , aby po niesprężystym zderzeniu oba ciała pozostały w spoczynku?
- Z jaką szybkością po wystrzale odskoczy do tyłu karabin o masie $m_1 = 5 \text{ kg}$, jeżeli masa wystrzelonego pocisku $m_2 = 0,02 \text{ kg}$, a jego szybkość początkowa $v_0 = 700 \text{ m/s}$.
- Wózek o masie $m_1 = 50 \text{ kg}$, poruszający się z prędkością o wartości $v_1 = 10 \text{ m/s}$, zderza się niesprężysto z wózkiem o masie $m_2 = 75 \text{ kg}$, o nieznannej prędkości. Oba wózki poruszają się dalej z prędkością o wartości $v_2 = 2,5 \text{ m/s}$ zgodnie ze zwrotem prędkości \vec{v}_1 . Oblicz wartość prędkości wózka o masie m_2 .
- Po powietrznym torze, bez tarcia, porusza się z szybkością $v_0 = 2 \text{ m/s}$ układ dwóch ciał o masach $m_1 = 1 \text{ kg}$ oraz $m_2 = 0,5 \text{ kg}$, pomiędzy które wsunięto ściśniętą sprężynę (rys. 20).



Rys. 20

W pewnej chwili sprężynę zwalniamy. Jaka jest szybkość ciała o masie m_2 względem ciała o masie m_1 , jeżeli po zwolnieniu sprężyny ciało o masie m_1 zatrzymało się?

13. Puszczona z wysokości $h = 4$ m kulka o masie $m = 20$ g uderza w maszyną, ułożoną poziomo płytę. Oblicz, jaka średnia siła działa na płytę podczas zderzenia, gdy:

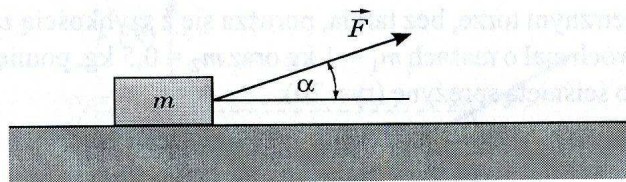
- a) kulka odbija się sprężysto od płyty;
b) kulka przykleja się do płyty.

Czas oddziaływania pomiędzy kulką a płytą wynosi $t = 5 \cdot 10^{-3}$ s.

2.3. Tarcie

Uwaga: Przyjmujemy, że wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,8$ m/s². Mówiąc krótko "oblicz przyspieszenie" lub "oblicz siłę" mamy na myśli obliczanie **wartości** tych wektorów.

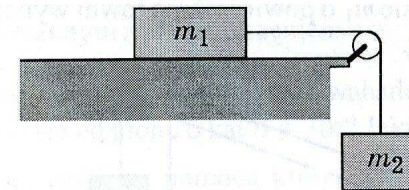
1. Na klocek o masie $m = 10$ kg, znajdujący się na poziomym podłożu, działa pozioma siła $F = 100$ N. Z jakim przyspieszeniem poruszał się będzie klocek, jeżeli współczynnik tarcia klocka o podłoże $f = 0,2$?
2. Z jakim przyspieszeniem będzie się poruszało ciało o masie $m = 10$ kg pokazane na rys. 21, jeżeli współczynnik tarcia $f = 0,05$, $\alpha = 30^\circ$, a wartość siły $F = 10$ N.



Rys. 21

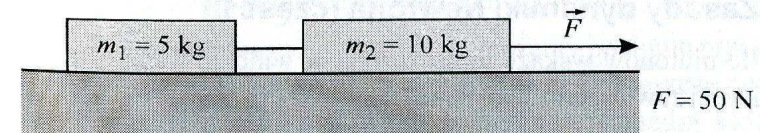
3. Jaką drogę przebędzie łyżwiarz, mający szybkość początkową $v = 10$ m/s do chwili zatrzymania, jeżeli współczynnik tarcia łyżew o lód wynosi $f = 0,05$?
4. Oblicz współczynnik tarcia łyżew o lód, jeżeli szybkość łyżwiarza $v_1 = 10$ m/s na drodze $s = 25$ m została zredukowana do $v_2 = 5$ m/s.
5. Znajdź współczynnik tarcia kół samochodu o nawierzchnię szosy, jeżeli wiadomo, że przy szybkości samochodu $v = 20$ m/s droga hamowania wynosi $s = 40$ m.

6. Podnosząc stopniowo jeden koniec deski stwierdzono, że położony na niej klocek zaczął się zsuwać przy kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$. Oblicz współczynnik tarcia statycznego klocka o deskę.
7. Lina zaczęła zsuwać się ze stołu wtedy, gdy trzecia część jej długości była poza jego krawędzią. Oblicz współczynnik tarcia f .
8. Z jakim przyspieszeniem poruszał się będzie układ dwóch klocków pokazanych na rys. 22? Współczynnik tarcia klocka o stół wynosi $f = 0,1$, $m_1 = 3$ kg a $m_2 = 1$ kg.



Rys. 22

9. Oblicz przyspieszenie, z jakim zsuwał się będzie klocek z równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$. Współczynnik tarcia $f = 0,2$.
10. Oblicz czas zsuwania się ciała położonego na równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$ z wysokości $h = 1$ m ponad podstawą równi. Współczynnik tarcia $f = 0,2$. Jaką szybkość osiągnie ciało u podstawy równi?
11. Oblicz opóźnienie, z jakim klocek, któremu nadano pewną prędkość, poruszał się będzie w górę równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$. Współczynnik tarcia $f = 0,1$.
12. Oblicz przyspieszenie układu klocków pokazanego na rys. 23 oraz siłę naciągu linki. Współczynnik tarcia ciała o podłoże $f = 0,2$.

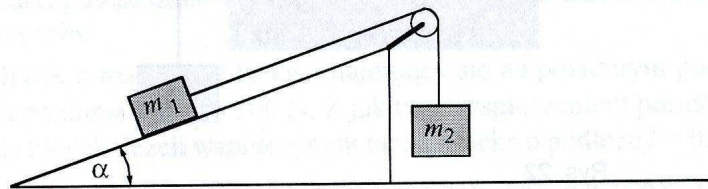


Rys. 23

13. Jaka będzie droga hamowania samochodu na asfaltowej nawierzchni, jeżeli typowy czas reakcji kierowcy (czas, jaki upływa od chwili pojawienia się przeszkody do chwili zadziałania hamulców) wynosi $t_1 = 0,7$ s, a współczynnik tarcia opon o suchą nawierzchnię asfaltową $f = 0,75$? Obliczenia przeprowadź dla szybkości samochodu $v_1 = 30$ km/h, 60 km/h, 120 km/h.

$$s = v t_1 + \frac{v^2}{2f g}$$

14. Z jakim przyspieszeniem poruszał się będzie układ dwóch ciał o masach $m_1 = 2$ kg i $m_2 = 4$ kg (rys. 24), połączonych linką i umieszczonych na równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$? Współczynnik tarcia ciała o masie m_1 o powierzchnię równi wynosi $f = 0,2$.



Rys. 24

15. Jaką najmniejszą siłą musimy docisnąć klocek o masie $m = 1$ kg do pionowej ściany, aby nie zsunął się w dół? Współczynnik tarcia pomiędzy klockiem a ścianą $f = 0,2$.
16. Na klocek o masie $m = 10$ kg działa siła $F = 40$ N, równoległa do poziomego toru, po którym porusza się klocek. Jaki jest współczynnik tarcia klocka o podłoże, jeżeli porusza się on z przyspieszeniem $a = 2$ m/s².

2.4. Zasady dynamiki Newtona (część II)

1. Ile niutonów wskaże umieszczona w windzie waga sprężynowa, na której zawieszono ciało o masie $m = 10$ kg, gdy:

a) winda porusza się w dół z przyspieszeniem $a = \frac{1}{3} g$;

b) winda porusza się w górę z przyspieszeniem $a = \frac{1}{5} g$;

c) winda porusza się ze stałą szybkością $v = 2$ m/s?

2. Określ zwrot i oblicz wartość przyspieszenia windy wiedząc, że waga sprężynowa umieszczona w windzie wskazuje $p = 15\%$ więcej niż w przypadku pomiaru dokonanego w windzie będącej w spoczynku.

3. Pod jakim kątem (mierzonym względem poziomu) musi nachylić się człowiek, aby nie upaść w autobusie poruszającym się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem $a = \frac{1}{\sqrt{3}} g$?

4. Jakie jest przyspieszenie wagonika, jeżeli wahadełko zawieszone u jego sufitu odchyliło się od pionu o kąt $\alpha = 30^\circ$? Jaki to może być ruch?

5. Jaki jest naciąg linki, za pomocą której podnosimy ciało o masie $m = 10$ kg z przyspieszeniem o wartości $a = 2$ m/s²? $N = m(g + a)$

6. Z jaką szybkością musiałby jechać samochód po wypukłym moście o promieniu krzywizny $r = 40$ m, aby przez chwilę, w najwyższym jego punkcie, być w stanie nieważkości?

7. Pod jakim kątem do poziomu musi nachylić się rowerzysta wjeżdżający w zakręt o promieniu $r = 50$ m z szybkością $v = 10$ m/s?

8. Oblicz, o jaki kąt odchyli się od pionu linka o długości $l = 2$ m, jeżeli okres obiegu okręgu kulki na niej zawieszonej wynosi $T = 2$ s.

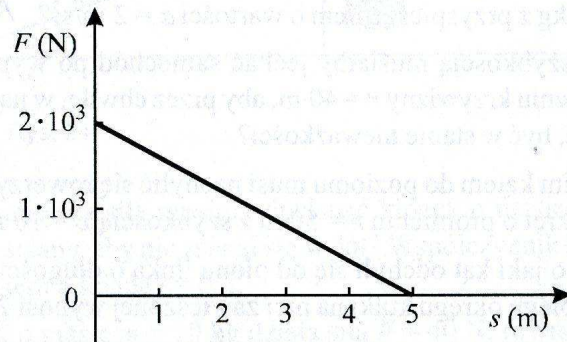
9. Oblicz, z jaką maksymalną szybkością może wjechać samochód w zakręt o promieniu $r = 20$ m, jeżeli współczynnik tarcia między kołami a nawierzchnią wynosi $f = 0,75$.

10. Oblicz, z jaką maksymalną częstotliwością może wirować tarcza o promieniu $r = 0,5$ m, aby umieszczone na jej brzegu ciało nie zsunęło się. Współczynnik tarcia pomiędzy ciałem a tarczą wynosi $f = 0,5$.

11. Z jakim maksymalnym przyspieszeniem możemy poziomo przesuwając deskę z umieszczonym na niej klockiem, aby klocek jeszcze pozostał nieruchomy względem deski. Współczynnik tarcia między klockiem a deską $f = 0,2$.

2.5. Praca, moc, energia

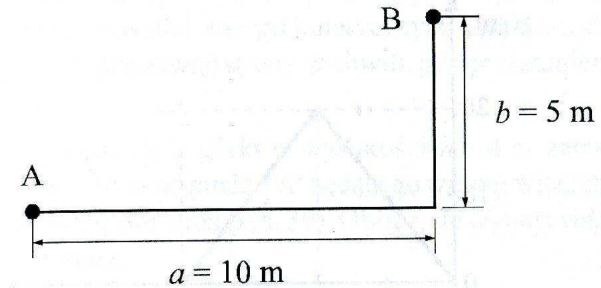
1. Jaką pracę trzeba wykonać, aby wzdłuż równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$, na drodze $s = 5$ m, przesunąć bez tarcia ciało o masie $m = 10$ kg?
2. Jaką pracę wykona siła $F = 5$ N równoległa do poziomego toru, po którym, bez tarcia, przesuwa ciało o masie $m = 10$ kg w czasie $t = 5$ s?
3. Jaką pracę należy wykonać, aby ciało o masie $m = 10$ kg podnieść z przyspieszeniem $a = 2$ m/s² na wysokość $h = 10$ m?
4. Oblicz pracę potrzebną na to, aby sześcian o krawędzi $a = 1$ m, o masie $m = 500$ kg, przewrócić z jednego boku na drugi.
5. Oblicz pracę, jaką na drodze $s = 5$ m wykona siła, której zależność od drogi pokazuje rys. 25.



Rys. 25

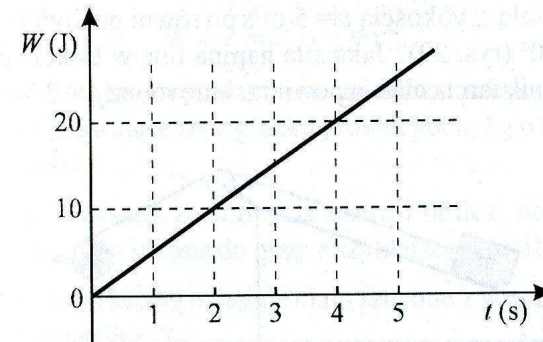
6. Oblicz pracę, jaką trzeba wykonać, aby ciało o masie $m = 10$ kg w ciągu czasu $t = 4$ s przesunąć poziomo z przyspieszeniem $a = 5$ m/s². Tarcie pomijamy. Prędkość początkowa $v_0 = 0$.
7. Jaką pracę musimy wykonać, aby ciało o masie $m = 10$ kg przesunąć ze stałą prędkością po poziomym torze na odległość $s = 20$ m, przy założeniu, że współczynnik tarcia pomiędzy ciałem a podłożem $f = 0,2$?

8. Jaką pracę należy wykonać, aby ze stałą szybkością, w płaszczyźnie pionowej, przesunąć ciało o masie $m = 10$ kg z punktu A do B tak, jak to pokazuje rys. 26?



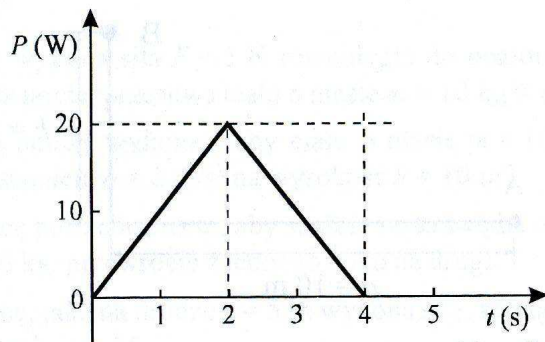
Rys. 26

9. Oblicz pracę, jaką należy wykonać, aby ciało o masie $m = 10$ kg przesunąć po poziomym torze bez tarcia, ruchem jednostajnie przyspieszonym, w czasie $t = 5$ s na odległość $s = 20$ m. Zakładamy, że prędkość początkowa ciała jest równa zero.
10. Znając zależność pracy od czasu (rys. 27) oblicz moc urządzenia wykonującego pracę.



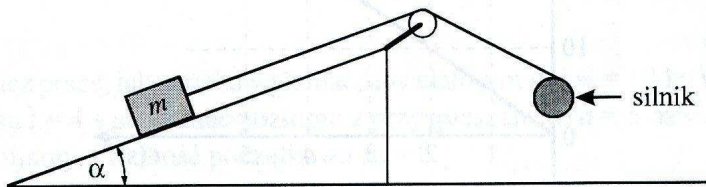
Rys. 27

11. Zależność mocy pewnego urządzenia od czasu podaje wykres (rys 28). Oblicz pracę wykonaną przez to urządzenie w czasie $t = 4$ s.



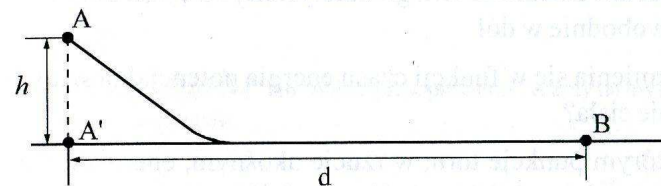
Rys. 28

12. Jaka jest siła ciągu silnika samochodu o mocy $P = 30$ kW, jeśli samochód porusza się ze stałą szybkością $v = 72$ km/h?
13. Oblicz chwilową moc, jaką uzyska ciało o masie $m = 10$ kg, po czasie $t = 5$ s swobodnego spadania. Opór powietrza pomijamy.
14. Jaka moc posiada silnik elektryczny, który ciało o masie $m = 1000$ kg wciąga ze stałą szybkością $v = 5$ m/s po równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$ (rys. 29)? Jaka siła napina linę w trakcie pracy silnika? Współczynnik tarcia ciała o powierzchnię równi $f = 0,3$.



Rys. 29

15. W jaki sposób chwilowa moc spadającego ciała zależy od przebytej drogi?
16. Między dwoma spoczywającymi na poziomym torze powietrznym klockami o masach $m_1 = 1$ kg i $m_2 = 3$ kg przytrzymujemy ściśniętą sprężynę. Oblicz stosunek energii kinetycznych klocków odrzuconych przez sprężynę w przeciwnie strony w chwili, gdy przestaniemy je przytrzymywać.
- 17.* Sanki ześlizgujące się z góry o wysokości $h = 4$ m zatrzymały się w odległości $d = 50$ m od punktu A' będącego rzutem wierzchołka góry (A) na płaszczyznę poziomą (rys. 30). Oblicz, ile wynosi współczynnik tarcia sanek o śnieg.



Rys. 30

- 18.* Udowodnij, że rozprędkenie ciała o masie m od szybkości v_1 do szybkości $v_2 > v_1$ wymaga wykonania pracy:

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2.$$

19. Korzystając z zasady zachowania energii oblicz, jaką szybkość końcową uzyska ciało zsuwające się z gładkiej równi pochyłej o kącie nachylenia α z wysokości h .
20. Korzystając z zasady zachowania energii oblicz, na jaką wysokość wzniesie się ciało rzucone do góry z szybkością $v = 10$ m/s.
21. Jaka szybkość końcową osiągnie ciało rzucone z wysokości h pionowo w dół z szybkością v_0 ?
22. Oblicz, korzystając z zasady zachowania energii, na jaką maksymalną wysokość wzniesie się ciało rzucone z szybkością $v_0 = 10$ m/s pod kątem $\alpha = 30$ do poziomu.

23. Oblicz, korzystając z zamiany energii kinetycznej na pracę, drogę, jaką przebędzie łyżwiarz do chwili zatrzymania się, jeżeli jego szybkość początkowa $v_0 = 10 \text{ m/s}$, a współczynnik tarcia $f = 0,04$.
24. Po okręgu, w płaszczyźnie pionowej, wiruje odważnik przywiązany do linki o długości $l = 0,75 \text{ m}$. Kiedy odważnik znajdzie się w najwyższym punkcie okręgu, linka nie jest napięta. Oblicz szybkość odważnika w najniższym punkcie zataczanego okręgu. $v = \sqrt{rg}$.
25. Jaka szybkość będzie miała kulka wahadła o masie $m = 0,05 \text{ kg}$, o długości $l = 1 \text{ m}$ w najniższym położeniu, jeżeli w fazie wstępnej wahadło odchylił od pionu o kąt $\alpha = 30^\circ$? Jaki będzie naciąg nitki w tym punkcie?
26. Przedstaw zależność energii kinetycznej od czasu dla ciała puszczonego swobodnie w dół.
27. Jak zmienia się w funkcji czasu energia potencjalna spadającego swobodnie ciała?
28. W którym punkcie toru, w rzucie ukośnym, energia kinetyczna ciała jest najmniejsza? Odpowiedź uzasadnij.
29. Z wysokości h rzucono pionowo w dół kulkę z taką szybkością, że po doskonale sprężystym odbiciu wzniosła się na wysokość $2h$. Z jaką szybkością rzucono kulkę?
30. Z wysokości h nad powierzchnią Ziemi rzucają pionowo do góry ciało z szybkością v_0 . Jaka szybkość uzyska to ciało w chwili uderzenia w Ziemię?
31. Po jakim czasie energia kinetyczna ciała rzuconego poziomo z szybkością v_0 będzie trzy razy większa od energii kinetycznej ciała w chwili rzucenia?
32. Jaka drogę przebędzie ciało poruszające się bez tarcia w górę równi pochyłej do chwili zatrzymania się, jeżeli u podstawy równi nadano mu szybkość v ? Kąt nachylenia równi wynosi α .
33. Na jakiej wysokości ponad powierzchnią Ziemi energia kinetyczna ciała spadającego z wysokości h jest równa jego energii potencjalnej?

34. Rzucamy poziomo ciało o masie m z szybkością v_0 z wysokości h . Jaka energię kinetyczną posiada ciało w chwili uderzenia w Ziemię? Jaka będzie jego szybkość końcowa?
35. Naszkicuj wykres zależności energii kinetycznej i potencjalnej ciała od czasu dla:
- rzutu poziomego;
 - rzutu ukośnego;
 - rzutu pionowego do góry.
36. W jaki sposób energia kinetyczna zsuwającego się z równi pochyłej ciała zależy od przebytej drogi (tarcie zaniedbujemy)?

2.6. Grawitacja

Uwaga: Mówiąc krótko "oblicz siłę" lub "oblicz przyspieszenie" mamy na myśli obliczanie wartości tych wektorów.

- Oblicz, jaką siłą Księżyc, którego masa wynosi $\frac{1}{81}$ masy Ziemi, a środek oddalony jest o $r = 384400 \text{ km}$ od środka Ziemi, przyciąga ciało o masie $m = 1 \text{ kg}$ znajdujące się na jej powierzchni? Promień Ziemi $R_Z = 6370 \text{ km}$, a przyspieszenie grawitacyjne $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
- Wiedząc, że stała grawitacji $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, a promień Ziemi ma wartość $R_Z = 6370 \text{ km}$, oblicz masę Ziemi.
- Znajdź średnią gęstość Ziemi, jeżeli wiadomo, że jej promień jest równy R_Z , a przyspieszenie ziemskie wynosi g . Przyjmujemy, że Ziemia ma kształt kuli.
- Ciężar człowieka na powierzchni Ziemi wynosi $P = 600 \text{ N}$. Ile wyniosłby ciężar tego człowieka na planecie o dwukrotnie większej masie, lecz identycznym jak Ziemia promieniu?
- Jakie jest przyspieszenie grawitacyjne na planecie, której zarówno promień, jak i masa, są dwa razy większe od promienia i masy Ziemi?
- Oblicz przyspieszenie, z jakim poruszać się będzie w kierunku Ziemi ciało umieszczone na wysokości h ponad powierzchnią Ziemi.

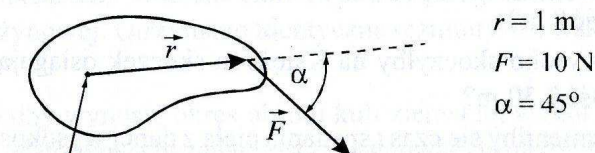
7. Na jakiej wysokości ponad powierzchnią Ziemi przyspieszenie jest równe połowie przyspieszenia na powierzchni Ziemi?
8. Oblicz, w jakiej odległości od środka Ziemi pomiędzy Ziemią a Księżycem znajduje się punkt, w którym natężenie pola grawitacyjnego jest równe zeru. Odległość między środkiem Ziemi a środkiem Księżyca jest w przybliżeniu równa 60 promieni Ziemi, a masa Ziemi jest 81 razy większa od masy Księżyca.
9. W jakim punkcie kuli ziemskiej ciężar ciała jest równy sile oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy ciałem a Ziemią?
10. Na równiku Ziemi zważono ciało za pomocą wagi szalkowej, a następnie sprężynowej. Otrzymano identyczne rezultaty. Co wskażą wagi na biegunie?
11. Ile musiałby wynosić okres obrotu kuli ziemskiej wokół własnej osi, aby siła odśrodkowa bezwładności zrównoważyła na równiku siłę grawitacyjną? Promień Ziemi $R_Z = 6370$ km, a przyspieszenie ziemskie $g = 9,8$ m/s².
12. Oblicz, ile wynosi na równiku wartość przyspieszenia wynikającego z działania siły odśrodkowej.
13. Przenosząc ciało o masie $m = 10$ kg z punktu A o potencjale równym $V_A = -10$ J/kg do punktu B wykonaliśmy pracę $W = 40$ J. Oblicz potencjał pola grawitacyjnego w punkcie B pola.
14. Jaka wielkość fizyczna ma wymiar m²/s²?
15. Wokół Ziemi poruszają się dwa satelity: jeden z nich w odległości r_1 od środka Ziemi, drugi w odległości $r_2 > r_1$. Który z nich ma większą szybkość liniową i kątową?
16. Jaki jest stosunek energii kinetycznej ciała okrążającego Ziemię w odległości r od jej środka do jego energii potencjalnej?
17. Oblicz czas obiegu satelity poruszającego się na wysokości $h = 500$ km nad powierzchnią Ziemi. Promień Ziemi $R_Z = 6370$ km.

18. W jakiej odległości od środka Ziemi musi znajdować się satelita stacjonarny? Okres obrotu Ziemi wokół własnej osi $T = 23$ godziny 56 minut.
19. W chwili, gdy rakieta znajdowała się na wysokości $h = R_Z$, wyłączono silniki. Co wskaże umieszczona w rakiecie waga sprężynowa, na której położono ciało o masie $m = 10$ kg?
20. Czy gęstość i masa ciała ulegają zmianie, jeżeli pomiaru dokonujemy na Księżycu?
21. Przyspieszenie na Księżycu jest około 6 razy mniejsze, niż na Ziemi.
 - a) Jak daleko skoczyłby na Księżycu skoczek osiągający na Ziemi odległość 8 m?
 - b) Jak wysoko skoczyłby na Księżycu skoczek osiągający na Ziemi wysokość 2,30 m?
 - c) Jak zmieniłby się czas t spadania ciała z danej wysokości?
22. Oblicz wartość drugiej prędkości kosmicznej na Księżycu pamiętając, że jego promień $R_K = 1740$ km, a przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Księżyca $g_K = \frac{1}{6} g$.
23. Oblicz wartość i kierunek wypadkowej sił: grawitacji i odśrodkowej bezwładności działających na ciało o masie m na równiku i biegunie. Zakładamy, że promień Ziemi wynosi R_Z , okres obrotu Ziemi wokół osi wynosi T , a stała grawitacji G .
24. Oblicz pracę, jaką należy wykonać, aby ciało o masie $m = 1$ kg z powierzchni Ziemi, ruchem jednostajnym, przenieść na wysokość równą promieniowi ziemskiemu. Promień Ziemi $R_Z = 6370$ km, a przyspieszenie ziemskie $g = 9,8$ m/s².

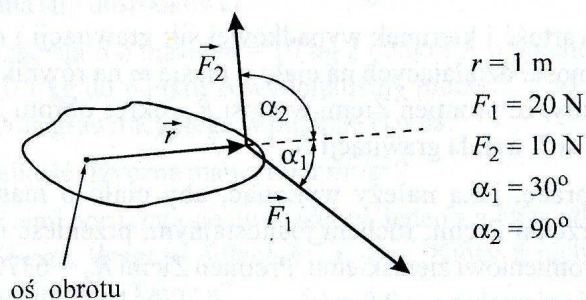
3. Bryła sztywna

3.1. Moment siły i moment bezwładności

1. Oblicz wartość momentu siły dla przypadków pokazanych na rys. 31a i 31b.



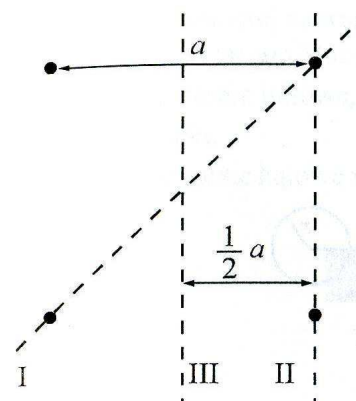
oś obrotu
Rys. 31a



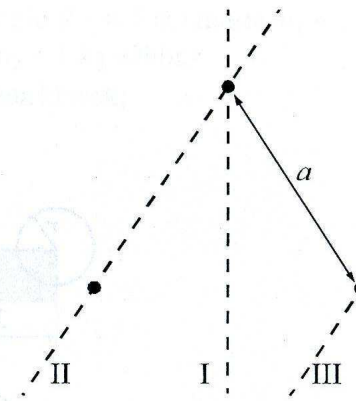
oś obrotu
Rys. 31b

2. Oblicz moment bezwładności układu punktów materialnych na rys. 32a i 32b względem różnych osi obrotów zaznaczonych liniami przerywanymi. W przypadku rys. 32a punkty materialne rozmieszczone zostały w wierzchołkach kwadratu o boku a , natomiast na rys. 32b umieszczone zostały w wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku a . Wszystkie punkty mają jednakowe masy m .

3.1. MOMENT SIŁY I MOMENT BEZWŁADNOŚCI

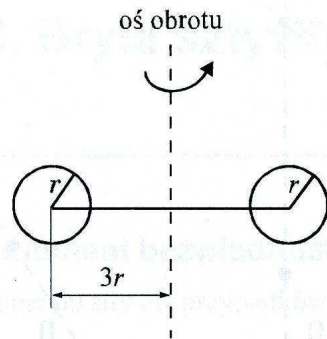


Rys. 32a



Rys. 32b

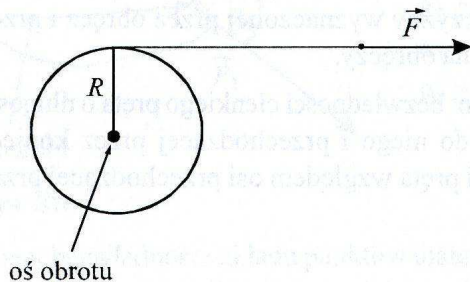
3. Ile wynosi stosunek momentów bezwładności dwóch tarcz wykonanych z tego samego materiału, o tej samej grubości, których promienie pozostają w relacji $r_1 = 2r_2$? Tarcze obracają się względem osi do nich prostopadłych i przechodzących przez ich środki.
4. Mamy dwie kule wykonane z materiału o tej samej gęstości. Objętość $V_1 = 8V_2$. Jaki jest stosunek ich momentów bezwładności względem osi przechodzących przez środki?
5. Oblicz moment bezwładności cienkiej obręczy względem osi prostopadłej do płaszczyzny wyznaczonej przez obręcz i przechodzącej przez punkt leżący na obręczy.
6. Oblicz moment bezwładności cienkiego pręta o długości l względem osi prostopadłej do niego i przechodzącej przez koniec pręta. Moment bezwładności pręta względem osi przechodzącej przez środek wynosi
- $$I_0 = \frac{1}{12} ml^2.$$
7. Oblicz moment bezwładności układu dwu kul o masie m i promieniu r każda, pokazanych na rys. 33. Kule zamocowane są na nieważkim pręcie i obracają się wokół osi prostopadłej do odcinka łączącego ich środki, i przechodzącej przez jego środek.



Rys. 33

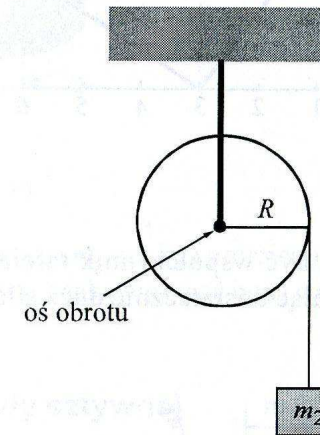
3.2. I i II zasada dynamiki dla bryły sztywnej

1. Na walec o masie $m = 10 \text{ kg}$, obracający się wokół osi pokrywającej się z jego osią symetrii, nawinięto nitkę. Na koniec nitki działamy siłą $F = 5 \text{ N}$ (rys. 34). Z jakim przyspieszeniem kątowym będzie obracał się walec? Jaka będzie wartość przyspieszenia liniowego końca nitki, jeżeli promień walca $R = 0,25 \text{ m}$?



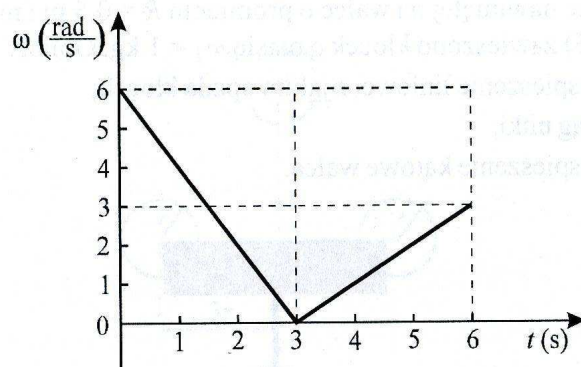
Rys. 34

2. *Na nitce nawiniętej na walec o promieniu $R = 0,5 \text{ m}$ i masie $m_1 = 5 \text{ kg}$ (rys. 35) zawieszono klocek o masie $m_2 = 1 \text{ kg}$. Oblicz:
 - a) przyspieszenie liniowe, z jakim opada klocek;
 - b) naciąg nitki;
 - c) przyspieszenie kątowe walca.



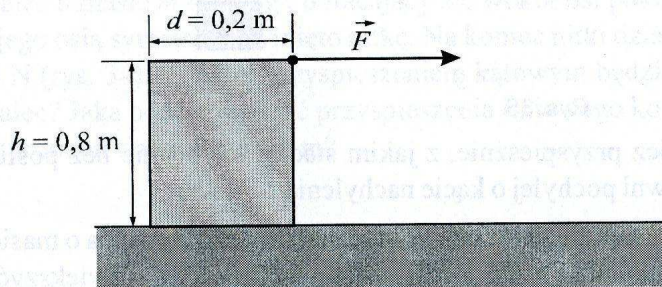
Rys. 35

3. *Oblicz przyspieszenie, z jakim staczał się będzie bez poślizgu walec z równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$.
4. Jaką siłę należy przyłożyć stycznie do obrzeża walca o masie $m = 2 \text{ kg}$ i promieniu $r = 0,2 \text{ m}$, aby w ciągu czasu $t = 5 \text{ s}$ zwiększyć częstotliwość jego obrotów od zera do $f = 10 \text{ Hz}$?
5. Korzystając z wykresu zależności prędkości kątowej bryły od czasu (rys. 36) wyznacz:
 - a) przyspieszenie kątowe w przedziale od zera do końca trzeciej sekundy oraz w następnych trzech sekundach ruchu;
 - b) moment siły, jaki działa na bryłę w tych przedziałach czasu przy założeniu, że jej moment bezwładności $I = 5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.



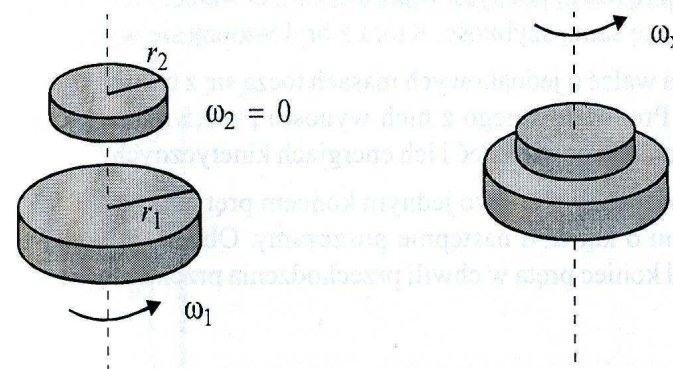
Rys. 36

- 6.* Jaki co najmniej musi być współczynnik tarcia między klockiem a podłożem, aby działając dostatecznie dużą siłą \vec{F} (rys. 37) przewrócić klocek?



Rys. 37

7. Dwa ciała o jednakowych masach, które traktujemy jako punkty materialne znajdujące się w tych samych odległościach l od osi obrotu, wirują ze stałą szybkością ω_0 . Z jaką szybkością wirowałyby układ tych ciał, gdyby w trakcie obrotów odskoczyły one na odległość $2l$?
8. Na walec o masie $m_1 = 1$ kg i promieniu $r_1 = 0,5$ m obracający się z szybkością kątową $\omega_1 = 20\pi$ rad/s opuszczono z góry nie obracają-



Rys. 38

cy się walec o masie $m_2 = 1$ kg i promieniu $r_2 = 0,25$ m (rys. 38). Oblicz szybkość kątową, z jaką wirować będą walce po połączeniu.

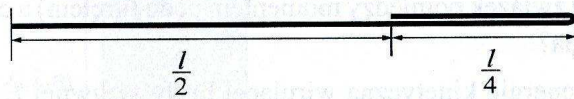
3.3. Energia bryły sztywnej

- Jaki jest związek pomiędzy momentem pędu (krętem) a energią wirującego ciała?
- Znając energię kinetyczną wirującej bryły sztywnej E oraz moment bezwładności bryły I oblicz moment pędu bryły sztywnej L .
- Oblicz energię kinetyczną toczących się bez poślizgu brył ($m = 1$ kg, $v = 10$ m/s):
 - walca;
 - kuli;
 - cińkiej obręczy.
- Z równi pochyłej o kącie nachylenia α zsuwa się bez tarcia prostopadłościan i stacza bez poślizgu walec. Które z tych ciał pierwsze osiągnie podstawę równi?
- W górę równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30^\circ$ wtacza się bez poślizgu kula, która u podstawy równi ma szybkość $v_0 = 10$ m/s. Oblicz drogę, jaką przebędzie wzdłuż równi kula do chwili zatrzymania się.

6. W górę równi pochyłej wtacza się kula i walec, które u podstawy równi mają tę samą szybkość. Która z brył wtoczy się wyżej?
7. Dwa walce o jednakowych masach toczą się z tymi samymi szybkościami. Promień jednego z nich wynosi $r_1 = 0,5$ m, drugiego $r_2 = 0,4$ m. Co można powiedzieć o ich energiach kinetycznych?
- 8.* Zawieszony pionowo jednym końcem pręt o długości l odchylamy od pionu o kąt α , a następnie puszczamy. Oblicz, jaką szybkość będzie miał koniec pręta w chwili przechodzenia przez linię pionu.

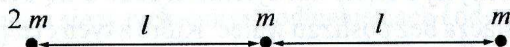
3.4. Równowaga bryły sztywnej

1. Mamy pręt o długości $l = 1$ m. O ile przesunie się środek masy, jeżeli odetniemy $\frac{1}{4}$ część pręta?
2. Pręt o długości l zagięto tak, jak pokazuje rys. 39. O ile przesunął się środek masy w stosunku do środka masy niezagiętego pręta?



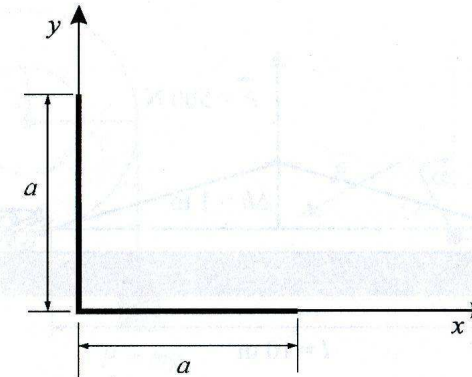
Rys. 39

3. Oblicz, gdzie leży (licząc od kuli z lewej strony) środek masy trzech kul pokazanych na rys. 40.



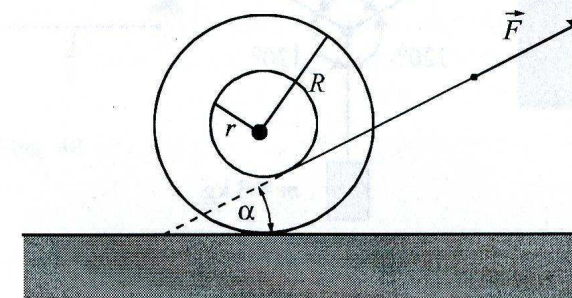
Rys. 40

4. Oblicz współrzędne środka masy zakrzywionego pod kątem prostym pręta, pokazanego na rys. 41.



Rys. 41

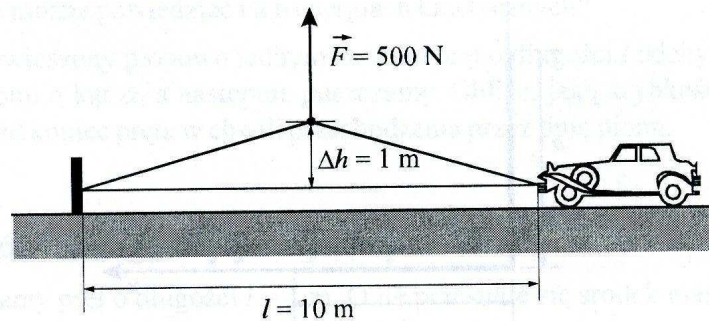
5. Oblicz moment bezwładności układu dwóch ciał o masach $2m$ i m oddalonych od siebie o l , względem osi prostopadłej do linii łączącej ciała i przechodzącej przez środek masy układu. Rozmiary ciał są znikomo małe w porównaniu z l .
- 6.* Na szpulkę, której mniejszy promień wynosi $r = 1$ cm, a większy $R = 2$ cm, nawinięto nitkę. Pod jakim kątem do poziomu trzeba ciągnąć nitkę, aby przesunąć szpulkę nie powodując jej ruchu obrotowego?



Rys. 42

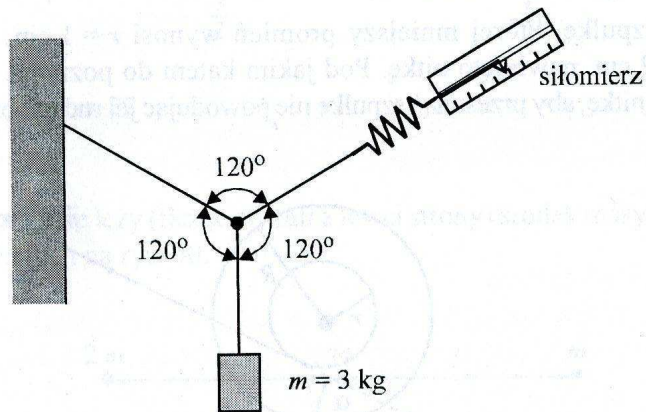
3. BRYŁA SZTYWNA

7. Jeden ze sposobów uzyskiwania dużej siły pokazuje rys. 43. W ten sposób można wyciągnąć np. samochód z błota. Jaka siła działa na samochód przedstawiony na rysunku?



Rys. 43

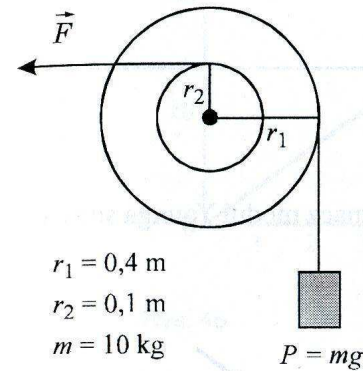
8. Pokazany na rys. 44 układ ciał pozostaje w równowadze. Jaka wartość siły wskaże siłomierz zamieszczony na rysunku?



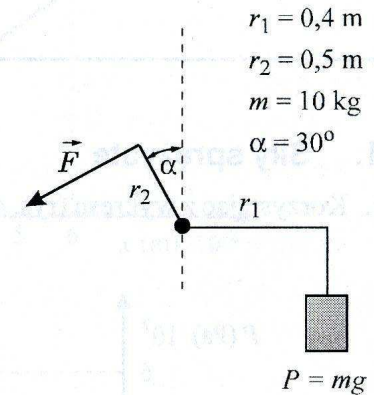
Rys. 44

3.4. RÓWNOWAGA BRYŁY SZTYWNEJ

9. Jakie wartości muszą przyjąć siły \vec{F} , aby układy pokazane na rys. 45a i 45b pozostały w równowadze?

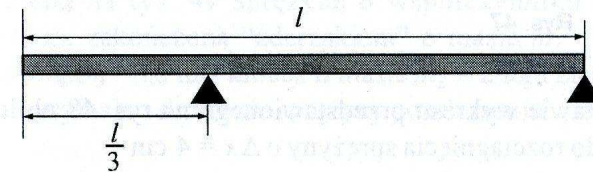


Rys. 45a



Rys. 45b

10. Oblicz siły nacisku belki na punkty podparcia, jeżeli masa belki $m = 100 \text{ kg}$, jej długość $l = 3 \text{ m}$, a belkę podparto tak, jak pokazuje rys. 46.

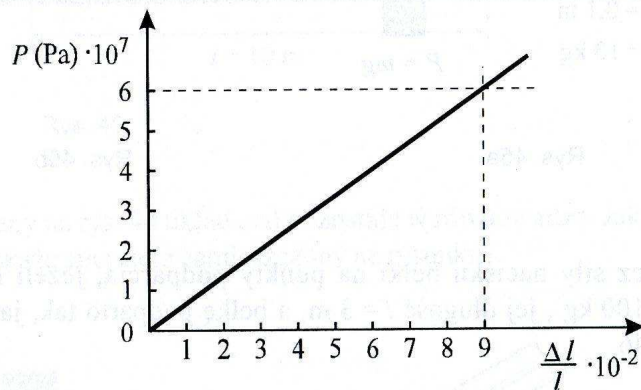


Rys. 46

4. Ośrodki ciągłe

4.1. Siły sprężyste

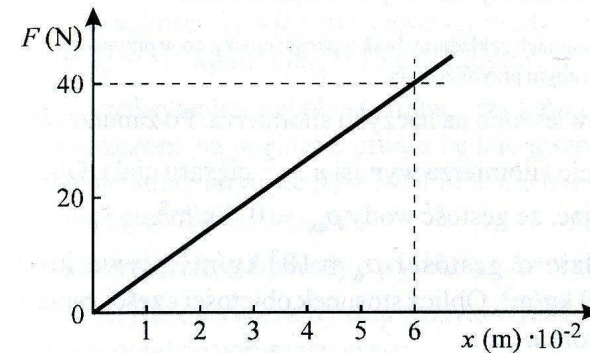
- Korzystając z wykresu (rys. 47) wyznacz moduł Younga substancji.



Rys. 47

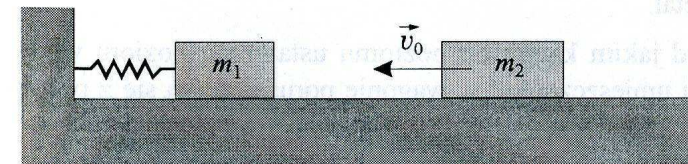
- Na podstawie wykresu przedstawionego na rys. 48 oblicz pracę potrzebną do rozciągnięcia sprężyny o $\Delta x = 4$ cm
 - od $x_1 = 0$ do $x_2 = 4$ cm;
 - od $x_1 = 2$ cm do $x_2 = 6$ cm.
- Pod działaniem siły $F = 10$ N pewna prężyna zostaje rozciągnięta o $x_1 = 0,2$ cm. Jaką szybkość uzyskałoby ciało o masie $m = 0,1$ kg, gdyby energię tej sprężyny rozciągniętej o $x_2 = 4$ cm zamienić na energię kinetyczną tego ciała?

4.1. SIŁY SPRĘŻYSTE



Rys. 48

- Oblicz pracę, jaką trzeba wykonać, aby sprężynę o stałej sprężystości k , rozciągniętą już o x_1 , rozciągnąć jeszcze o Δx .
- Narysuj zależność energii potencjalnej sprężystości sprężyny od wydłużenia.
- Jaką masę musi mieć ciało, które zawieszone na końcu aluminium pręta o długości $l = 2$ m i średnicy $2r = 4$ mm spowoduje przyrost jego długości o $\Delta l = 1$ mm? Moduł Younga $E = 7 \cdot 10^{10}$ N/m².
- *W pokazaną na rys. 49 sprężynę o współczynniku sprężystości $k = 400$ N/m, zakończoną "zderzakiem" o masie $m_1 = 1$ kg, uderza z szybkością $v_0 = 10$ m/s klocek o masie $m_2 = 2$ kg i klepia się z nim. Oblicz maksymalne skrócenie sprężyny po zderzeniu.



Rys. 49

4.2. Hydrostatyka i hydrodynamika

Uwaga: W zadaniach zakładamy brak lepkości cieczy, co w przypadku cieczy rzeczywistych jest grubym przybliżeniem.

1. Ciało zawieszono na haczyku siłomierza. Po zanurzeniu ciała w wodzie wskazanie siłomierza wynosi $n = \frac{2}{3}$ ciężaru ciała. Oblicz gęstość ciała zakładając, że gęstość wody $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$.
2. W wodzie o gęstości $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$ pływa korek o gęstości $\rho_k = 700 \text{ kg/m}^3$. Oblicz stosunek objętości części zanurzonej do wynurzonej korka.
3. Jaka jest średnia gęstość ryby tkwiącej nieruchomo w morskiej wodzie, której gęstość $\rho = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
4. Czy można dokonać za pomocą areometru pomiaru ciężaru właściwego cieczy w stanie nieważkości?
5. Areometr zanurzył się w wodzie na głębokość $h_1 = 0,15 \text{ m}$. Jaka będzie głębokość zanurzenia areometru w alkoholu o gęstości $\rho = 0,79 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$?
6. Pamiętając, że gęstość lodu wynosi $\rho_l = 900 \text{ kg/m}^3$, oblicz, jaki procent objętości lodu wystaje ponad powierzchnią:
 - a) wody destylowanej (4°C), której $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$;
 - b) wody morskiej, której $\rho_m = 1,025 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
7. Oblicz, z jakim przyspieszeniem wypływa z wody kulka o gęstości $\rho_k = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, jeżeli pominiemy opory ruchu.
- 8.* Na sprężynie zawieszono kawałek metalu, który następnie zanurzono w wodzie destylowanej. Wydłużenie sprężyny zmniejszyło się o $p = 38,5\%$. Korzystając z tablic fizycznych sprawdź, co to był za metal.
9. Pod jakim kątem do poziomu ustawi się poziom wody w naczyniu umieszczonym w wagonie poruszającym się z przyspieszeniem $a = 2 \text{ m/s}^2$?

10. Co wywiera większe ciśnienie: słup wody o wysokości $h_1 = 1,5 \text{ m}$, czy słup rtęci o wysokości $h_2 = 0,1 \text{ m}$? Gęstości wody i rtęci wynoszą odpowiednio $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$ i $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
11. Jaka może być maksymalna głębokość studni, przy której pompa ssąco-tłocząca umieszczona na poziomie gruntu będzie jeszcze pompować wodę? Ciśnienie atmosferyczne $p_a = 1014 \text{ hPa}$. Co trzeba zrobić, gdy studnia jest zbyt głęboka ($h > h_{\text{max}}$)?
12. Jakie ciśnienie wywierałby słup wody o wysokości $h = 1 \text{ m}$ na Księżycu?
13. Oblicz ciśnienie, jakie wywierałby słup wody o wysokości $h = 1 \text{ m}$ na dno naczynia w windzie poruszającej się:
 - a) ruchem jednostajnie przyspieszonym w górę, $a = \frac{1}{3} g$;
 - b) ruchem jednostajnie przyspieszonym w dół, $a = \frac{2}{3} g$;
 - c) ruchem jednostajnym.
14. Oblicz, z jaką szybkością wypływa woda z igły strzykawki, której pole powierzchni przekroju otworu wynosi $S_1 = 0,5 \text{ mm}^2$, jeżeli tłok o polu powierzchni przekroju $S_2 = 1 \text{ cm}^2$ przemieszcza się z szybkością $v = 2 \text{ cm/s}$.
15. Oblicz szybkość wypływu wody z otworu zrobionego w dnie słoja, jeżeli wysokość poziomu wody, od dna słoja, wynosi $h = 0,4 \text{ m}$. Czy szybkość wypływu cieczy zależy od jej gęstości?

5. Termodynamika

5.1. Teoria kinetyczno-molekularna gazu doskonałego

Uwaga: W zadaniach 6-11 autor zakłada znajomość zasady ekwipartycji energii.

1. Ile atomów siarki ($\mu = 32 \text{ g/mol}$) znajduje się w pyłku siarki o masie odpowiadającej granicy dokładności wag analitycznych $\Delta m = 10^{-5} \text{ g}$?
2. Przypuśćmy, że 1 mol izotopu promieniotwórczego strontu (o czasie połowicznego rozpadu 28 lat), którego masa wynosi 90 g, został równomiernie rozprowadzony po całej powierzchni kuli ziemskiej. Oblicz, ile atomów tego promieniotwórczego pierwiastka znalazłoby się na 1 cm^2 ? Promień Ziemi $R_Z = 6370 \text{ km}$.
3. Masa molowa miedzi wynosi $\mu = 63,54 \text{ g/mol}$. Oblicz masę jednego atomu miedzi.
4. Ile wynosi (szacunkowo) średnia odległość między cząsteczkami:
a) miedzi ($\mu = 63,54 \text{ g/mol}$, $\rho = 8,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$);
b) wody ($\mu = 18 \text{ g/mol}$, $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$);
c) pary wodnej traktowanej jako gaz doskonały (1 mol gazu doskonałego w warunkach normalnych zajmuje objętość $V_0 = 22,4 \text{ dm}^3$).
5. Ile cząsteczek tlenu znajduje się w 1 cm^3 powietrza w warunkach normalnych (0°C , 1013 hPa)? Tlen zajmuje 20,95% objętości powietrza.
6. Oblicz średnią szybkość, z jaką poruszają się atomy helu w temperaturze $t = 27^\circ\text{C}$. Masa molowa helu $\mu = 4 \text{ g/mol}$.
7. Przyjmując, że średnia masa molowa powietrza wynosi $\mu = 29 \text{ g/mol}$, oblicz, jaką średnią szybkość posiadają cząsteczki powietrza w temperaturze $t = 20^\circ\text{C}$.

5.2. BILANS CIEPLNY

8. Oblicz stosunek średniej energii kinetycznej atomów helu do energii kinetycznej cząsteczek wodoru przy założeniu, że temperatury gazów są identyczne.
9. Ile razy wzrośnie średnia szybkość cząsteczek gazu, jeżeli dwukrotnie zwiększymy jego temperaturę?
10. Jaki jest stosunek temperatur He ($\mu_1 = 4 \text{ g/mol}$) i Ne ($\mu_2 = 20 \text{ g/mol}$), jeżeli atomy tych gazów posiadają identyczne średnie szybkości?
11. Oblicz energię wewnętrzną 1 mola helu w temperaturze $t = 127^\circ\text{C}$.

5.2. Bilans cieplny

1. Do wody o masie $m_1 = 0,5 \text{ kg}$ i temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$ wlewamy wodę o masie $m_2 = 1 \text{ kg}$ i temperaturze $t_2 = 60^\circ\text{C}$. Oblicz temperaturę końcową wody po wyrównaniu się temperatur.
2. W jaki stosunku należy mieszać wodę o temperaturze $t_1 = 60^\circ\text{C}$ z wodą o temperaturze $t_2 = 20^\circ\text{C}$, aby temperatura końcowa wynosiła $t_3 = 40^\circ\text{C}$?
3. W rozwiązaniu zadania 1. nie braliśmy pod uwagę naczynia, do którego wlewano wodę. Przypuśćmy, że eksperyment został przeprowadzony w kalorymetrze aluminiowym o masie $m_0 = 0,3 \text{ kg}$ i temperaturze chłodniejszej wody. Ciepło właściwe aluminium wynosi $c_0 = 920 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, a wody $c_1 = 4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$. Oblicz, ile będzie wynosiła temperatura końcowa wody, jeżeli uwzględnimy ciepło pochłonięte przez kalorymetr.
4. Do naczynia zawierającego $m_1 = 3 \text{ kg}$ wody o temperaturze $t_1 = 17^\circ\text{C}$ włożono $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ cynku ogrzanego do temperatury $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Temperatura wody wzrosła do $t_3 = 18,3^\circ\text{C}$. Jakie jest ciepło właściwe cynku? Ciepło właściwe wody $c_1 = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.
5. Do wody o masie $m_1 = 2 \text{ kg}$ i temperaturze $t_1 = 10^\circ\text{C}$ wrzucono kawałek miedzi o masie $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ i temperaturze $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Oblicz temperaturę końcową wody i miedzi. Ciepło właściwe wody $c_1 = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, a ciepło właściwe miedzi $c_2 = 395 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

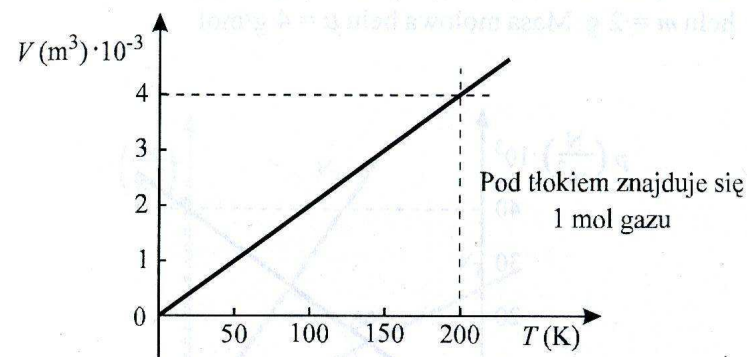
- Do wody o masie $m_1 = 0,56$ kg i temperaturze $t_1 = 16^\circ\text{C}$ wrzucono kawałek lodu o masie $m_2 = 0,08$ kg i temperaturze $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Temperatura wody po stopieniu się lodu zmniejszyła się do $t_3 = 4^\circ\text{C}$. Jakie jest ciepło topnienia lodu? (Ciepło właściwe wody $c_w = 4,19 \cdot 10^3$ J/kg·K).
- Jaką szybkość musiałaby mieć bryła ołowiu o temperaturze 0°C , aby stopić się podczas zderzenia z przeszkodą? Zakładamy, że $p = 75\%$ energii idzie na ogrzanie i stopienie ołowiu. Temperatura topnienia ołowiu $t = 327^\circ\text{C}$, jego ciepło właściwe $c = 131$ J/(kg·K), a ciepło topnienia $c_t = 2,5 \cdot 10^4$ J/kg.
- Jaki musi być stosunek masy wody o temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$ do masy lodu o temperaturze $t_2 = 0^\circ\text{C}$, aby po całkowitym stopieniu się lodu woda miała temperaturę $t_2 = 0^\circ\text{C}$? Ciepło topnienia lodu $c_t = 3,35 \cdot 10^5$ J/kg, a ciepło właściwe wody $c_w = 4,19 \cdot 10^3$ J/(kg·K).
- W wodzie o masie $m_1 = 0,45$ kg i temperaturze $t_1 = 17^\circ\text{C}$ skroplono $m_2 = 0,015$ kg pary wodnej o temperaturze $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Temperatura wody wzrosła do $t_3 = 37^\circ\text{C}$. Oblicz ciepło parowania wody. (c_w jak w zadaniu 6)
- O ile wzrośnie temperatura wody o masie $m_1 = 2$ kg i temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$, jeżeli skroplimy w niej $m_2 = 0,04$ kg pary wodnej o temperaturze $t_2 = 100^\circ\text{C}$? Ciepło parowania $c_p = 2,26 \cdot 10^6$ J/kg.
- Jaką masę lodu o temperaturze $t_1 = 0^\circ\text{C}$ stopi skroplenie na bryle lodu 1 kg pary o temperaturze 100°C ($c_p = 2,26 \cdot 10^6$ J/kg, $c_t = 3,35 \cdot 10^5$ J/kg)?
- Dlaczego para wodna powstająca przy wrzeniu wody parzy bardziej dotkliwie, niż wrząca woda?

5.3. Przemiany gazu doskonałego

Uwaga: W zadaniach przyjmujemy wartość stałej Avogadro: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ cząst./mol. Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).

- Podczas przemiany izochorycznej ciśnienie gazu wzrosło dwukrotnie. Ile razy wzrosła średnia energia kinetyczna cząsteczek?

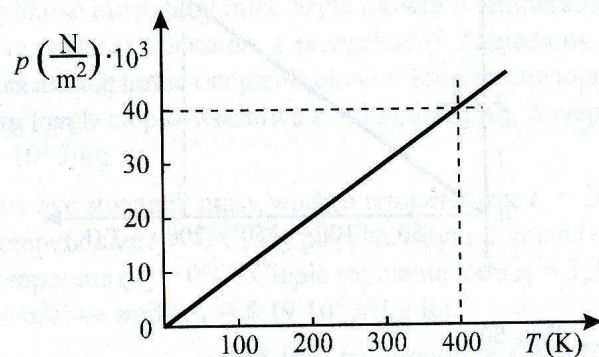
- Dla jakiego ciśnienia sporządzono wykres przedstawiony na rys. 50?



Rys. 50

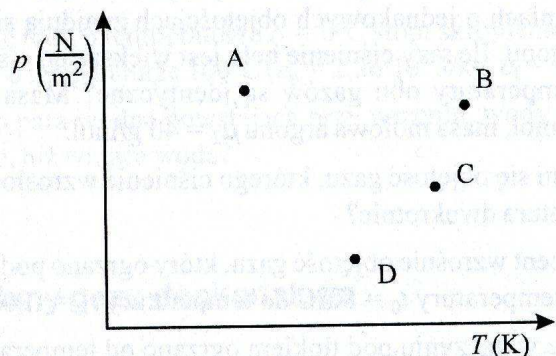
- Otwarta butelka o pojemności $V_1 = 1$ dm³ zawiera powietrze ogrzane do temperatury $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Jaka objętość wody wejdzie do butelki, jeżeli ją zanurzymy niezbyt głęboko w wodzie o temperaturze $t_2 = 20^\circ\text{C}$?
- Ile cząsteczek znajduje się w naczyniu o pojemności $V = 1$ dm³, jeżeli wiadomo, że wypełniający je gaz jest gazem doskonałym pod ciśnieniem $p = 10^5$ Pa, a jego temperatura wynosi $t = 100^\circ\text{C}$?
- W naczyniach o jednakowych objętościach znajdują się równe masy helu i argonu. Ile razy ciśnienie helu jest większe od ciśnienia argonu, jeżeli temperatury obu gazów są identyczne? Masa molowa helu $\mu_1 = 4$ g/mol, masa molowa argonu $\mu_2 = 40$ g/mol.
- Jak zmieni się objętość gazu, którego ciśnienie wzrosło pięciokrotnie, a temperatura dwukrotnie?
- O ile procent wzrośnie objętość gazu, który ogrzano pod stałym ciśnieniem od temperatury $t_0 = 80^\circ\text{C}$ do temperatury $t_1 = 120^\circ\text{C}$?
- Powietrze w naczyniu pod tłokiem ogrzano od temperatury $t_0 = 27^\circ\text{C}$ do takiej temperatury, że jego objętość wzrosła dwukrotnie. Oblicz temperaturę końcową (w $^\circ\text{C}$) przy założeniu, że mamy do czynienia z przemianą izobaryczną.

9. Korzystając z poniższej zależności ciśnienia od temperatury sporządzonej dla helu (rys. 51), wyznacz jego objętość zakładając, że masa helu $m = 2$ g. Masa molowa helu $\mu = 4$ g/mol



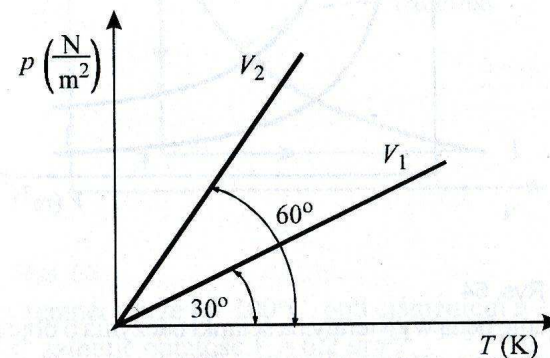
Rys. 51

10. Korzystając z wykresu zależności $p(T)$ oszacuj, któremu z punktów A, B, C, D (rys. 52) odpowiada największa objętość gazu.



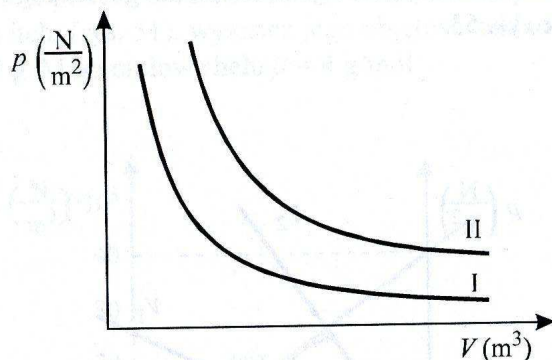
Rys. 52

11. Oblicz stosunek objętości gazu doskonałego, którego różne izochory pokazują rys. 53.



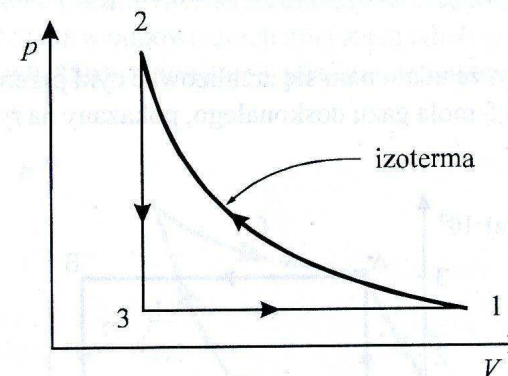
Rys. 53

12. Jak zmieni się wykres:
 a) $p(T)$ dla $V = \text{const}$;
 b) $p(V)$ dla $T = \text{const}$;
 c) $V(T)$ dla $p = \text{const}$
 jeżeli zmienimy masę gazu z m_1 na $m_2 > m_1$?
13. Podczas ogrzewania pewnej masy gazu przy stałym ciśnieniu o $\Delta T = 2$ K, jego objętość wzrosła o $n = \frac{1}{200}$ wartości początkowej. Oblicz temperaturę początkową gazu.
14. Izoterm przedstawione na rys. 54 nakreślono dla dwóch gazów o takich samych masach, tej samej temperaturze T lecz o różnych masach molowych. Który z wykresów odpowiada większej masie molowej?



Rys. 54

15. Jakie ciśnienie będą wywierały na ścianki naczynia o objętości $V = 2 \text{ dm}^3$ dwa mole argonu o temperaturze $t = 20^\circ\text{C}$?
16. Jaką objętość będzie zajmował $n = 1 \text{ mol}$ argonu w warunkach normalnych? Warunki normalne to ciśnienie 1013 hPa (760 mm Hg) oraz temperatura 0°C (273 K).
17. Pod ruchomym tłokiem znajduje się gaz doskonały o objętości $V_1 = 2 \text{ dm}^3$. Temperatura gazu wynosi $t_1 = 20^\circ\text{C}$. O ile wzrosła temperatura gazu, jeżeli po ogrzaniu zajął objętość $V_2 = 3 \text{ dm}^3$?
18. Oblicz objętość, jaką zajmuje w temperaturze $t = 20^\circ\text{C}$ pod ciśnieniem $p = 10^6 \text{ Pa}$ 1 kg tlenu. Masa molowa tlenu $\mu = 32 \text{ g/mol}$.
19. Korzystając z danych z poprzedniego zadania oblicz gęstość tlenu.
20. W naczyniu o objętości $V = 10^{-2} \text{ m}^3$ znajdują się: $m_1 = 2 \text{ g}$ helu oraz $m_2 = 1 \text{ g}$ wodoru (H_2). Oblicz ciśnienie, jakie panuje we wnętrzu naczynia, jeżeli temperatura gazów $t = 100^\circ\text{C}$. Masa molowa helu $\mu_1 = 4 \text{ g/mol}$, masa molowa wodoru $\mu_2 = 2 \text{ g/mol}$.
21. Na wykresie (rys. 55) przedstawiono w układzie współrzędnych (p, V) cykl przemian gazu doskonałego o stałej masie m . Narysuj wykres tego cyklu w układzie współrzędnych (p, T) .



Rys. 55

22. Jaki gaz w temperaturze $t = 100^\circ\text{C}$, pod ciśnieniem $p = 10^5 \text{ Pa}$ i o masie $m = 8 \text{ g}$ zajmuje objętość $V = 6,2 \text{ dm}^3$?
23. Narysuj zależność gęstości gazu doskonałego w przemianie izobarycznej od jego temperatury w skali bezwzględnej.

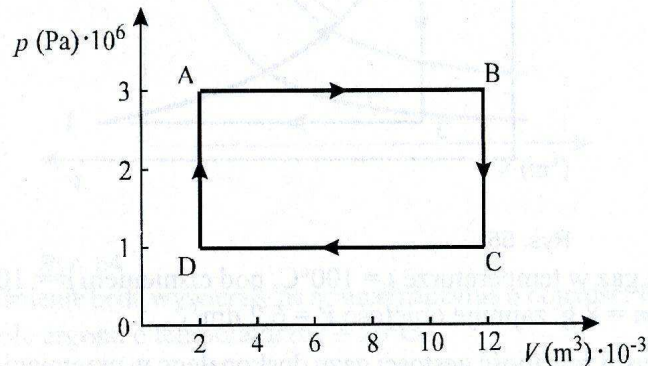
5.4. Zasady termodynamiki

1. Oblicz, jaką pracę wykona $n = 0,5 \text{ mola}$ gazu doskonałego rozprężając się izobarycznie, jeżeli zmiana temperatury wynosiła $\Delta T = 100 \text{ K}$.
2. Oblicz wydajność silnika Carnota, pracującego pomiędzy źródłem ciepła o temperaturze $t_1 = 127^\circ\text{C}$ a chłodnicą o temperaturze $t_2 = 27^\circ\text{C}$.
3. Gaz pracujący w cyklu Carnota oddaje do chłodnicy $\frac{3}{5}$ ciepła pobranego ze źródła. Jaka jest wydajność tego cyklu?
4. Zamknięty w cylindrze gaz doskonały rozpręża się, przesuwając tłok z położenia odpowiadającego objętości V_1 do położenia odpowiadającego objętości $V_2 > V_1$
 - a) adiabatycznie;
 - b) izobarycznie;
 - c) izotermicznie.

5. TERMODYNAMIKA

W której z wyżej wymienionych przemian gaz wykonuje największą pracę?

5. Przypuśćmy, że udało nam się zrealizować cykl przemian termodynamicznych 0,5 mola gazu doskonałego, pokazany na rys. 56.



Rys. 56

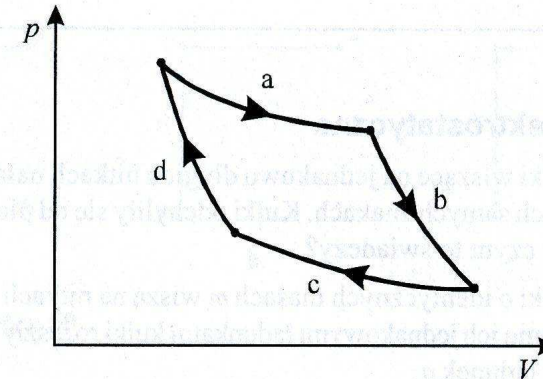
- a) Wskaż odcinki cyklu związane ze wzrostem energii wewnętrznej układu;
b) Oblicz pracę, jaką gaz wykonuje podczas jednego cyklu.

6. Zaznacz krzyżykami odpowiadające sobie w tabeli pozycje.

	$\Delta m = 0$	$\Delta U = 0$	$Q = 0$	$W = 0$	$\Delta T = 0$	$\Delta p = 0$
$\frac{pV}{T} = \text{const}$						
$\frac{p}{T} = \text{const}$						
$\frac{V}{T} = \text{const}$						
$pV = \text{const}$						
$pV^\kappa = \text{const}$						

5.4. ZASADY TERMODYNAMIKI

7. Na rysunku 57 przedstawiono przemiany termodynamiczne dla cyklu Carnota. Oznacz w odpowiednich miejscach tabeli te pozycje w poziomych rzędach, które odpowiadają właściwym kolumnom pionowym.



Rys. 57

	$\Delta T = 0$	$\Delta V = 0$	$Q = 0$	$W < 0$	$W > 0$	$Q > 0$	$Q < 0$
a							
b							
c							
d							

8. W zamkniętym naczyniu o objętości $V = 2 \text{ dm}^3$ znajduje się hel pod ciśnieniem $p = 10^6 \text{ N/m}^2$. Ogrzewając gaz spowodowaliśmy dwukrotny wzrost jego ciśnienia. Oblicz ilość ciepła, jaką pobrał hel.
9. Jaki jest związek pomiędzy ciepłem właściwym a ciepłem molowym pierwiastków?
10. Pamiętając, że ciepła właściwe miedzi, ołowiu i aluminium wynoszą odpowiednio $c_1 = 400 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, $c_2 = 130 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, $c_3 = 920 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, a ich masy molowe wynoszą kolejno $\mu_1 = 0,0635 \text{ kg/mol}$, $\mu_2 = 0,207 \text{ kg/mol}$ i $\mu_3 = 0,027 \text{ kg/mol}$, oblicz ciepła molowe wymienionych pierwiastków.

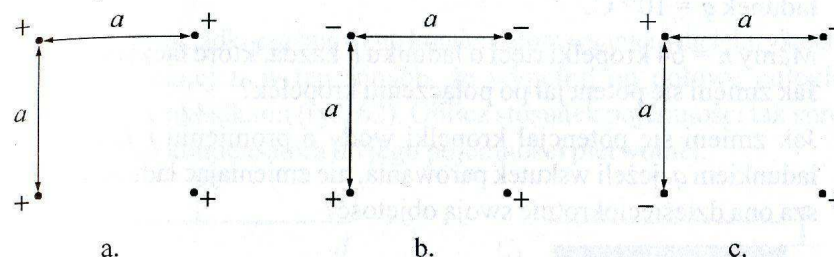
6. Elektrostatyka

6.1. Pole elektrostatyczne

- Dwie kulki wiszące na jednakowo długich nitkach naładowano ładunkami o tych samych znakach. Kulki odchyliły się od pionu o różne kąty $\alpha \neq \beta$. O czym to świadczy?
- Dwie kulki o identycznych masach m wiszą na nitkach o długości l . Po naładowaniu ich jednakowymi ładunkami kulki rozeszły się na odległość a . Oblicz ładunek q .
- Jaką siłą oddziałują na siebie dwa ładunki o wartościach $q = 1$ C każdy, znajdujące się w powietrzu w odległości $r = 1$ m od siebie? Przenikalność elektryczna próżni $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.
- Jak zmieni się siła oddziaływania pomiędzy dwiema jednakowymi metalowymi kulkami naładowanymi jednoimiennymi ładunkami q_1 i $q_2 \neq q_1$, jeżeli te kulki zetkniemy ze sobą, a następnie odsuniemy na poprzednią odległość?
- Dwa ładunki $q_1 = 10^{-5}$ C oraz $q_2 = 3 \cdot 10^{-5}$ C znajdują się w odległości $l = 0,2$ m od siebie. Znajdź punkt, w którym natężenie pola elektrycznego jest równe zero.
- Oblicz natężenie pola elektrycznego w punkcie P o współrzędnych (5,4), jeżeli ładunek o wartości $q = 2 \cdot 10^{-5}$ C umieszczono w punkcie (1,1). Jednostką na każdej osi układu współrzędnych jest 1 m.
- Przedstaw wymiar natężenia pola elektrostatycznego w jednostkach podstawowych układu SI.
- Oblicz natężenie i potencjał pola elektrostatycznego układu dwóch ładunków $q(+)$ i $q(-)$ oddalonych o l , w punkcie leżącym w połowie odległości pomiędzy nimi.

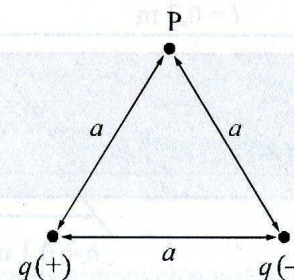
6.1. POLE ELEKTROSTATYCZNE

- Dla której z przedstawionych poniżej kombinacji jednakowych ładunków q natężenie pola w środku kwadratu jest równe zero? Ile wynosi potencjał w środku poszczególnych kwadratów?



Rys. 58

- Oblicz, w punkcie P, natężenie pola elektrostatycznego pochodzącego od układu ładunków pokazanego na rys. 59.



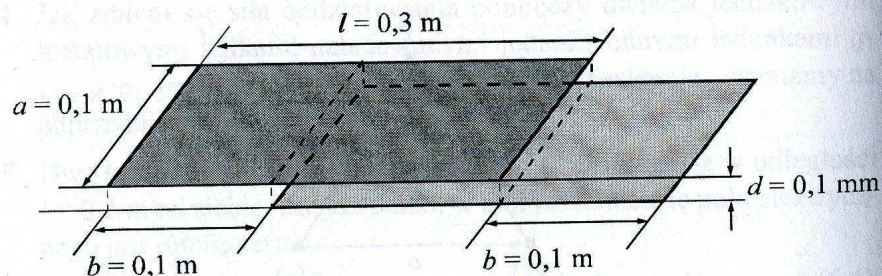
Rys. 59

- W jakiej odległości od siebie muszą się znaleźć dwa identyczne ładunki $q = 10^{-6}$ C, aby ich energia potencjalna była równa $E_p = 1$ J?
- Przy przesunięciu ładunku $q = 10^{-4}$ C z punktu A do B w polu elektrostatycznym została wykonana praca $W = 0,6$ J. Oblicz różnicę potencjałów między tymi punktami.

13. Czy masa ciała ulegnie zmianie, jeżeli naładujemy je ujemnie? Odpowiedź uzasadnij.
14. Wiedząc, że ładunek elektronu wynosi $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ oblicz, ile elektronów znajduje się na metalowej kulce, na której zgromadzono ładunek $q = 10^{-9} \text{ C}$.
15. Mamy $n = 64$ kropelki rtęci o ładunku q każda, które łączymy w jedną. Jak zmieni się potencjał po połączeniu kropelek?
16. Jak zmieni się potencjał kropelki wody o promieniu r naładowanej ładunkiem q , jeżeli wskutek parowania, nie zmieniając ładunku, zmniejsza ona dziesięciokrotnie swoją objętość?

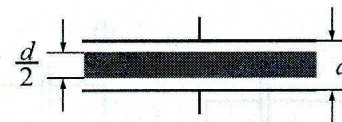
6.2. Pojemność. Kondensator

1. Ile wynosi pojemność kuli o promieniu r wykonanej z przewodnika?
2. Oblicz pojemność próżniowego, płaskiego kondensatora, którego wymiary pokazano na rys. 60.



Rys. 60

3. Czy włożenie cienkiej metalowej płytki pomiędzy okładki kondensatora próżniowego zmieni jego pojemność? Odpowiedź uzasadnij.
4. Jak zmieni się pojemność kondensatora, jeżeli pomiędzy jego okładki odległe o d wsuniemy metalową płytkę o grubości równej połowie odległości pomiędzy okładkami kondensatora (rys. 61)?



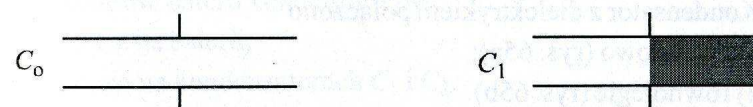
Rys. 61

5. Pomiedzy okładki próżniowego kondensatora wsunięto dielektryk o stałej dielektrycznej ϵ_r w ten sposób, że wypełnił on połowę odległości pomiędzy okładkami (rys. 62). Oblicz stosunek pojemności tak spreparowanego kondensatora do jego pojemności pierwotnej.



Rys. 62

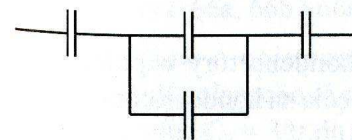
6. Pomiedzy okładki kondensatora próżniowego wsunięto dielektryk o stałej dielektrycznej ϵ_r w ten sposób, że wypełnił on połowę wnętrza tego kondensatora (rys. 63). Oblicz stosunek pojemności kondensatora z wsuniętym dielektrykiem do pojemności kondensatora próżniowego.



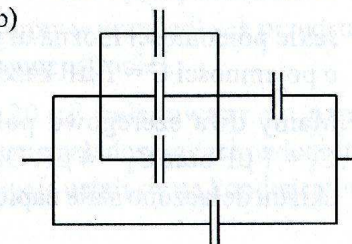
Rys. 63

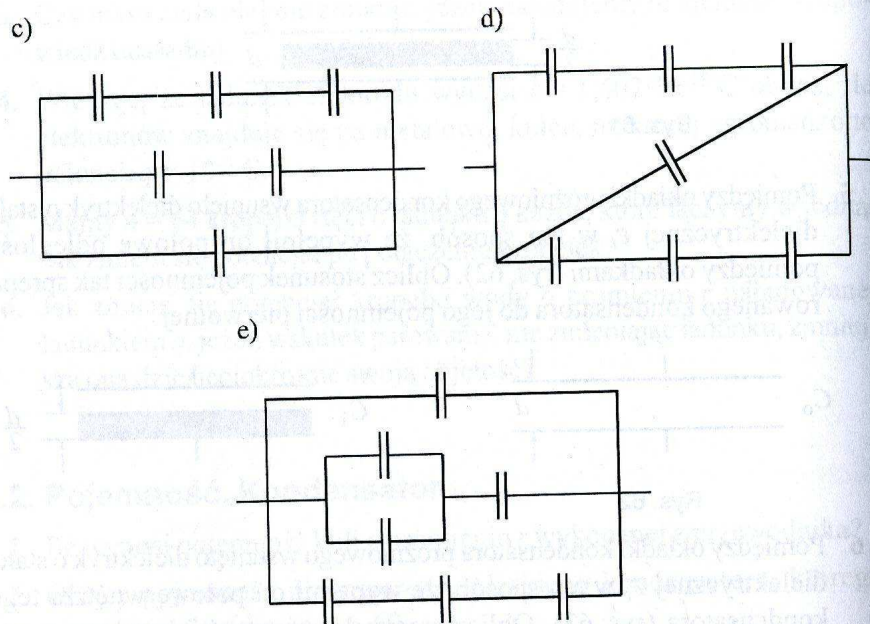
7. Oblicz pojemność przedstawionych poniżej układów kondensatorów o pojemności C każdy.

a)



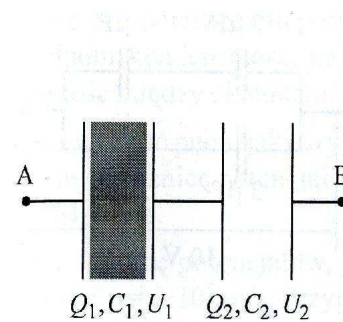
b)



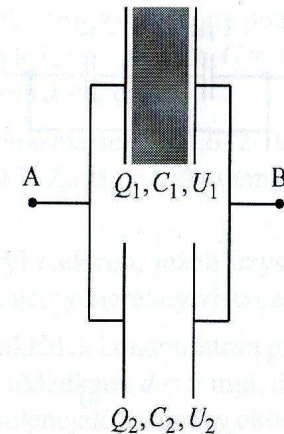


Rys. 64

8. Kondensator z dielektrykiem połączono
- szeregowo (rys. 65a);
 - równolegle (rys. 65b)
- z takim samym kondensatorem próżniowym. Następnie układ podłączono do źródła napięcia. Na którym z kondensatorów
- występuje większa różnica potencjałów;
 - zgromadzi się większy ładunek
- w każdym z przypadków?
9. Jakie pojemności można uzyskać dysponując trzema kondensatorami o pojemności $C = 1 \mu\text{F}$ każdy?
10. Mamy dwa szeregowo połączone kondensatory o pojemnościach $C_1 = 1 \mu\text{F}$ oraz $C_2 = 4 \mu\text{F}$. Oblicz napięcia na kondensatorach, jeżeli do układu dołączono stałe napięcie $U = 100 \text{ V}$.



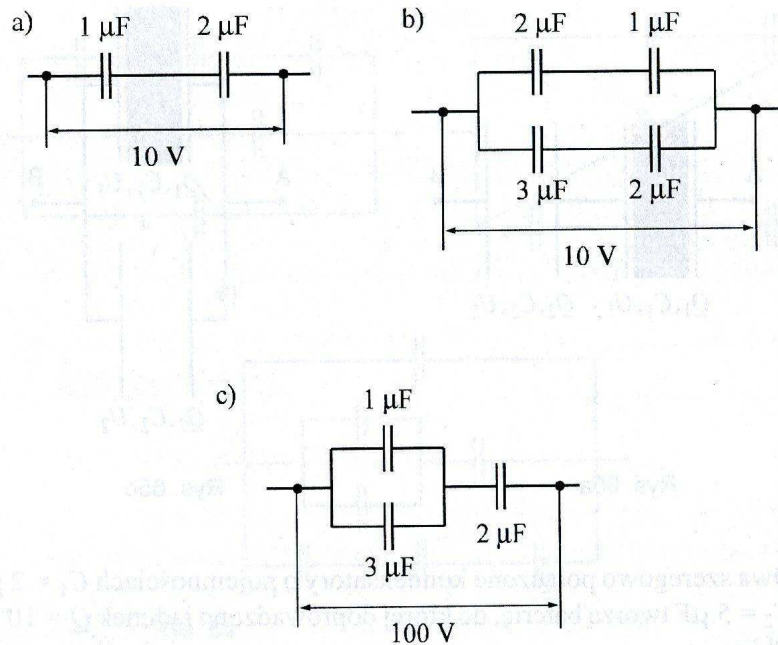
Rys. 65a



Rys. 65b

11. Dwa szeregowo połączone kondensatory o pojemnościach $C_1 = 2 \mu\text{F}$ i $C_2 = 5 \mu\text{F}$ tworzą baterię, do której doprowadzono ładunek $Q = 10^{-3} \text{ C}$. Oblicz:
- pojemność baterii kondensatorów;
 - napięcie na baterii;
 - napięcia na kondensatorach C_1 i C_2 .
12. Jak zmieni się napięcie, ładunek i energia zgromadzona w kondensatorze, gdy pomiędzy jego okładki wsuniemy dielektryk o stałej dielektrycznej ϵ_r . Rozważ przypadki:
- kondensator jest podłączony do źródła napięcia;
 - kondensator jest odłączony od źródła napięcia.
13. Oblicz ładunek na baterii kondensatorów w przypadkach przedstawionych na rys. 66a, 66b i 66c (na następnej stronie).
14. Kondensator o pojemności $C_1 = 20 \mu\text{F}$ naładowany do napięcia $U_1 = 100 \text{ V}$ połączono równolegle z nie naładowanym kondensatorem o pojemności $C_2 = 30 \mu\text{F}$. Jakie napięcie ustali się na kondensatorach?

Odpowiedzi na str. 141

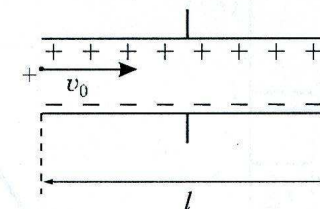


Rys. 66

15. Oblicz energię, jaka została zgromadzona na kondensatorze o pojemności $C = 10 \mu\text{F}$ znajdującym się pod napięciem $U = 120 \text{ V}$.
- 16.* Oblicz pracę, jaką musimy wykonać, aby rozsunać okładki próżniowego kondensatora z odległości $d_1 = 1 \text{ mm}$ na odległość $d_2 = 5 \text{ mm}$. Kondensator został przed rozsunięciem naładowany i odłączony od źródła. Powierzchnia okładek kondensatora wynosi $S = 100 \text{ cm}^2$, a napięcie na jego okładkach przed rozsunięciem $U_1 = 1000 \text{ V}$.

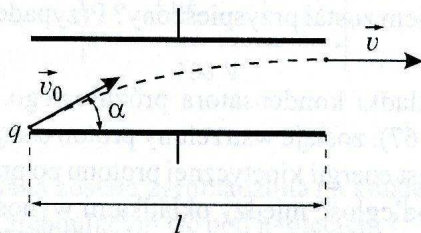
6.3. Ruch ładunku w polu elektrycznym

1. Z jakim przyspieszeniem porusza się elektron umieszczony pomiędzy okładkami kondensatora, na który przyłożono napięcie $U = 100 \text{ V}$? Odległość między okładkami kondensatora $d = 2 \text{ cm}$.
2. Oblicz wartość pędu, jaki uzyskuje proton o masie $m = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, pokonując różnicę potencjałów $U = 100 \text{ V}$. Zadanie traktujemy nierelatywiście.
3. Oblicz różnicę potencjałów, jaką przebył elektron, jeżeli uzyskał on szybkość $v = 3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. Przypadek traktujemy nierelatywiście.
4. Elektron, poruszając się prostopadle do okładek kondensatora płaskiego, po przebyciu odległości między jego okładkami $d = 5 \text{ mm}$, uzyskał szybkość $v = 10^5 \text{ m/s}$. Jaka jest różnica potencjałów między okładkami kondensatora i natężenie pola elektrostatycznego wewnątrz kondensatora?
5. Oblicz, jaką energię kinetyczną posiada proton o szybkości $v = 10^7 \text{ m/s}$. Jakim napięciem został przyspieszony? Przypadek traktujemy nierelatywiście.
6. Pomiędzy okładki kondensatora próżniowego, równoległe do jego okładek (rys. 67), zostaje wstrzelony proton o szybkości $v_0 = 10^4 \text{ m/s}$. Oblicz przyrost energii kinetycznej protonu po przejściu przez kondensator, jeżeli odległość między okładkami wynosi $d = 5 \text{ mm}$, napięcie między nimi $U = 1200 \text{ V}$, a długość okładek $l = 0,05 \text{ m}$.



Rys. 67

7. Oblicz minimalną odległość, na jaką może się zbliżyć do jądra helu proton poruszający się z prędkością $v \ll c$.
8. Podczas wyznaczania ładunku elementarnego metodą Millikana stwierdzono, że przy napięciu $U = 100$ V kropelka oleju umieszczona pomiędzy okładkami kondensatora pozostawała w spoczynku. Jaki ładunek znajdował się na kropelce, jeżeli jej średnica wynosiła $2r = 10^{-3}$ mm, a gęstość oleju $\rho = 936$ kg/m³? Odległość pomiędzy okładkami kondensatora, wewnątrz którego znajdowała się kropelka oleju $d = 1$ cm. Ilu ładunkom elementarnym $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C odpowiada ten ładunek?
- 9.* Jaka powinna być wartość prędkości cząstki o ładunku q i masie m wstrzelonej pomiędzy okładki kondensatora tak, jak pokazuje rys. 68, aby po wyjściu z kondensatora tor jej był równoległy do okładek? Kąt, jaki tworzy kierunek jej prędkości początkowej z powierzchnią okładki, wynosi α , napięcie między okładkami jest równe U , a długość okładek – l . Ile wynosi odległość d pomiędzy okładkami?

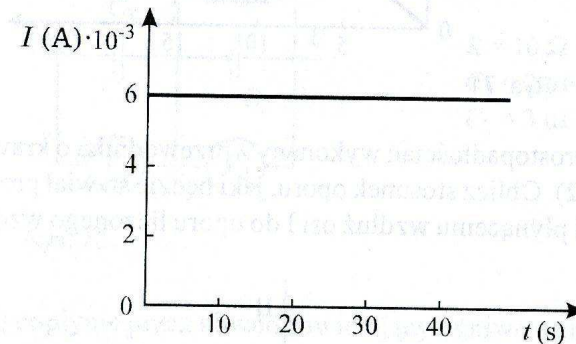


Rys. 68

7. Prąd elektryczny

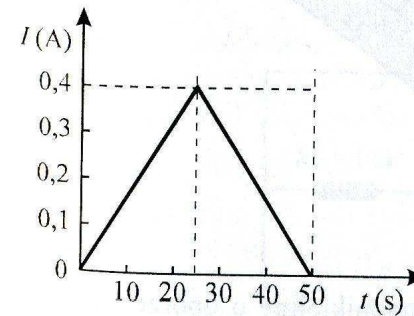
7.1. Prawo Ohma

1. Jaki ładunek przepłynie przez przewodnik w ciągu 40 s (rys. 69)?

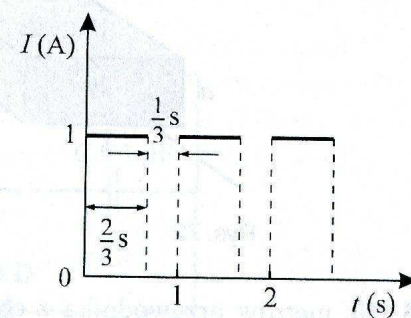


Rys. 69

2. Korzystając z przedstawionych na rys. 70a i 70b zależności natężenia prądu od czasu oblicz ładunek, jaki przepływa przez przewodnik w ciągu 50 s (rys. 70a) i w ciągu 3 s (rys. 70b).

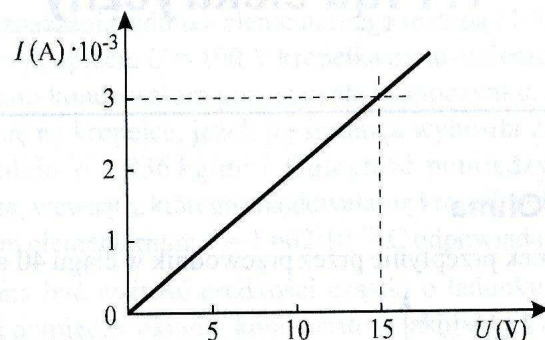


Rys. 70a



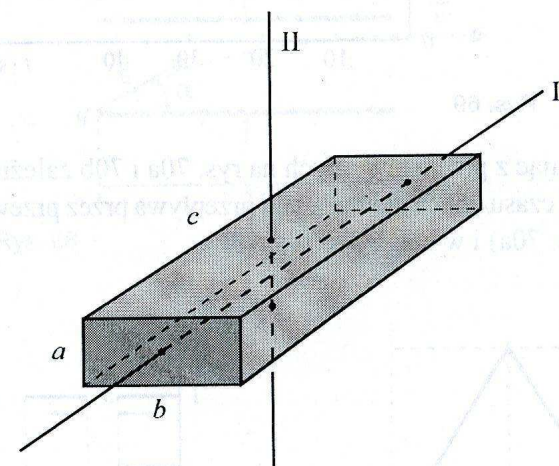
Rys. 70b

3. Korzystając z zamieszczonej poniżej (rys. 71) zależności $I(U)$ oblicz opór przewodnika.



Rys. 71

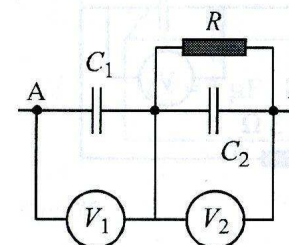
4. Mamy prostopadłościan wykonany z przewodnika o krawędziach a , b , c (rys. 72). Oblicz stosunek oporu, jaki będzie stawiał prostopadłościan prądowi płynącemu wzdłuż osi I do oporu liczonego wzdłuż osi II.



Rys. 72

5. Ile metrów przewodnika z chromonikieliny o oporze właściwym $\rho = 9,8 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$ i średnicy $2r = 0,5 \text{ mm}$ musimy użyć do wykonania grzałki o mocy $P = 250 \text{ W}$, pracującej pod napięciem $U = 220 \text{ V}$?

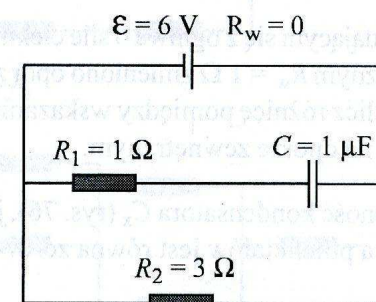
6. Jak zmieni się opór kawałka drutu, jeżeli przy zachowanej masie jego średnicę zmniejszymy dwa razy?
7. Oblicz opór drutu miedzianego o długości $l = 2 \text{ m}$ i średnicy $d = 0,2 \text{ mm}$, jeżeli opór właściwy miedzi $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$.
8. Jakie napięcia wskażą woltomierze (rys. 73), jeżeli pomiędzy punkty A i B przyłożymy napięcie $U = 30 \text{ V}$? Zakładamy, że opory woltomierzy są bardzo duże.



$$\begin{aligned} R &= 10 \Omega \\ C_1 &= 2 \mu\text{F} \\ C_2 &= 3 \mu\text{F} \end{aligned}$$

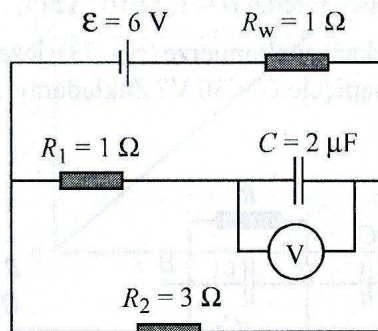
Rys. 73

9. Jaki prąd popłynie przez obwód zawierający ogniwo o siłę elektromotorycznej $\mathcal{E} = 10 \text{ V}$ i oporze wewnętrznym $R_w = 1 \Omega$, jeżeli dołączymy do niego opór zewnętrzny $R = 10 \Omega$?
10. Jaki ładunek zgromadzi się na kondensatorze o pojemności $C = 1 \mu\text{F}$ w obwodzie pokazanym na rys. 74?



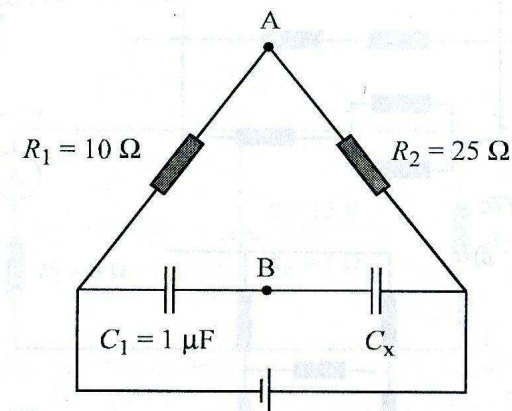
Rys. 74

11. Jakie napięcie pokaże woltomierz w obwodzie przedstawionym na rys. 75?



Rys. 75

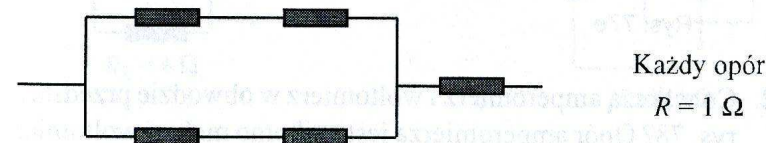
12. Narysuj zależność napięcia mierzonego na oporze zewnętrznym R_z ogniwa o sile elektromotorycznej \mathcal{E} w funkcji:
- oporu wewnętrznego ($R_z = \text{const}$);
 - oporu zewnętrznego ($R_w = \text{const}$);
 - napięcia prądu I ($R_w = \text{const}$).
13. W obwodzie składającym się z ogniwa o sile elektromotorycznej $\mathcal{E} = 4 \text{ V}$ i oporze wewnętrznym $R_w = 1 \Omega$ zmieniono opór zewnętrzny z $R_1 = 2 \Omega$ na $R_2 = 10 \Omega$. Oblicz różnicę pomiędzy wskazaniem woltomierza mierzącego napięcie na oporze zewnętrznym.
14. Ile wynosi pojemność kondensatora C_x (rys. 76), jeżeli pomiędzy punktami A i B różnica potencjałów jest równa zero?



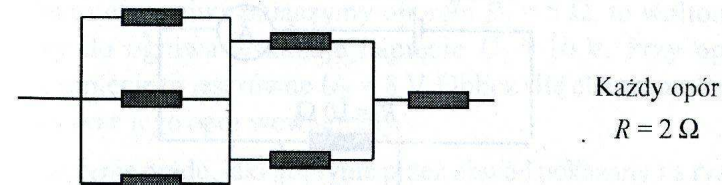
Rys. 76

7.2. Prawa Kirchhoffa

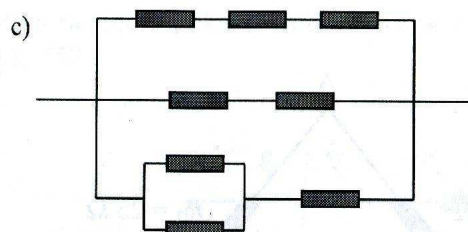
1. Oblicz opór zastępczy układu jednakowych oporów R pokazanych na kolejnych rys. 77a, b, c, d i e.



Rys. 77a

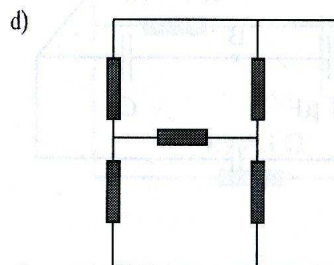


Rys. 77b



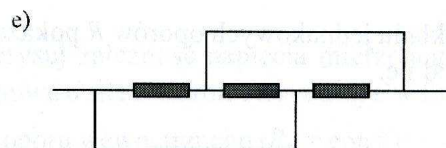
Rys. 77c

Każdy opór
 $R = 1 \Omega$



Rys. 77d

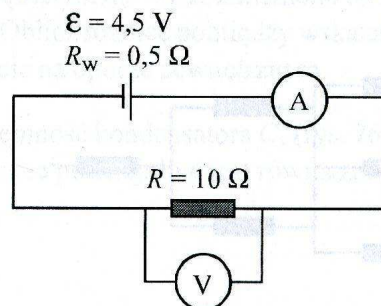
Każdy opór
 $R = 2 \Omega$



Rys. 77e

Każdy opór
 $R = 3 \Omega$

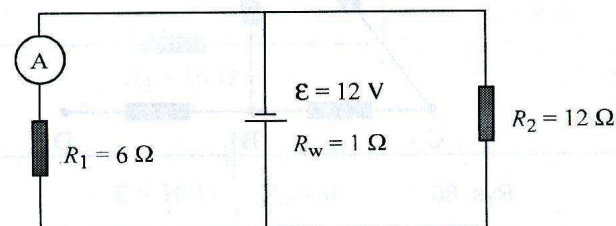
2. Co wskażą amperomierz i woltomierz w obwodzie przedstawionym na rys. 78? Opór amperomierza jest znikomo mały, a woltomierza bardzo duży.



Rys. 78

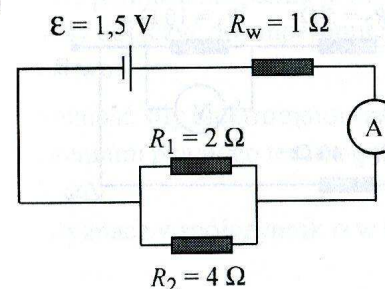
3. Oblicz natężenie prądu płynącego przez amperomierz w obwodach pokazanych na rys. 79a, b, c.

a)



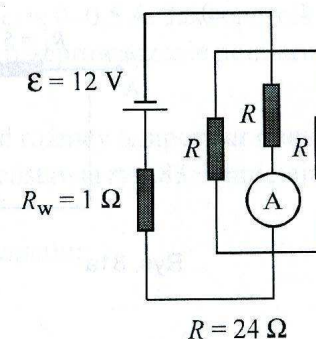
Rys. 79a

b)



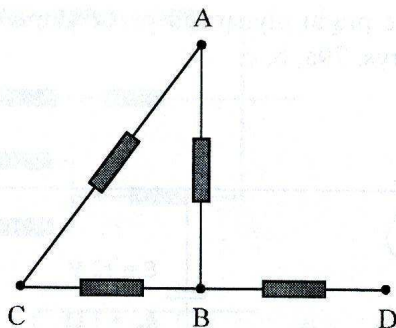
Rys. 79b

c)



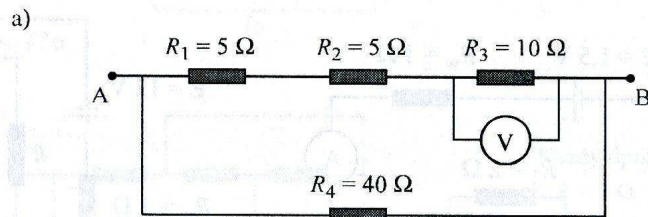
Rys. 79c

4. Jeżeli elektrody ogniwa połączymy oporem $R_1 = 5 \Omega$, to woltomierz dołączony do ogniwa wskazuje napięcie $U_1 = 10 \text{ V}$. Przy oporze $R_2 = 2 \Omega$ napięcie to jest równe $U_2 = 8 \text{ V}$. Oblicz siłę elektromotoryczną ogniwa oraz jego opór wewnętrzny.
5. Oblicz natężenie prądu, jaki popłynie przez obwód pokazany na rys. 80, jeżeli kolejno pomiędzy punkty A i D oraz B i C przyłożymy napięcie $U = 10 \text{ V}$. Wszystkie opory są jednakowe i wynoszą $R = 10 \Omega$.

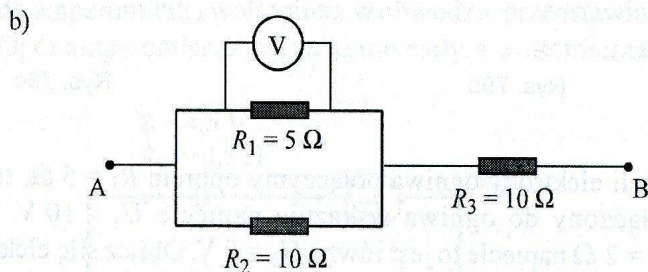


Rys. 80

6. Jakie napięcie wskazuje woltomierz (rys. 81a i 81b), jeżeli pomiędzy punkty A i B przyłożymy napięcie $U = 100 \text{ V}$?

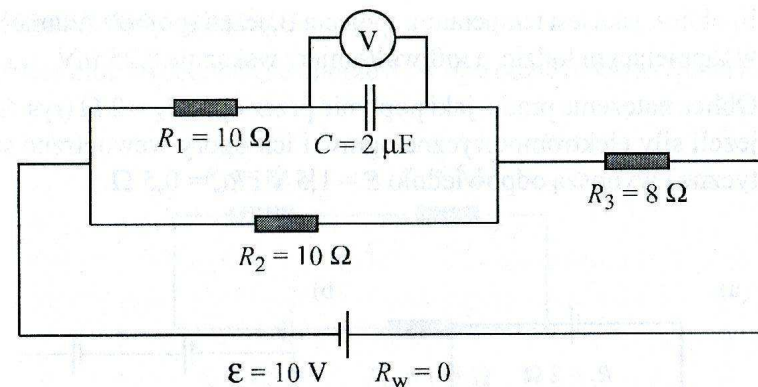


Rys. 81a



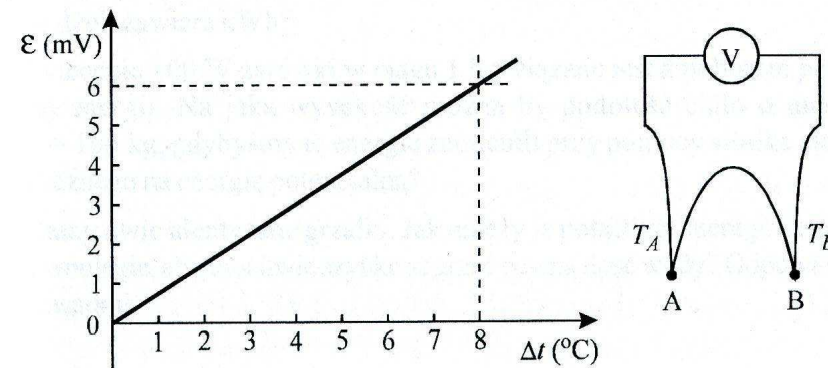
Rys. 81b

7. Jakie napięcie zmierzmy pomiędzy okładkami kondensatora o pojemności $C = 2 \mu\text{F}$ w obwodzie przedstawionym na rys. 82?



Rys. 82

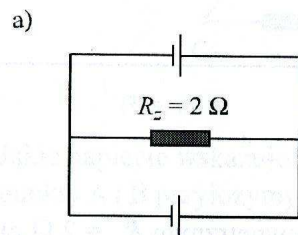
8. Za pomocą amperomierza o oporze wewnętrznym $R_w = 2 \Omega$ przystosowanego do pomiaru natężenia prądu w zakresie $0-0,1 \text{ A}$ chcemy dokonać pomiaru natężenia prądu w zakresie $0-0,5 \text{ A}$. Jaki opornik i jak należy dołączyć do amperomierza, aby przeprowadzenie pomiaru było możliwe?
9. Zależność siły elektromotorycznej \mathcal{E} od różnicy temperatur pomiędzy spojeniami pewnego termooogniwa przedstawia rys. 83. Pamiętając, że $\mathcal{E} = \alpha \Delta t$
- a) wyznacz współczynnik α w tym równaniu;



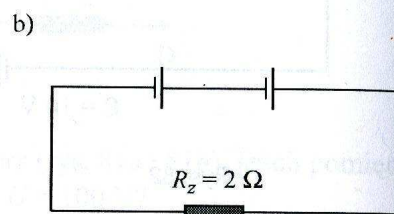
Rys. 83

b) oblicz, jaka jest temperatura spoiny B, jeżeli spoina A umieszczono w topniejącym lodzie, a miliwoltomierz wskazuje 8,25 mV.

10. Oblicz natężenie prądu, jaki popłynie przez opór $R_z = 2 \Omega$ (rys. 84a i b), jeżeli siły elektromotoryczne ogniw i ich opory wewnętrzne są identyczne i wynoszą odpowiednio $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$ i $R_w = 0,5 \Omega$.



Rys. 84a

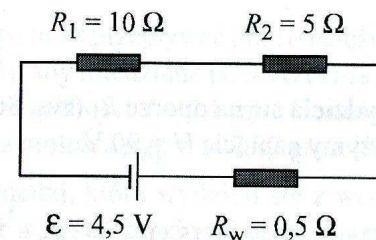


Rys. 84b

- 11.* Oblicz szybkość, z jaką w miedzianym drucie pod wpływem przyłożonego napięcia $U = 10 \text{ V}$ przemieszczają się elektrony. Długość drutu $l = 1 \text{ m}$, średnica $2r = 1 \text{ mm}$, opór właściwy miedzi $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, a jej gęstość $\gamma = 8933 \text{ kg/m}^3$. Masa molowa miedzi $\mu = 63,54 \text{ g/mol}$. Liczba elektronów swobodnych w danym kawałku drutu jest równa liczbie atomów.

7.3. Praca i moc prądu

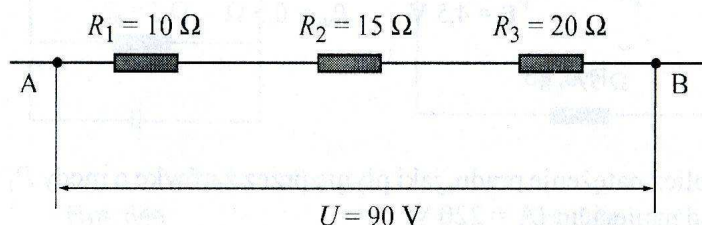
1. Oblicz moc wydzieloną na oporze R_1 w obwodzie pokazanym na rys. 85.



Rys. 85

2. Oblicz natężenie prądu, jaki płynie przez żarówkę o mocy $P_1 = 100 \text{ W}$ pod napięciem $U_1 = 220 \text{ V}$.
- Jaki jest opór tej żarówki?
 - Jak zmieni się moc wydzielona na tej żarówce, gdybyśmy ją podłączyli do napięcia $U_2 = 110 \text{ V}$?
3. Za pomocą elektrycznej grzałki zagotowano w czasie $\tau = 5$ minut wodę o masie $m = 0,5 \text{ kg}$, której temperatura początkowa wynosiła $t = 12^\circ \text{C}$. Znamionowa moc grzałki $P = 750 \text{ W}$. Oblicz sprawność grzałki pamiętając, że ciepło właściwe wody $c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.
4. Ile dżuli zawiera kWh?
5. Świecenie 100 W żarówki w ciągu 1 h związane jest z poborem pewnej energii. Na jaką wysokość można by podnieść ciało o masie $m = 100 \text{ kg}$, gdybyśmy tę energię zamienili przy pomocy silnika elektrycznego na energię potencjalną?
6. Mamy dwie identyczne grzałki. Jak należy je połączyć: szeregowo czy równolegle, aby możliwie szybko zagrząć pewną ilość wody? Odpowiedź uzasadnij.

- 7.* Mamy dwie identyczne grzałki. Za pomocą jednej grzałki doprowadzamy do wrzenia pewną ilość wody w czasie $t_0 = 5$ minut. Ile czasu potrzeba, aby (zaniedbując straty) doprowadzić do wrzenia tę samą ilość wody za pomocą dwóch grzałek połączonych
- szeregowo;
 - równolegle.
8. Oblicz, jaka moc wydzielą się na oporze R_1 (rys. 86), jeżeli pomiędzy punkty A i B przyłożymy napięcie $U = 90$ V.



Rys. 86

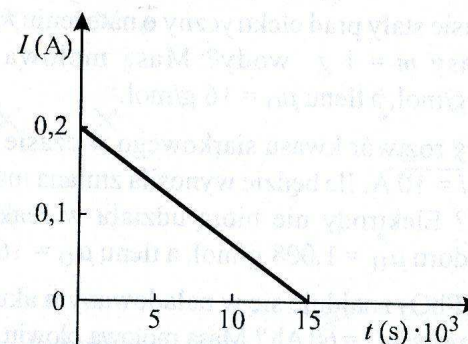
9. Oblicz czas potrzebny na stopienie umieszczonej w termosie bryły lodu o masie $m = 1$ kg i temperaturze $t = 0^\circ\text{C}$, przez grzałkę o oporze $R = 200 \Omega$, pracującą pod napięciem $U = 220$ V. Ciepło topnienia lodu $c_t = 3,35 \cdot 10^5$ J/kg.
10. Oblicz ilość ciepła, jaką dostarczy w ciągu jednej sekundy przewodnik miedziany o długości $l = 2$ km i średnicy $2r = 0,005$ m w czasie przepływu prądu stałego o natężeniu $I = 20$ A. Opór właściwy miedzi $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

7.4. Elektrochemia

1. Oblicz, jaka masa srebra wydzieli się podczas elektrolizy 100 g wodnego roztworu azotanu srebra AgNO_3 . Jaki ładunek musi przepłynąć przez elektrolit w czasie elektrolizy? Jakie było natężenie użytego w procesie

elektrolizy prądu stałego, jeżeli czas jej trwania wyniósł $t = 4$ h? Masa molowa srebra $\mu_{\text{Ag}} = 107,87$ g/mol.

2. Jaki ładunek jest potrzebny do wydzielenia jednego mola dwuwartościowej miedzi? Ładunek elektronu $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C.
3. Oblicz, jak długo musi przepływać prąd o natężeniu $I = 2$ A przez wodny roztwór AgNO_3 , aby miedziana powierzchnia $S = 100 \text{ cm}^2$ pokryła się warstwą srebra o grubości $d = 0,1$ mm. Gęstość srebra $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, a jego masa molowa $\mu_{\text{Ag}} = 107,87$ g/mol.
4. Oblicz masę miedzi, która wydzieli się z wodnego roztworu CuSO_4 w czasie $t = 10^4$ s, jeżeli zależność natężenia prądu od czasu jest taka, jak pokazuje rys. 87. Masa molowa miedzi $\mu_{\text{Cu}} = 63,54$ g/mol.



Rys. 87

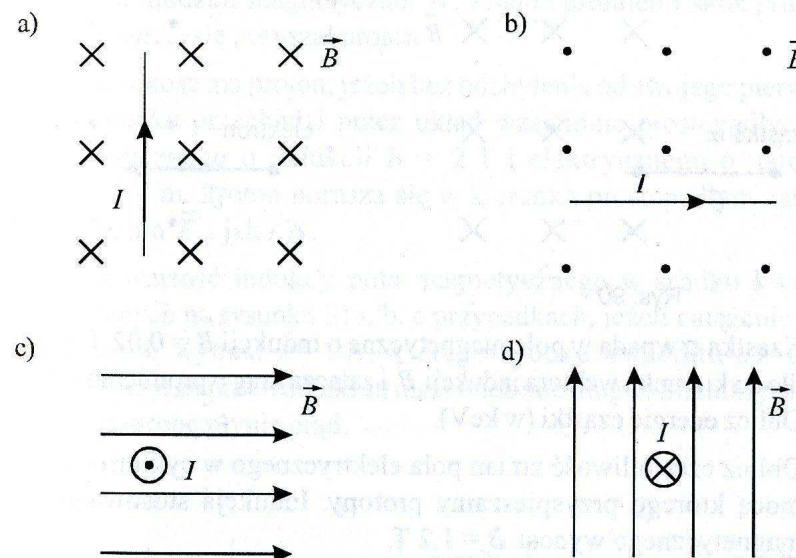
5. Przez dwa woltametry połączone szeregowo, wypełnione roztworami CuSO_4 i AgNO_3 , płynie prąd stały. Ile srebra wydzieli się na płytce woltametu wypełnionego roztworem AgNO_3 , jeżeli miedzi wydzieliło się $m_0 = 10$ g? Masa molowa miedzi $\mu_{\text{Cu}} = 63,54$ g/mol, srebra $\mu_{\text{Ag}} = 107,87$ g/mol.
6. Po jakim czasie trwania elektrolizy wodnego roztworu CuSO_4 na katodzie wydzieli się $m = 4$ g miedzi, jeżeli przez roztwór płynie prąd o natężeniu $I = 1$ A? Masa molowa miedzi $\mu_{\text{Cu}} = 63,54$ g/mol.

7. Oblicz równoważnik elektrochemiczny miedzi. Masa molowa miedzi $\mu_{\text{Cu}} = 63,54 \text{ g/mol}$, wartościowość $w = 2$.
8. Mamy akumulator ołowiowy o pojemności 60 Ah. Ile gramów PbSO_4 wytworzy się na każdej z elektrod akumulatora, jeżeli w trakcie rozładowywania jego pojemność zmniejszy się do 30 Ah? Masa molowa ołowiu $\mu_{\text{Pb}} = 207,19 \text{ g/mol}$, siarki $\mu_{\text{S}} = 32,07 \text{ g/mol}$, a masa molowa atomów tlenu $\mu_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$.
9. Jaki jest związek pomiędzy stałą Faraday'a $F = 96500 \text{ C/mol}$ a ładunkiem elektronu $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$?
10. Jaka objętość w warunkach normalnych będzie miał wodór, który wydzieli się w woltametrze podczas przepływu przez wodny roztwór H_2SO_4 prądu o natężeniu $I = 1 \text{ A}$ w czasie $t = 1 \text{ h}$?
11. W jakim czasie stały prąd elektryczny o natężeniu $I = 0,5 \text{ A}$ spowoduje rozkład masy $m = 1 \text{ g}$ wody? Masa molowa atomów wodoru $\mu_{\text{H}} = 1,008 \text{ g/mol}$, a tlenu $\mu_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$.
12. Przez wodny roztwór kwasu siarkowego w czasie $t = 1 \text{ h}$ płynie prąd o natężeniu $I = 10 \text{ A}$. Ile będzie wynosiła zmiana masy roztworu kwasu siarkowego? Elektrody nie biorą udziału w reakcji. Masa molowa atomów wodoru $\mu_{\text{H}} = 1,008 \text{ g/mol}$, a tlenu $\mu_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$.
13. Ile gramów PbO_2 znajduje się w naładowanym akumulatorze ołowiowym o pojemności $Q = 60 \text{ Ah}$? Masa molowa ołowiu $\mu_{\text{Pb}} = 207,19 \text{ g/mol}$, masa molowa atomów tlenu $\mu_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$.

8. Elektromagnetyzm

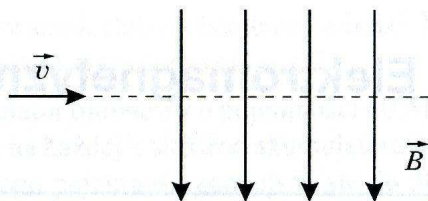
8.1. Pole magnetyczne

1. Wyznacz zwrot siły działającej na przewodnik w podanych niżej przypadkach (rys. 88a, b, c, d).



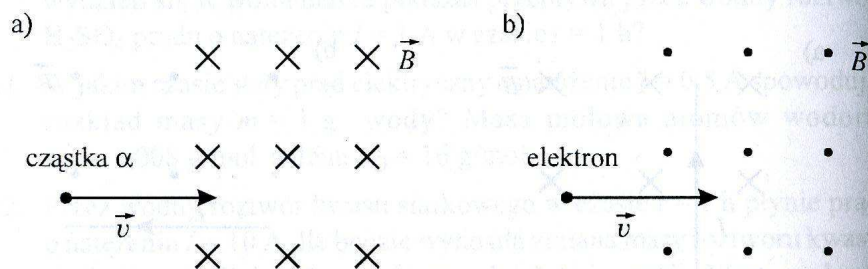
Rys. 88

2. Jak odchyli się, wpadając w zaznaczone na rys. 89 pole magnetyczne, proton, a jak elektron?



Rys. 89

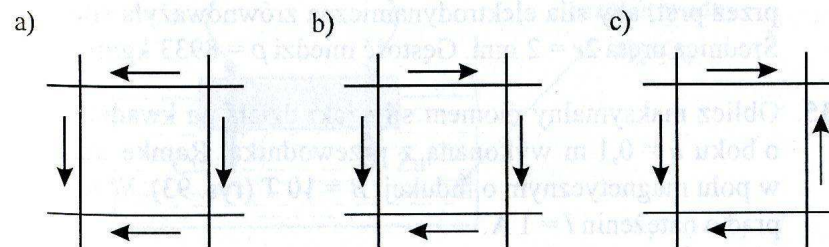
3. Jak odchylił się (narysuj tory) cząstki wpadające w pole magnetyczne przedstawione na rys. 90a i b?



Rys. 90

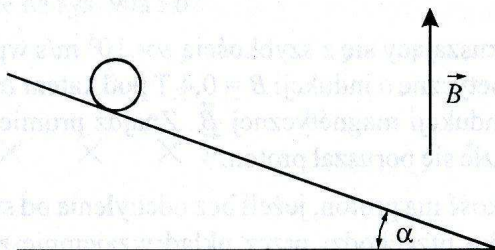
4. Cząstka α wpada w pole magnetyczne o indukcji $B = 0,02$ T prostopadle do kierunku wektora indukcji \vec{B} i zatacza krąg o promieniu $r = 0,2$ m. Oblicz energię cząstki (w keV).
5. Oblicz częstotliwość zmian pola elektrycznego w cyklotronie, za pomocą którego przyspieszamy protony. Indukcja stosowanego pola magnetycznego wynosi $B = 1,2$ T.
6. Jaki będzie promień okręgu zatoczonego przez cząstkę α w polu o indukcji $B = 10$ T, jeżeli energia cząstki $E = 10$ MeV? Cząstka wpada w pole magnetyczne prostopadle do kierunku wektora indukcji magnetycznej \vec{B} . Zadanie traktujemy nierelatywistycznie.
7. Oblicz stosunek promieni, jakie zataczą cząstka α i proton, jeżeli ich energie są równe, a cząstki wpadają w to samo pole magnetyczne prostopadle do kierunku wektora indukcji magnetycznej \vec{B} .

8. Deuteron i proton, po przejściu w próżni różnicy potencjałów $U = 500$ V, wpadają w jednorodne pola magnetyczne prostopadle do kierunku wyznaczonego przez wektor indukcji magnetycznej. Jaki musiałby być stosunek wartości indukcji magnetycznych tych pól (B_p/B_d), aby zatoczyły okręgi o jednakowych promieniach?
9. Proton, po przejściu w próżni różnicy potencjałów $U = 500$ V, wpada w jednorodne pole magnetyczne prostopadle do linii tego pola i zatacza okrąg o promieniu $r = 0,2$ m. Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego B .
10. Proton poruszający się z szybkością $v = 10^5$ m/s wpada w jednorodne pole magnetyczne o indukcji $B = 0,4$ T pod kątem $\alpha = 45^\circ$ do kierunku wektora indukcji magnetycznej \vec{B} . Znajdź promień i skok śruby, po której będzie się poruszał proton.
11. Jaką szybkość ma proton, jeżeli bez odchylenia od swojego pierwotnego kierunku przechodzi przez układ wzajemnie prostopadłych pól: magnetycznego o indukcji $B = 2$ T i elektrycznego o natężeniu $E = 10^3$ V/m. Proton porusza się w kierunku prostopadłym zarówno do wektora \vec{E} , jak i \vec{B} .
12. Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w środku kwadratu w podanych na rysunku 91a, b, c przypadkach, jeżeli natężenie prądu w drutach wynosi $I = 1$ A, a długość boku kwadratu $a = 0,1$ m. Zakładamy, że przewodniki są nieskończenie długie. Strzałki pokazują w którą stronę płynie prąd.



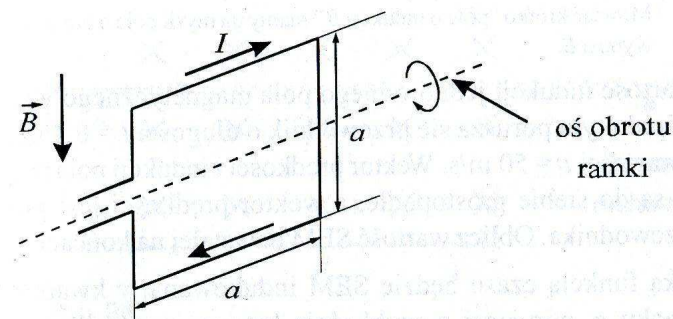
Rys. 91

13. Na metalowych szynach ustawionych pod kątem $\alpha = 30^\circ$ do poziomu położono miedziany pręt o średnicy $2r = 4$ mm. Pole magnetyczne o indukcji $B = 1$ T jest prostopadłe do podstawy tak utworzonej równi (rys. 92). Jaki prąd musi płynąć przez pręt, aby pozostał on w spoczynku? Tarcie pomijamy. Gęstość miedzi $\rho = 8933$ kg/m³. W którą stronę musi płynąć prąd elektryczny, aby mógł być spełniony warunek postawiony w zadaniu?



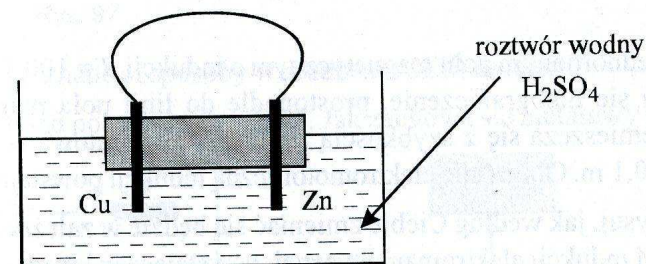
Rys. 92

14. W polu magnetycznym, którego linie mają kierunek poziomy, a wartość wektora indukcji $B = 0,2$ T, umieszczono pręt miedziany. Kierunek wyznaczony przez pręt, także poziomy, tworzy z kierunkiem wektora \vec{B} kąt prosty. Oblicz natężenie prądu, który musiałby płynąć przez pręt, aby siła elektrodynamiczna zrównoważyła siłę ciężkości. Średnica pręta $2r = 2$ mm. Gęstość miedzi $\rho = 8933$ kg/m³.
15. Oblicz maksymalny moment siły, jaki działa na kwadratową ramkę o boku $a = 0,1$ m wykonaną z przewodnika. Ramkę umieszczamy w polu magnetycznym o indukcji $B = 10$ T (rys. 93). W ramce płynie prąd o natężeniu $I = 1$ A.



Rys. 93

16. W szerokim naczyniu z roztworem kwasu siarkowego pływa układ złożony z dwóch niewielkich, odizolowanych od siebie płytek: cynkowej i miedzianej, połączonych przewodnikiem tak, jak to pokazuje rys. 94. Co się stanie, jeżeli prostopadle do płaszczyzny wyznaczonej przez pętlę przewodnika, od strony, z której patrzymy na rysunek, wzdłuż prostej przechodzącej przez środek pętli, zbliżymy magnes biegunem północnym? Odpowiedź uzasadnij. Polaryzację elektrod zanedbujemy.

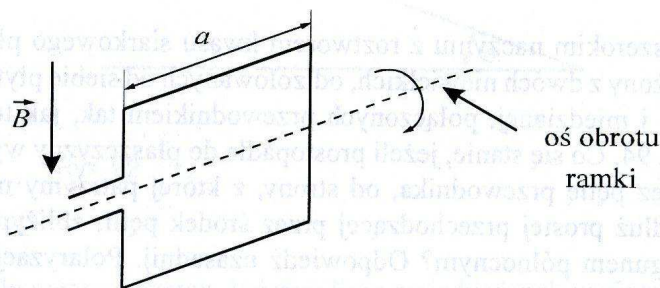


Rys. 94

8.2. Indukcja elektromagnetyczna

Uwaga: Mówiąc krótko "pole o indukcji B " mamy na myśli pole o indukcji, której **wartość** wynosi B .

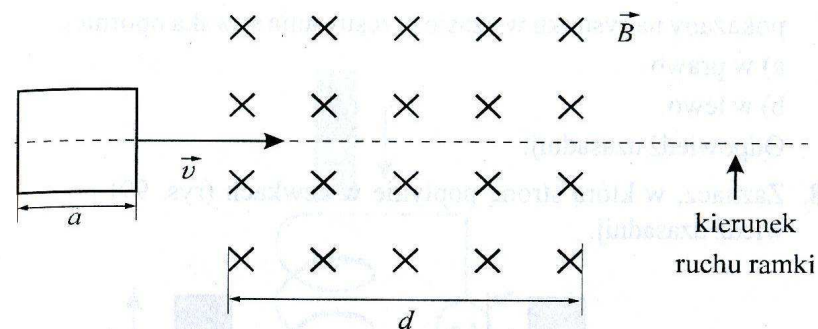
1. Wartość indukcji jednorodnego pola magnetycznego wynosi $B = 2 \text{ T}$. W polu tym porusza się przewodnik o długości $l = 0,4 \text{ m}$ z prędkością o wartości $v = 50 \text{ m/s}$. Wektor prędkości i indukcji pola magnetycznego \vec{B} są do siebie prostopadłe, a wektor prędkości jest prostopadły do przewodnika. Oblicz wartość SEM powstałej na końcach przewodnika.
2. Jaką funkcją czasu będzie SEM indukowana w kwadratowej ramce o boku a , wirującej z szybkością kątową ω w polu magnetycznym o indukcji B ? Oś obrotu ramki jest prostopadła do kierunku wektora indukcji magnetycznej \vec{B} (rys. 95).



Rys. 95

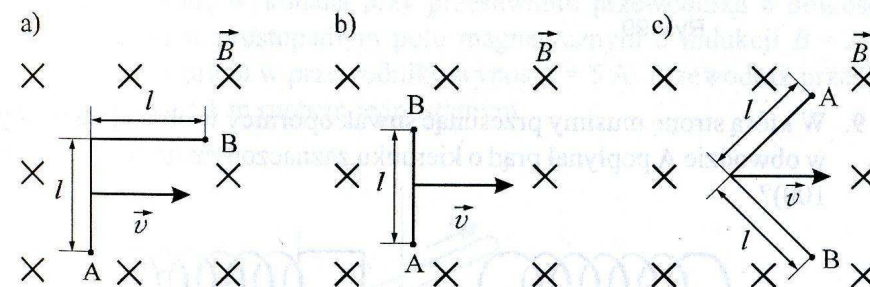
3. W jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $B = 100 \text{ T}$, rozciągającym się nieograniczenie, prostopadle do linii pola magnetycznego przemieszcza się z szybkością $v = 2 \text{ m/s}$ kwadratowa ramka o boku $a = 0,1 \text{ m}$. Oblicz siłę elektromotoryczną indukcji powstającą w ramce.
4. Narysuj, jak według Ciebie zmieniać się będzie w zależności od czasu SEM indukcji elektromagnetycznej, powstająca w kwadratowej ramce o boku a , która przemieszcza się ze stałą prędkością przez obszar stałego pola magnetycznego o indukcji B i szerokości d . Ramka porusza się prostopadle do linii pola magnetycznego (rys. 96).

8.2. INDUKCJA ELEKTROMAGNETYCZNA



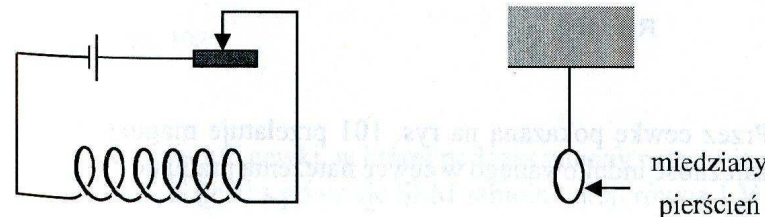
Rys. 96

5. W polu magnetycznym o tej samej indukcji magnetycznej B poruszają się z tą samą prędkością przewodniki pokazane na rys. 97a, b, c. Jak mają się do siebie SEM indukowane pomiędzy punktami A i B?



Rys. 97

6. Przedstaw znane ci sposoby wzbudzenia SEM indukcji.
7. Mamy układ pokazany na rys. 98. Jak zachowa się metalowy pierścień



Rys. 98

Odpowiedzi na str. 150

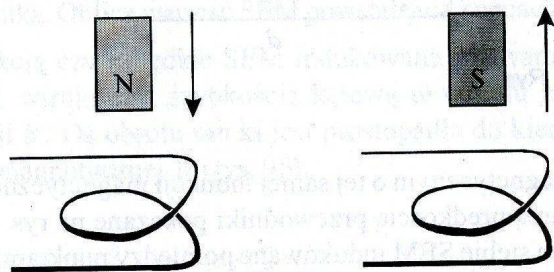
pokazany na rysunku w czasie przesuwania suwaka opornicy

a) w prawo

b) w lewo.

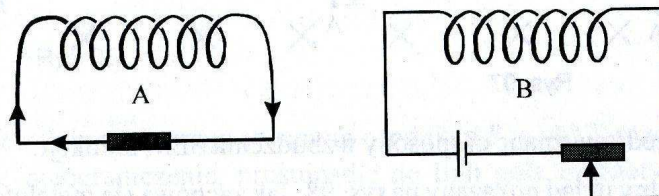
Odpowiedź uzasadnij.

8. Zaznacz, w którą stronę popłynie w cewkach (rys. 99) prąd. Odpowiedź uzasadnij.



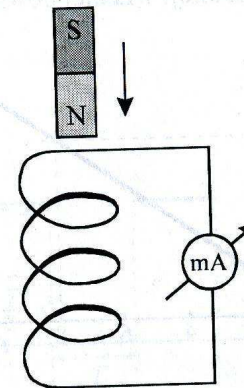
Rys. 99

9. W którą stronę musimy przesunąć suwak opornicy w obwodzie B, aby w obwodzie A popłynął prąd o kierunku zaznaczonym na rysunku (rys. 100)?



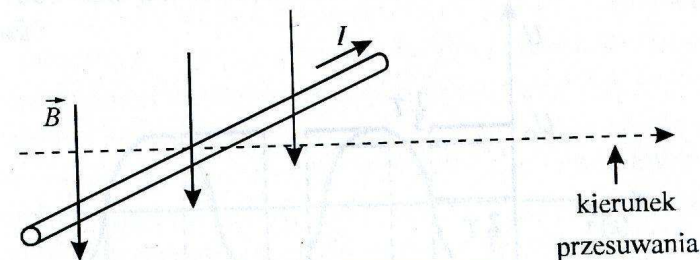
Rys. 100

10. Przez cewkę pokazaną na rys. 101 przelatuje magnes. Przeanalizuj zależność indukowanego w cewce natężenia prądu od czasu.



Rys. 101

11. Znajdź pracę wykonaną przy przesuwaniu przewodnika o długości $d = 0,2$ m w prostym polu magnetycznym o indukcji $B = 2$ T. Natężenie prądu w przewodniku wynosi $I = 5$ A. Przewodnik przesunięto o $\Delta l = 1$ m ruchem jednostajnym.



Rys. 102

12. Oblicz indukcyjność cewki, w której podczas zmiany natężenia prądu od 0 do 4 A w ciągu 2 s powstaje SEM samoindukcji równa 1 V.