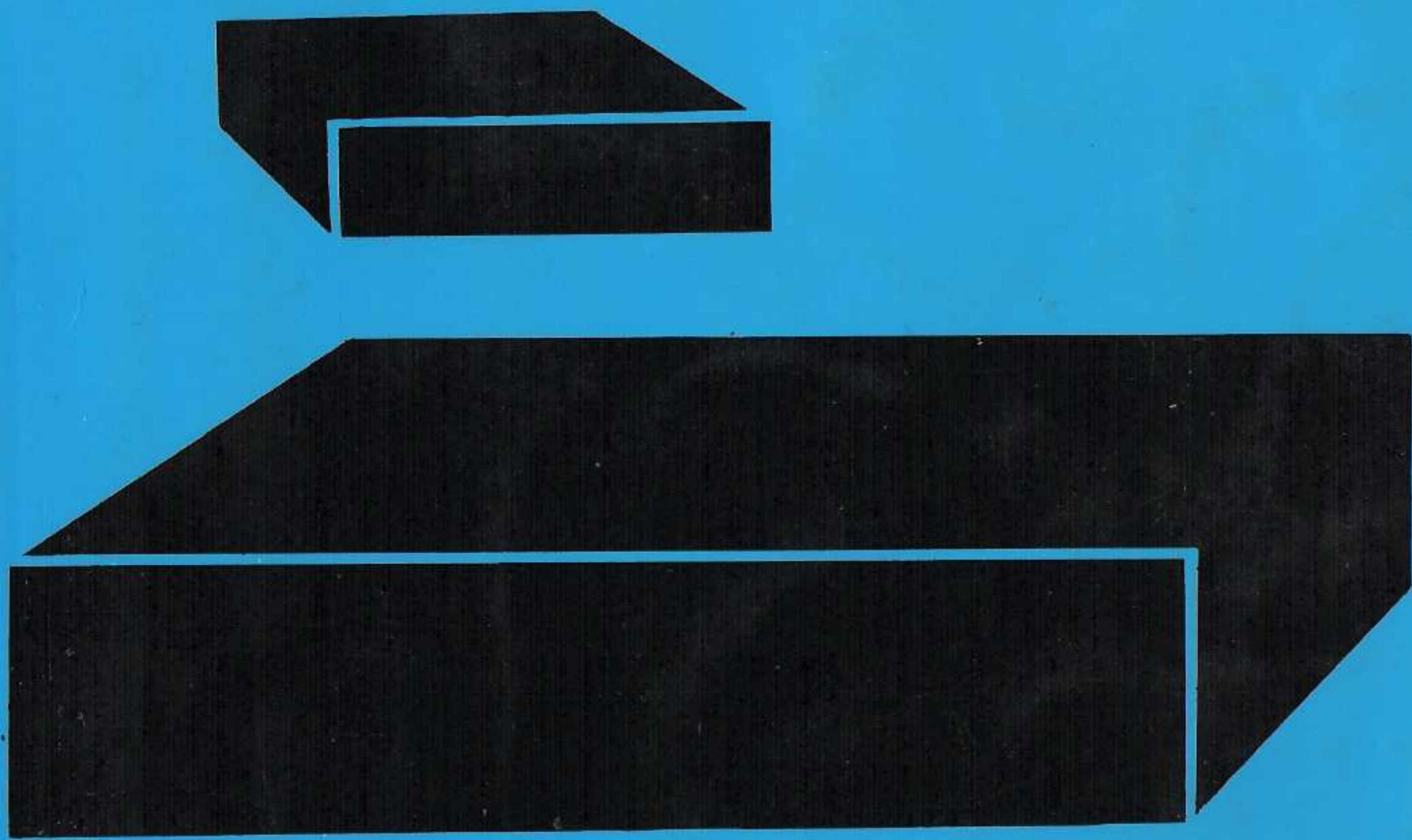
BOGDAN MENDEL JANUSZ MENDEL

Zbiór zadań z fizyki

dla klasy I szkół średnich



Ruch i siła

1. Ruch jednostajny punktu materialnego

1.Pozorny, dobowy ruch Słońca i gwiazd na niebie odbywa się ze wschodu na zachód. Jak obraca się Ziemia w ruchu dobowym względem Słońca?

2. Chrabąszcz porusza się jednostajnie wzdłuż promienia obracającej się tarczy gramofonowej. Narysuj tor chrabąszcza względem Ziemi.

3. Wyobraź sobie, że obracasz się wokół pionowej osi (na przykład siedząc na krzesełku karuzeli):

a. Po jakim torze porusza się względem ciebie piłka leżąca na Ziemi?

b. Po jakim torze (narysuj) porusza się balonik wznoszący się jedno stajnie do góry?

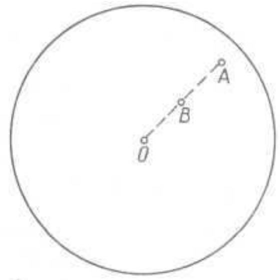
4. W windzie jadącej jednostajnie do góry waha się małe wahadełko. Narysuj tor wahadełka względem ścian budynku.

5. Do opony roweru jadącego po linii prostej przykleił się kawałek papierka. Narysuj tor papierka względem Ziemi i zaznacz na rysunku poziom jezdni.

6. Na rysunku 1 pokazano koło o środku w punkcie O i dwoma punktami A i B, takimi, że $OB = BA$ = 30 cm.

a. Jaką drogę przebędzie punkt B względem punktu A, gdy punkt A przebędzie w ruchu po okręgu drogę s = 12 m?

b. Jaką drogę przebędzie w tym czasie punkt B względem Ziemi?



Rys. 1

7. Przy szosach i ulicach można zauważyć tablice ze znakiem zakazu (rys. 2), mówiące o konieczności ograniczenia prędkości do wartości podanej na tablicy.

a. Jakiej prędkości dotyczy znak: średniej czy chwilowej?

b. W jakiej jednostce miary podana jest wartość prędkości na znaku?

Rys. 2

8. Dwa ciągi ruchomych schodów poruszają się ze stałą prędkością o wartości $v = 0{,}75\,\frac{m}{s}$ jeden do dołu, drugi do góry.

a. Z jaką prędkością względem schodów należałoby schodzić w dół po schodach jadących do góry, aby nie przesuwać się względem pasażerów stojących na schodach jadących do dołu?

b. Z jaką prędkością względem schodów należałoby schodzić po schodach jadących do góry, aby stale znajdować się na tej samej wysokości?

9. Pociąg towarowy jedzie z prędkością $v_1 = 18\frac{km}{h}$, a po sąsiednim torze jedzie pociąg pośpieszny z prędkością $v_2 = 102\frac{km}{h}$. Oblicz prędkość względną pociągu pośpiesznego względem towarowego, jeśli pociągi jadą: a) w tę samą stronę, b) w przeciwne strony.

10. Samolot myśliwski poruszający się z prędkością $v_1 = 200\frac{m}{s}$ ostrzeliwuje od tyłu nieprzyjacielski bombowiec poruszający się w tę samą stronę z prędkością $v_2 = 120\frac{m}{s}$. Prędkość pocisków względem samolotu myśliwskiego wynosi $v_3 = 800\frac{m}{s}$. Z jaką prędkością pociski trafiają w bombowiec?

11. Na pewnym odcinku droga biegnie równolegle do toru kolejowego. Po drodze tej jedzie samochód w tę samą stronę co pociąg długości l = 300 m. Jaką drogę przejedzie pociąg podczas wyprzedzania samochodu, jeśli samochód przejechał w tym czasie drogę s = 700 m? Który z pojazdów możemy potraktować jako punkt materialny i dlaczego?

12. Prędkość ciała $\vec{v}$ rozłożono na dwie składowe o jednakowych wartościach $v_1 = v_2 = 6\frac{m}{s}$ i tworzące kąt $\alpha = 120°$. Znajdź wartość s i kierunek prędkości $\vec{v}$ ciała.

13. Oblicz prędkość pionowego opadania kropli deszczu, jeżeli na oknie pociągu jadącego z prędkością $v = 90\frac{km}{h}$ zostawia ona ślad tworzący z pionem kąt a = 75°.

14. Po rzece płynie łódka, która skierowana jest cały czas prostopadle do nutru. Droga łódki względem brzegu po przepłynięciu rzeki wynosi l = 300 m, droga gałązki płynącej z nurtem w tym samym czasie wynosi s = 180 m. Ile wynosi szerokość rzeki?

15. Dźwig podnosi ciało z prędkością $v_1 = 2\frac{m}{\min}$ i jednocześnie przesuwa się po szynach z prędkością $v_2 = 10\frac{m}{\min}$. Oblicz wartość prędkości ciała względem Ziemi i kąt, jaki ona tworzy z pionem.

16. Jaki kąt powinna tworzyć oś symetrii kajaka płynącego względem wody z prędkością $v_1 = 3\frac{m}{s}$ z linią brzegu rzeki płynącej z prędkością $v_2 = 2{,}4\frac{m}{s}$, aby kajak płynął prostopadle do brzegu rzeki? Z jaką prędkością płynie kajak względem brzegu?

17. Samolot pasażerski leci dokładnie w kierunku północnym z prędkością $v_1 = 432\frac{km}{h}$ względem Ziemi. Podczas lotu wieje wiatr zachodni z prędkością $v_2 = 35\frac{m}{s}$.

a. Jaki kąt tworzy kadłub samolotu z kierunkiem północnym?
b. Z jaką prędkością poruszałby się samolot przy bezwietrznej pogodzie?

18. Statek płynie po jeziorze z prędkością $v = 25\frac{km}{h}$. Prostopadle do jego toru płynie motorówka tak, że jej tor przecina się z torem statku. Z jaką prędkością płynie motorówka, jeżeli ze statku wydaje się, że zbliża się ona do jego toru pod kątem a = 70°?

19*. Samolot porusza się w powietrzu przy bezwietrznej pogodzie z prędkością $v_1 = 800\frac{km}{h}$. Jeżeli ze wschodu na zachód wieje wiatr z prędkością $v_2 = 15\frac{m}{s}$, to jaki kąt z południkiem powinna tworzyć oś kadłuba samolotu, aby leciał on: a) na wschód, b) na południe, c) na północ oraz jaka byłaby jego wartość prędkości względem Ziemi w każdym z tych przypadków?

20. Łódka przepłynęła rzekę o szerokości d = 500 m z prędkością $v = 7{,}2\dfrac{km}{h}$ względem brzegu. Prąd wody zniósł ją o s = 150 m w dół rzeki. Oś łódki była skierowana prostopadle do brzegu.

a. Oblicz prędkość prądu rzeki.

b. Oblicz czas, w ciągu którego łódka przepłynęła na drugi brzeg.

21. Krople deszczu pozostawiają na szybach stojącego tramwaju ślady zacieków nachylone pod kątem a = 30° do pionu. W czasie jazdy tramwaju z prędkością $v = 36\dfrac{km}{h}$ zgodnej z kierunkiem wiatru, deszcz pozostawia na szybach pionowe ślady zacieków. Znajdź prędkość wiatru oraz prędkość kropel deszczu przy bezwietrznej pogodzie.

22. Na przeciwległych brzegach rzeki o prędkości prądu $v_1 = 0{,}5\dfrac{m}{s}$ znajdują się dwie przystanie.

a. Jaki kąt powinna tworzyć z linią brzegu oś łódki płynącej prosto od jednej do drugiej przystani?

b. Z jaką prędkością płynie łódka względem brzegu?

Prędkość łódki względem wody wynosi $v_2 = 0{,}8\dfrac{m}{s}$.

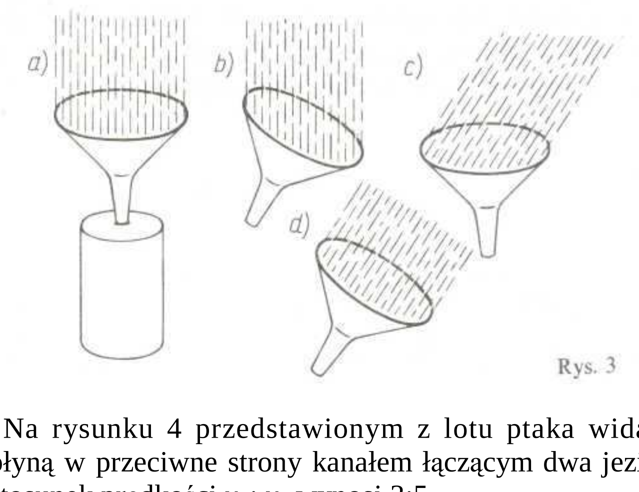
23. Przez rzekę o szerokości / przepływa łódka z przystani *A* do przystani *B* położonych na przeciwległych brzegach, przy czym przystań *B* leży w odległości *s* poniżej przystani *A*. Prędkość prądu rzeki wynosi *v*. Z jaką minimalną prędkością względem wody może płynąć łódka?

24. Krople ulewnego deszczu padającego przy bezwietrznej pogodzie ze stałą prędkością *v* napełniają naczynie przez lejek w czasie *t* (rys. 3a). Porównaj czas napełniania naczynia przez ten sam deszcz w następujących przypadkach:

a) lejek jest nachylony i brak wiatru (tj), (rys. 3b),

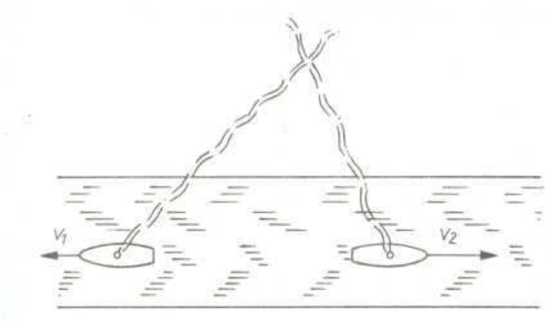
b) lejek jest ustawiony pionowo, wieje wiatr (t_2), (rys. 3c),

c) lejek jest pochylony, wiatr wieje w ten sposób, że krople padają równolegle do osi lejka (t_3), (rys. 3d).



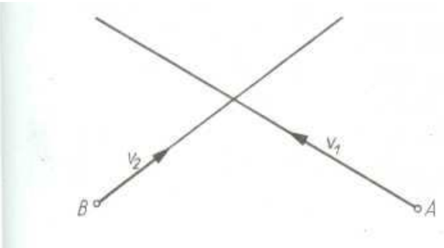
Rys. 3

25. Na rysunku 4 przedstawionym z lotu ptaka widać ślady dymu z kominów dwóch statków, które płyną w przeciwne strony kanałem łączącym dwa jeziora. Wyznacz kierunek wiatru, jeżeli wiadomo, że stosunek prędkości $v_1 : v_2$ wynosi 3:5.



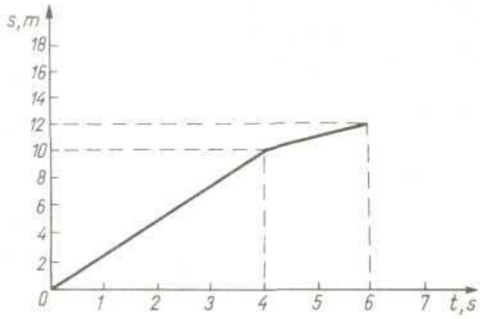
Rys. 4

26*. Do skrzyżowania jak na rysunku 5 zbliżają się: z punktu *A* motocyklista z prędkością v_1 i z punktu *B* rowerzysta z prędkością v_2. Wyznacz graficznie, jaka będzie najmniejsza odległość między motocyklistą i rowerzystą, jeżeli w punktach *A* i *B* byli jednocześnie.



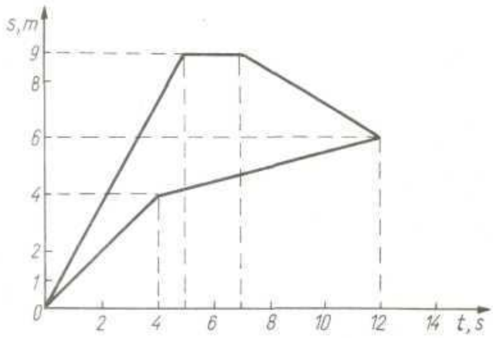
Rys. 5

27. Na rysunku 6 przedstawiono wykres zależności drogi s od czasu *t* dla pewnego ciała. Oblicz prędkość ciała w trzeciej i piątej sekundzie ruchu oraz prędkość średnią dla całego ruchu.

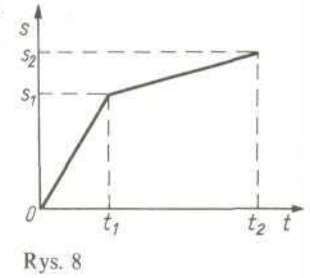


Rys. 6

28. Na rysunku 7 pokazano wykresy zależności przemieszczenia dwu ciał od czasu. Narysuj wykresy prędkości tych ciał w funkcji czasu zachowując skalę czasu. Dla skali prędkości przyjmij 1 cm — $0{,}5\,\frac{m}{s}$.



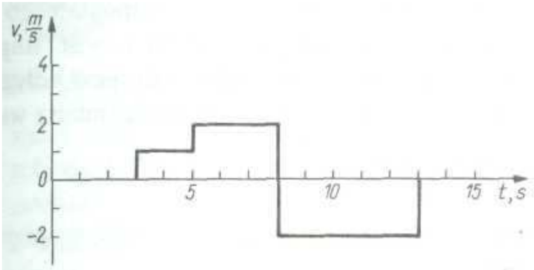
Rys. 7



Rys. 8

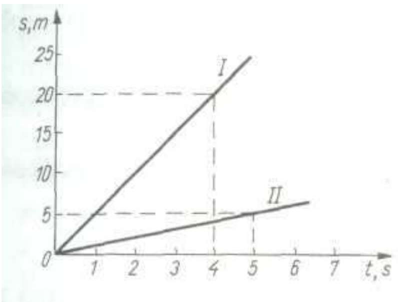
29. Na rysunku 8 przedstawiono wykres zależności drogi od czasu dla pewnego ciała *A*. Narysuj na tym samym wykresie zależność drogi od czasu dla ciała *B*, które porusza się ruchem jednostajnym z prędkością równą średniej prędkości ciała *A*.

30. Na rysunku 9 pokazano wykres zależności prędkości pewnego ciała od czasu. Narysuj wykres położenia ciała zachowując skalę czasu. Przyjmij, że jednostka na osi drogi wynosi 1 m.



Rys. 9

31. Na rysunku 10 przedstawiono wykres obrazujący ruch wody w rzece (II) oraz ruch statku w stojącej wodzie (I). Zachowując skalę narysuj wykresy obrazujące ruch statku względem brzegu a) gdy płynie z prądem, b) gdy płynie pod prąd.



Rys. 10

32. Jak długo biegnie światło ze Słońca do Ziemi? Średnia odległość Słońca od Ziemi $d = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m, prędkość światła $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

33. Impuls światła z lasera wysłany w kierunku Księżyca odbił się od jego powierzchni i powrócił na Ziemię po czasie $t = 2{,}533$ s. Ile wynosi odległość Księżyca od Ziemi? Prędkość światła wynosi $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

34. Co porusza się szybciej: samochód przejeżdżający drogę $s = 1{,}2$ km w ciągu czasu $t = 1$ min, czy motocykl jadący z prędkością $v = 25\ \frac{m}{s}$?

35. Z jaką stałą prędkością porusza się rakieta przebywająca drogę s w czasie *t*, jeżeli drogę o $\Delta s = 60$ m dłuższą przebywa w czasie o $\Delta t = 0{,}01$ s dłuższym?

36. Pasażer postanowił zmierzyć prędkość w czasie jednostajnego ruchu samochodu. W ciągu $t = 3$ min naliczył on $n = 36$ słupów (zaczynając liczyć od zera) umieszczonych wzdłuż drogi w odległościach co l= 100 m jeden od drugiego. Czy prędkościomierz wskazujący $v = 80\ \frac{km}{h}$ pokazywał rzeczywistą prędkość?

37. Pociąg towarowy jechał przez most długości l = 800 m ze stałą prędkością $v = 18 \frac{km}{h}$. Od chwili wjechania lokomotywy na most do chwili zjechania z mostu ostatniego wagonu upłynął czas $t =$ 6 min 40 s. Oblicz długość pociągu.

38. Oblicz średnią prędkość wędrówki autostopowicza, który całą drogę przebył w trzech etapach: I- $\frac{1}{3}$ drogi samochodem osobowym z prędkością $v_1 = 60\ \frac{km}{h}$; II- $\frac{1}{12}$ drogi pieszo z prędkością

$v_2 = 5\frac{km}{h}$; III -resztę drogi na przyczepie ciągnika z prędkością $v_3=21\frac{km}{h}$.

39. Samochód rajdowy przebył pierwszy odcinek trasy l_1 = 180 km w czasie t_1 = 2,5 h, a drugi odcinek l_2 = 120 km z prędkością $v = 80\ \frac{km}{h}$. Oblicz średnią prędkość samochodu na całej trasie,.

40. Traktor poruszał się w ciągu pierwszej minuty z prędkością $v_1 = 2,25\frac{km}{h}$ w ciągu drugiej minuty z prędkością $v_2 = 3,6\frac{km}{h}$, a w ciągu trzeciej minuty z prędkością $v_3 = 5,18\frac{km}{h}$. Narysuj wykresy:
a) drogi traktora w zależności od czasu, b) prędkości traktora w zależności od czasu. Na wykresie prędkości narysuj średnią prędkość traku

41. Samolot po starcie wznosił się w powietrze pod kątem $\alpha = 20°$ do poziomu z prędkością $v = 216\frac{km}{h}$. Jaką wysokość osiągnie ten samolot po czasie Δt = 10 s od chwili oderwania się od pasa startowego?

42. Ruchome schody poruszają się ze stałą prędkością $v = 0,8\frac{m}{s}$. Wyznacz różnicę wysokości, jaką przebywa człowiek stojący na tych schodach w czasie Δt = 30 s, jeżeli kąt nachylenia schodów do poziomu wynosi $\alpha = 30°$.

43. Z każdego z dwóch samolotów wyskoczył jeden skoczek spadochronowy na różnych wysokościach, których stosunek wynosił $h_1 : h_2 = 0,8$; średnie prędkości opadania miały się do siebie jak $v_1 : v_2 = 1,2$. Oblicz, który skoczek dłużej przebywał w powietrzu i ile razy.

44*. Obok stacji benzynowej przejechała ciężarówka. Po czasie t ze stacji wyjechał samochód osobowy, który zaczął gonić ciężarówkę jadąc ze średnią prędkością n razy większą od prędkości ciężarówki jadącej ruchem jednostajnym. Po jakim czasie samochód dogoni ciężarówkę?

45. Autobus PKS przejechał trasę między miastami odległymi o s = 30 km w czasie t = 45 min, z czego t_1 =5 min stał na przystankach pomiędzy miastami. Znajdź średnią prędkość przejazdu autobusu z miasta do miasta oraz średnią prędkość przejazdu między przystankami.

46*. Po rzece pod prąd płynie statek holujący łódkę. Prędkość prądu rzeki wynosi u, a statku względem wody v. W pewnej chwili łódka zrywa się z holu i zaczyna swobodnie spływać z prądem rzeki. Fakt zerwania się łódki stwierdzono na statku dopiero po czasie t. Wtedy natychmiast zawrócono statek i z tą samą prędkością względem wody zaczęto gonić łódkę. Po jakim czasie od momentu zauważenia braku łódki statek dogoni łódkę?

47. Dwaj kolarze jechali w Wyścigu Pokoju w etapie indywidualnej jazdy na czas. W pewnej chwili kolarz *B* był za kolarzem *A* w odległości 50 m. Po czasie t = 16 min 40 s odległość między nimi była taka sama, ale kolarz *B* jechał pierwszy. Ile wynosiła różnica wartości prędkości obu kolarzy?

48*. Samochodowa kolumna wojskowa długości l = 2 km porusza się z prędkością $v_1 = 40\frac{km}{h}$. Z czoła kolumny wyruszył motocyklista na koniec kolumny i wrócił z meldunkiem z powrotem. Ile czasu upłynęło od wyjazdu do powrotu motocyklisty na czoło kolumny, jeśli jechał on ze średnią prędkością $v_2 = 60\frac{km}{h}$? Przekazanie meldunku zajęło motocykliście czas t = 36 s.

49. Elektrowozy dwóch pociągów elektrycznych jadących w przeciwne strony wjechały jednocześnie na skrzyżowanie z drogą. Ostatnie wagony tych pociągów również jednocześnie zjechały ze skrzyżowania. Czas mijania wynosił t = 15 s. Pierwszy pociąg jest n = 1,25 razy dłuższy niż drugi. Ile czasu pociąg pierwszy mijałby z tą samą prędkością nieruchomy pociąg drugi?

50. Przy wyprzedzaniu stojącego autobusu PKS samochód osobowy jadący z prędkością $v_1 = 72\ \frac{km}{h}$ znajduje się na sąsiednim pasie ruchu przez czas t = 2,5 s.

a. Ile czasu będzie się znajdował ten samochód na sąsiednim pasie ruchu podczas wyprzedzania autobusu jadącego z prędkością $v_2=60\frac{km}{h}$

b. Jaką drogę względem jezdni przebędzie w tym czasie w obu przypadkach?

Rozwiąż zadanie w układzie odniesienia związanym z autobusem.

51. Statek płynie z portu *A* do portu *B* z prądem rzeki w czasie t_1 = 8 h, a czas rejsu powrotnego wynosi t_2 = 16 h. Ile czasu płynęłaby tratwa z portu *A* do portu B?

52. Podczas zawodów motorowodnych na rzece ślizgacz przepłynął odległość między mostami, równą l = 6460 m, w czasie *t* = 2 min 50 s z prądem rzeki, a pod prąd w czasie o Δt = 20 s dłuższym. Oblicz prędkość prądu rzeki i prędkość ślizgacza względem wody.

53. Przez rzekę o szerokości s = 300 m przepływa pływak na przeciwległy brzeg i z powrotem w czasie *t* = 10 min dopływając do miejsca położonego o Z = 800 m poniżej miejsca wypłynięcia. Znajdź wartość prędkości pływaka względem brzegu i kąt pod jakim płynął wiedząc, że kierunek jego prędkości względem wody był prostopadły do kierunku prędkości nurtu.

54*. Samochód rajdowy przebył pierwszy odcinek trasy długości l_1 = 180 km w ciągu czasu Δt_1 = 3

a. W jakim czasie Δt_2 i z jaką prędkością średnią v_{2iT} musi przejechać ten samochód drugi odcinek trasy długości l_2 = 360 km, aby średnia prędkość na całej trasie wynosiła $v_{śr} = 90\frac{km}{h}$?

b. Wyraź prędkość średnią $v_{śr}$ na całej trasie przez prędkości średnie v_{1sr} na pierwszym i v_{2sr} na drugim odcinku trasy zauważając, że $I_2 = 2l_1$.

55*. Dwa gołębie pocztowe, których prędkości lotu względem powietrza są jednakowe, wyruszyły jednocześnie z dwu miejscowości *A* i *B* odległych od siebie o l= 300 km i spotkały się po czasie *t* = 2,5 h. Podczas lotu wiał wiatr w kierunku od *A* do *B* z prędkością $v = 5\frac{m}{s}$.

a. Oblicz prędkość gołębi względem powietrza i względem Ziemi.

b. W jakiej odległości od *A* nastąpiło spotkanie?

c. Ile czasu leciał gołąb z *B* do *A*, a ile z *A* do *B?*

56. Samochód jadący z miejscowości *A* do *B* przejechał połowę drogi z prędkością $v_1 = 60\frac{km}{h}$, a drugą połowę z prędkością $v_2 = 90\frac{km}{h}$ .Wracając, połowę czasu jechał z prędkością $v_3 = 90\frac{km}{h}$, a drugą połowę czasu z prędkością t>$_4$ = $60\frac{km}{h}$. Ile wynosiła średnia prędkość samochodu na drodze:

a) z *A* do *B,* b) z *B* do *A,* c) ile zaś na całej trasie?

d) Wyraź prędkość średnią na całej trasie przez prędkości średnie na trasie z *A* do *B* i z *B* do *A.*

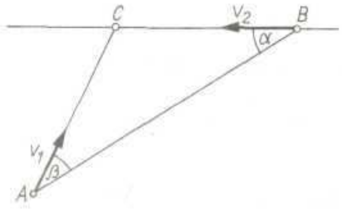
57*. Ze skrzyżowania rusza samochód w chwili, kiedy na następnym skrzyżowaniu odległym o / zapala się zielone światło. Cykl zmiany świateł jest następujący: zielone — żółte — czerwone — zielone — żółte — czerwone itd., a czas świecenia się świateł przedstawia się następująco: zielone — t_1 żółte — t_2, czerwone — t_3. Z jaką prędkością powinien jechać samochód, aby na najbliższe skrzyżowanie wjechał przy zielonym świetle w dowolnym kolejnym cyklu zmiany świateł?

58. Prędkość rzeki o szerokości *d* = 600 m wynosi $v_1 = 2\frac{m}{s}$. Pływak może płynąć z największą prędkością $v_2 = 6\frac{km}{h}$.

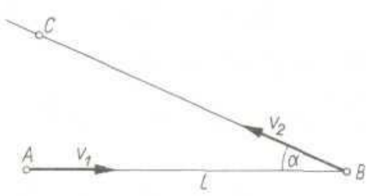
a. Jaki największy kąt może tworzyć z linią brzegu wypadkowa prędkość pływaka?

b. Po jakim czasie znajdzie się w tym wypadku na przeciwległym brzegu?

59. Człowiek pracujący w polu w punkcie *A* (rys. 11) zobaczył idącego szosą sąsiada w punkcie *B*. Ruszył mu na spotkanie idąc do punktu *C* szosy z prędkością $v_1 = 5\frac{km}{h}$. Z jaką prędkością szedł sąsiad, jeżeli obydwaj doszli do punktu *C* jednocześnie? Kąt α = 30°, kąt β = 40°.



Rys. 11



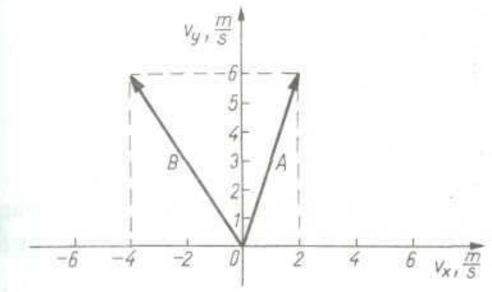
Rys. 12

60*. W pewnej chwili ciało *A* porusza się w kierunku ciała *B* ze stałą prędkością v_1 po linii prostej, natomiast ciało *B* porusza się w kierunku ciała *C* ze stałą prędkością v_2 (rys. 12). Odległość $AB = 1;$ prędkość ciała *A* względem ciała *B* wynosi *v'*, z kierunkiem *AB* tworzy kąt *y*. W jakiej najmniejszej odległości od siebie znajdą się ciała i po jakim czasie to nastąpi licząc od chwili startu ciała *A* i B?

61. W chwili $t = 0$ ciało znajduje się w początku układu współrzędnych O_{xy}. Jego stała prędkość wynosi $v = [3\frac{m}{s}, 4\frac{m}{s}]$. W jakiej odległości znajdują się punkty, w których ciało znajdowało się w $t_1 = 3$ i $t_2 = 7$ sekundzie ruchu?

62. Punkt materialny porusza się jednostajnie z punktu *A* [3 m, 1 m] do punktu *B* [7 m, 9 m] w prostokątnym układzie współrzędnych w czasie $t = 4$ s. Oblicz współrzędne wektora prędkości $\vec{v} = [v_x, v_y]$ i jego wartość bezwzględną $|\vec{v}|$.

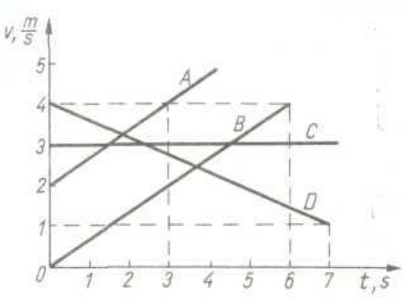
63. Na rysunku 13 pokazano wektory prędkości dwu ciał: *A* i *B*. Oblicz współrzędne i wartość prędkości względnej ciała *B* względem ciała *A*.



Rys. 13

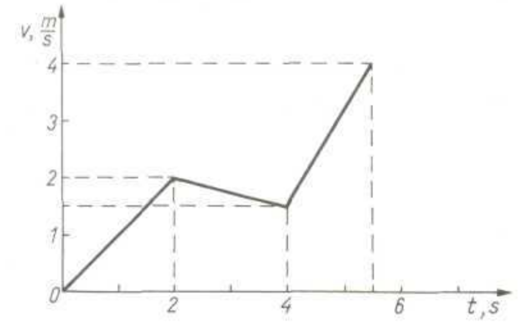
2. Ruch jednostajnie zmienny punktu materialnego

64. Na rysunku 14 przedstawiono wykresy zależności między prędkością a czasem ruchu ciał *A, B, C, D*. Na podstawie wykresów: a) wyznacz przyspieszenie każdego z tych ciał, a następnie b) narysuj wykresy zależności przyspieszenia od czasu dla każdego z nich. Zachowaj skalę czasu. Dla skali wartości przyspieszenia przyjmij np. 1 cm — $0,5\frac{m}{s^2}$.



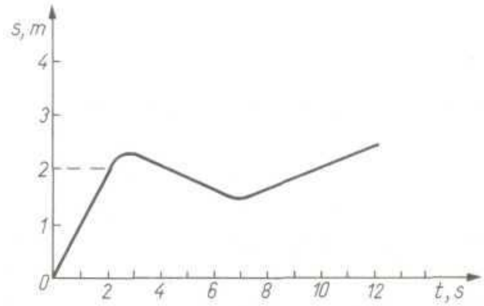
Rys. 14

65. Na rysunku 15 pokazano zależność prędkości ciała od czasu. Oblicz przyspieszenie ciała w chwilach $t_1 = 1$ s, $t_2 = 3$ s, $t_3 = 5$ s.



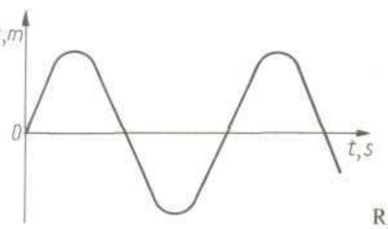
Rys. 15

66. Wykres zależności przesunięcia pewnego ciała od czasu pokazano na rysunku 16. W których chwilach prędkość ciała była równa zeru?



Rys. 16

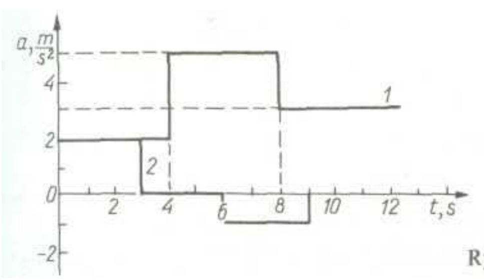
67. Wykres zależności położenia pewnego ciała od czasu przedstawiono na rysunku 17. W których chwilach ruchu prędkość ciała byli równa zeru? Kiedy była największa?



Rys. 17

68. Narysuj wykresy prędkości w zależności od czasu dwóch ciał, dla których zależność przyspieszenia od czasu przedstawiono na rysunku 18. W obu przypadkach prędkość początkowa jest równa

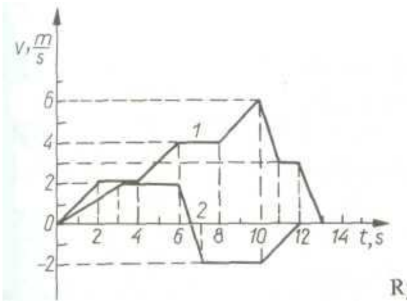
zeru. Przyjmij skale: prędkości 1 cm — 10 $\frac{m}{s}$ i czasu 1 cm — 1 s.



Rys. 18

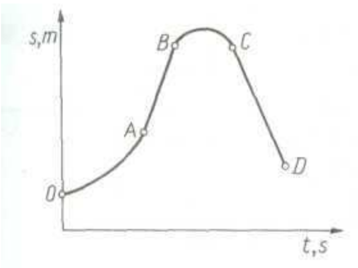
69. Narysuj wykres zależności przyspieszenia od czasu dla ciał, dla których wykresy zależności prędkości od czasu przedstawiono na

rysunku 19. Przyjmij skalę: 1 cm — 1 $\frac{m}{s^2}$.

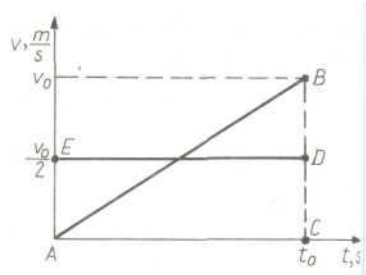


Rys. 19

70. Opisz charakter ruchu przedstawionego na rysunku 20. Narysuj wykres zależności prędkości od czasu; odcinki *O A* i *BC* są częściami paraboli.



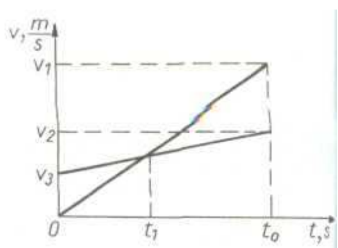
Rys. 20



Rys. 21

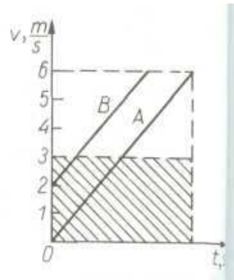
71*. Na rysunku 21 przedstawiono wykres *AB* zależności prędkości ciała od czasu. Udowodnij, że pole prostokąta *ACDE* jest równe polu trójkąta *ABC.* Co reprezentuje jedno i drugie?

72*. Na rysunku 22 przedstawiono wykres zależności prędkości dwu ciał od czasu. Na podstawie wykresu udowodnij, że ciało poruszające się z prędkością początkową v_3 przebyło mniejszą drogę w czasie *t* niż drugie ciało w tym samym czasie $(t_1 < 0{,}5t_2)$.



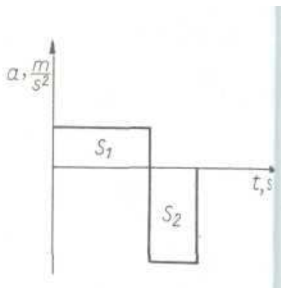
Rys. 22

73. Na rysunku 23 przedstawiono wykres zależności prędkości dwu ciał od czasu. Ciało *A* przebyło w czasie t_A= 5 s drogę równą polu zakreskowanego prostokąta. W jakim czasie ciało *B* przebędzie taką samą drogę? Narysuj na tym wykresie prostokąt, którego pole odpowiada drodze przebytej przez ciało *B*. Przyjmij, że proste na rysunku 23 są równoległe.



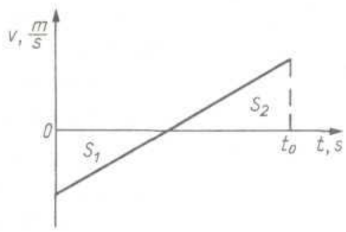
Rys. 23

74. Na rysunku 24 przedstawiono wykres zależności przyspieszenia ciała od czasu. Jaka jest prędkość tego ciała w chwili końcowej ruchu, jeżeli $S_1 = S_2$ i prędkość początkowa $v_0 = 0$. Opisz ruch tego ciała.



Rys. 24

75. Na rysunku 25 przedstawiono wykres zależności prędkości pewnego ciała od czasu.
a. W jakiej odległości od punktu startu znalazło się ciało po czasie t_0 jeśli $S_1 = S_2$?
b. Jaką drogę przebyło ciało, jeżeli w chwili t_0 prędkość wynosiła v_{max}?



Rys. 25

76. Jak należy rozumieć pojęcie „ruch jednostajnie przyspieszony" w przypadku a) jednakowych, b) przeciwnych zwrotów wektora prędkości początkowej i przyspieszenia?

77. Punkt materialny poruszając się z przyspieszeniem $a = 5\frac{m}{s^2}$ osiągnął prędkość $v = 100\frac{m}{s}$ (prędkość początkowa równa zeru). Ile czasu trwał ruch? Jaką drogę przebył punkt w tym czasie?

78. Rowerzysta jadący z prędkością $v_1 = 7{,}2\frac{km}{h}$ zaczął jechać coraz szybciej (ze stałym przyspieszeniem), aż do osiągnięcia prędkości $v_2 = 36\frac{km}{h}$ po czasie t = 20 s. Jaką drogę przebył rowerzysta podczas ruchu przyspieszonego?

79. Prędkość pocisku karabinowego przy wylocie z lufy wynosi $v = 800\frac{m}{s}$. Długość lufy l = 64 cm. Oblicz: a) czas lotu pocisku w lufie oraz b) jego przyspieszenie zakładając, że lot pocisku w lufie jest jednostajnie przyspieszony.

80. Rakieta startuje z Ziemi pionowo do góry ze stałym przyspieszeniem $a = 32\frac{m}{s^2}$

a. Na jakiej wysokości nad Ziemią rakieta będzie miała prędkość równą prędkości kuli karabinowej ($800\frac{m}{s}$)?

b. Po jakim czasie osiągnie tę prędkość?

81. Samochód osobowy przy próbie przyspieszeń ruszył z miejsca i przejechał drogę Δs = 100 m ze stałym przyspieszeniem w czasie Δt = 10 s od startu. Oblicz: a) przyspieszenie samochodu, b) prędkość, jaką osiągnął samochód.

82. Wagon popchnięty przez lokomotywę przejechał drogę Δs = 37,5 m. Zakładając, że ruch wagonu był jednostajnie opóźniony, oblicz a) jego prędkość początkową i b) opóźnienie. Czas ruchu wagonu Δt= 10 s.

83. W jakim czasie można zatrzymać pojazd jadący z prędkością $v = 12\frac{km}{h}$, jeśli największe opóźnienie przy hamowaniu wynosi $a = 5\frac{m}{s^2}$? Ile wyniesie droga hamowania?

84. Pocisk poruszający się z prędkością $v = 500\frac{m}{s}$ wbija się w deskę na głębokość s = 5 cm. Zakładając, że ruch ciała w desce jest jednostajnie opóźniony, oblicz czas wbijania się pocisku w deskę ora; opóźnienie jego ruchu.

85. Krążek hokejowy o prędkości początkowej $v_1= 15\frac{m}{s}$ przebył po lodzie drogę s = 60 m i uderzył w bandę po czasie t = 6 s. Z jaki prędkością krążek uderzył w bandę, jeśli jego ruch był jednostajny opóźniony?

86. W odległości s = 140 m przed mostem motocyklista jadący z prędkością $v = 60\frac{km}{h}$ zobaczył znak ograniczający prędkość na moście do $10\frac{km}{h}$. Motocyklista zaczął hamować poruszając się dalej ruchem jednostajnie opóźnionym, z opóźnieniem $a = 2\frac{m}{s^2}$. Jaki drogę przebędzie ruchem jednostajnie zmiennym do chwili, gdy osiągnie prędkość $v_1 = 10\frac{km}{h}$.

87. Punkt A poruszając się ruchem jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem a stracił połowę swojej prędkości początkowej v_0. Znajdź czas, w jakim to nastąpiło, a także przebytą w tym czasie drogę

88. Dźwig zaczyna unosić do góry ciężką skrzynię; przez t_1 = 2 s skrzynia porusza się z przyspieszeniem a_1= $0{,}5\frac{m}{s^2}$, a następnie przez t_2 = 11 s ruchem jednostajnym, a przez następne t_3 = 2 s ze skierowanym do dołu przyspieszeniem $a_2 = 0{,}5\frac{m}{s^2}$.

a. Na jaką wysokość podniesiono skrzynię?

b. Jaką prędkość ma skrzynia po czasie Δt = 15 s licząc od chwili początkowej?

89. Dwa samochody: osobowy i ciężarowy wyruszają jednocześnie z tego samego miejsca, w tym samym kierunku z prędkością początkową równą zeru; pierwszy z przyspieszeniem $a_1 = 1{,}4\frac{m}{s^2}$, drugi z przyspieszeniem $a_2 = 0{,}5\frac{m}{s^2}$. Ile będzie wynosiła różnica prędkości i jaka będzie odległość między samochodami po czasie $\Delta t = 10$ s?

90. Dwaj rowerzyści jadą naprzeciw siebie drogą biegnącą po stoku góry. Zjeżdżający ma prędkość początkową $v_l = 1{,}5\frac{m}{s}$ i przyspieszenie $a_1 = 0{,}2\frac{m}{s^2}$. Podjeżdżający pod górę ma prędkość $v_2 = 12{,}5\frac{m}{s}$ i opóźnienie $a_2 = 0{,}15\frac{m}{s^2}$. W jakiej odległości byli od siebie na początku, jeżeli spotkali się po czasie $t = 30$ s? Jak daleko może podjechać drugi kolarz?

91. Dwa ciała poruszają się ruchem jednostajnie zmiennym w kierunkach wzajemnie prostopadłych, pierwsze z przyspieszeniem $a_1 = 3\frac{m}{s^2}$, drugie z opóźnieniem $a_2 = 4\frac{m}{s^2}$. Prędkości początkowe wynoszą odpowiednio $v_1 = 5\frac{m}{s}$ i $v_2 = 12\frac{m}{s}$. Oblicz:

a) względne przyspieszenie ciała II względem ciała I oraz

b) czas, po którym względna prędkość ciał wyniesie $v' = 23\frac{m}{s}$.

92. Drogi przebyte przez ciało w jednakowych, kolejnych odcinkach czasu wynosiły: 2 m, 5 m, 8 m, 11 m, 14 m, itd. Czy przyspieszenie w tym ruchu mogło mieć stałą wartość? Uzasadnij odpowiedź.

93*. Pojazd porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym. W końcu czwartej sekundy ruchu jego prędkość wynosiła $v_A = 8\frac{m}{s}$. Jaką drogę przebył pojazd w ciągu czwartej sekundy ruchu, jeśli prędkość początkowa wynosiła $v_0 = 0\ \frac{m}{s}$?

94*. W czwartej sekundzie ruchu jednostajnie zmiennego bez prędkości początkowej ciało przebyło drogę s = 2 m. Jaką prędkość osiągnie to ciało pod koniec siódmej sekundy ruchu?

95*. Ciało poruszając się ruchem jednostajnie przyspieszonym przebyło w szóstej sekundzie ruchu drogę s = 22 m. Jaką drogę przebyło w pierwszych sześciu sekundach ruchu, a jaką w następnych sześciu sekundach? Prędkość początkowa wynosiła zero.

96. Współrzędne dwu ciał *A* i *B* wynoszą w chwili początkowej (t = 0) $x_A = 0$, $x_B = 25$ m, ich prędkości $v_A = 1\frac{m}{s}$, $v_B = 5\frac{m}{s}$ i przyspieszenia $a_A = 1{,}16\frac{m}{s^2}$, $a_B = 0{,}2\frac{m}{s^2}$. Po jakim czasie ciało *A* dogoni *B?*. Oblicz współrzędną punktu spotkania.

97. Z tego samego miejsca wyruszyły dwa samochody w pewnym odstępie czasu, poruszając się z tym samym przyspieszeniem. Po dwóch minutach od chwili wyruszenia drugi samochód przebył drogę 2,25 razy mniejszą od drogi przebytej przez pierwszy samochód do tego czasu. Po jakim czasie wyjechał drugi samochód po pierwszym?

98*. Od pociągu towarowego jadącego z prędkością u = $36\frac{km}{s^{2h}}$ odczepił się ostatni wagon, który poruszał się dalej ruchem jednostajnie opóźnionym. Oblicz opóźnienie wagonu i drogę, jaką przejechał, jeżeli pociąg od chwili odczepienia wagonu do chwili jego zatrzymania przejechał odległość $s = 1200$ m.

99. Dwa ciała znajdujące się w pewnej chwili w tym samym punkcie poruszają się po jednej linii prostej. Prędkości początkowe i przyspieszenia obu ciał wynoszą odpowiednio $v_1 = 1\frac{m}{s}$, $a_1 = 4\frac{m}{s^2}$ i $v_2 = 3\ \frac{m}{s}$, $a_2 = \frac{m}{s^2}$. Po jakim czasie ciała ponownie się spotkania? W jakiej odległości od poprzedniego punktu spotkania?

100. Punkt *A* poruszając się ruchem jednostajnie opóźnionym przebył w ciągu czasu t_1 = 2s odległość s_1 = 24 m, a w ciągu następnego czasu t_2 = 4 s odległość s_2 = 24 m. Znajdź prędkość początkową punktu *A* oraz jego opóźnienie.

101*. Udowodnij, że w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej droga przebyta przez ciało w trzynastej sekundzie jest równa drodze przebytej przez to ciało w ciągu pierwszych pięciu sekund niezależnie od wartości przyspieszenia.

102. W punktach *A* i *B* odległych o l = 25 m znajdują się dwa ciała, poruszające się ruchem jednostajnie zmiennym w jednym kierunku po prostej *AB*. W chwili $t_0 = 0$ ciało *A* ma prędkość $v_1 = 1\frac{m}{s}$ i przyspieszenie $a_1 = 1{,}16\frac{m}{s^2}$, a ciało *B* ma prędkość $v_2 = 5\ \frac{m}{s}$ i przyspieszenie $a_2 = 0{,}2\frac{m}{s^2}$. Po jakim czasie ciało *A* dogoni ciało B? Narysuj wykres zależności prędkości ciał od czasu i określ z wykresu, po jakim czasie ciała mają jednakowe prędkości.

103*. Dwaj rowerzyści wyruszyli jednocześnie z jednego miejsca. Pierwszy z nich jechał ruchem jednostajnym z prędkością $v_, = 500\frac{m}{\min}$, a drugi z prędkością $v_2 = 300\frac{m}{\min}$. Po czasie $\Delta t = 5$ min drugi rowerzysta zatrzymał się, a następnie zaczął jechać ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem $a = 0{,}2\ \frac{km}{\min^2}$.

a. Po jakim czasie od chwili zatrzymania dogonił on pierwszego rowerzystę?

b. Jaką prędkość miał każdy z nich w tym momencie? Rozwiąż zadanie rachunkowo i graficznie.

104. Ciało będące w ruchu jednostajnym zaczęło poruszać się ruchem jednostajnie przyspieszonym i po czasie *t* przebyło drogę s. Znajdź przyspieszenie ciała, jeżeli jego prędkość wzrosła *n* razy.

105. Dwa ciała startują jednocześnie ruchem jednostajnie przyspieszonym. Wykaż, że stosunek dróg przebytych przez te ciała jest równy stosunkowi ich prędkości chwilowej w dowolnym momencie czasu.

106. Udowodnij, że jeśli dwa ciała poruszają się po jednej prostej z różnymi prędkościami początkowymi i jednakowymi przyspieszeniami, to odległość między tymi ciałami jest liniową funkcją czasu (a więc tak, jak w ruchu jednostajnym, czyli w przypadku gdy wektory przyspieszeń są jednakowe, ruch względny ciał jest ruchem jednostajnym).

107. Oblicz drogę przebytą przez ciało w czasie Δt = 4 s, (od chwili $t_0 = 0$), jeżeli prędkość w tym ruchu wyraża się wzorem $v = = a + bt$, gdzie wartości *a* i *b* są wyrażone w odpowiednich jednostkach miary układu SI i wynoszą $a = 5$, $b = 3$.

108. Zależność drogi od czasu pewnego ciała można przedstawić równaniem: $s = A + Bt + Ct^2$, gdzie, A= 3 m, $B = 2\frac{m}{s}$, $C = 1\frac{m}{s^2}$. Oblicz średnią prędkość i przyspieszenie ciała w pierwszej, drugiej i trzeciej sekundzie ruchu.

109. Punkt materialny porusza się z przyspieszeniem a = [3,1] $\frac{m}{s}$,a jego prędkość początkowa wynosi $\bar{v}_0$ = [0,2] $\frac{m}{s}$ oraz wektor położenia początkowego $\vec{r}_0$ = [1,0] m. Oblicz prędkość *v* i położenie punktu $\vec{r}$ po czasie t = 8 s.

110. Położenie punktu materialnego określone jest równaniem:

$$\vec{r} = [0,0] + \left[1\frac{m}{s}, 2\frac{m}{s}\right]t + \left[0{,}5\frac{m}{s^2}, 0\frac{m}{s^2}\right]t^2$$

. Wyraź wektor prędkości punktu $\vec{r}\ (t)$ w zależności od czasu.

111. W rzucie ukośnym prędkość początkowa ciała może być wyrażona wzorem: $v_0 = [v_0 \cos\alpha, v_o \sin\alpha]$, a przyspieszenie $\vec{a}$ = [0, - *g*], gdzie *g* = const. oraz położenie początkowe $\vec{r}_0$ = [0,0]. Wyraź wektor położenia ciała $\vec{r}\ (t)$ w zależności od czasu.

112. Zależność wektora położenia ciała od czasu dana jest wzorem: $r(t) = [t, 2t — t^2]$. Oblicz wartości bezwzględne prędkości początkowej i przyspieszenia.

113. Posługując się zapisem wektorowym udowodnij, że: w ruchu jednostajnie zmiennym r(t)

$= \vec{r}_0 + [v_0 + v(t)]\frac{1}{2}.$

114*. Dwa pręty znajdują się w chwili początkowej na osi układu współrzędnych jak na rysunku 26. Pręty zaczynają poruszać się z przyspieszeniami $a_1 = 5\frac{m}{s^2}$ i $a_2 = 3\frac{m}{s^2}$. Jak długo będzie trwało mijanie się prętów?

Rys. 26

3. Ruch punktu materialnego po okręgu

115. Oblicz liniowi prędkość Ziemi w jej ruchu rocznym wokół Słońca, przyjmując: promień orbity ziemskiej $R = 1{,}5\ 10^{11}$ m i długość roku r=$3{,}16 \cdot 10^7$ s.

116. Oblicz prędkość liniową punktów na równiku ziemskim w związku z jej ruchem obrotowym wokół własnej osi. Promień Ziemi R = 6370 km, a długość doby T= 86 400 s.

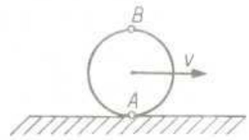
117. O jaki kąt obraca się Ziemia w czasie ! = l h w ruchu dobowym?

118. Z jaką prędkością liniową musi się poruszać satelita telekomunikacyjny (nad równikiem), aby stale znajdował się nad tym samym punktem Ziemi (na wysokości h nad jej powierzchnią)?

119. Oblicz czas trwania jednego obrotu karuzeli, której krzesełka odległe o l = 6 m od osi obrotu poruszają się z prędkością $v = \pi\frac{m}{s}$.

120. Kamień szlifierski o średnicy d = 20 cm wykonuje $n = 1200\frac{obr}{\min}$. Z jaką prędkością wylatują iskry podczas szlifowania przedmiotów?

121. Koło toczy się bez poślizgu po drodze z prędkością $v = 2\frac{m}{s}$.
Oblicz wartość prędkości punktów A i B znajdujących się na obwodzie koła w chwili pokazanej na rysunku 27.

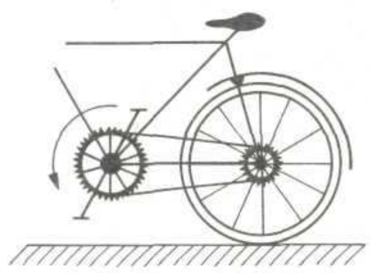


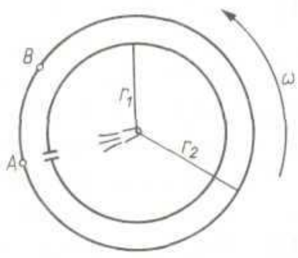
Rys. 27

122. Średnica kół autobusu jadącego z prędkością $v = 72\frac{km}{h}$ wynosi d = 80 cm. Ile razy na sekundę obracają się koła tego autobusu?

123. Ciągnik gąsienicowy wykonuje zwrot w ten sposób, że jedna z gąsienic porusza się z inną prędkością niż druga. Oblicz promień skrętu ciągnika, którego jedna gąsienica porusza się z prędkością $v_1 = 18\frac{km}{h}$, a druga z prędkością $v_2 = 12\frac{km}{h}$. Odległość między gąsienicami wynosi l = 2,4 m.

124*. Przekładnia rowerowa połączona jest z trybikiem za pomocą łańcucha (rys. 28). Z jaką prędkością jedzie rower, jeżeli koło zębate przekładni o n_1 = 52 zębach obracane jest z częstotliwością $f = 2\ \frac{1}{s}$? Koło trybika ma n_2 = 18 zębów, natomiast promień koła z oponą wynosi r = 36 cm.

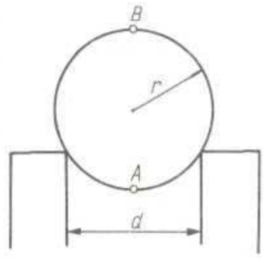

Rys. 28



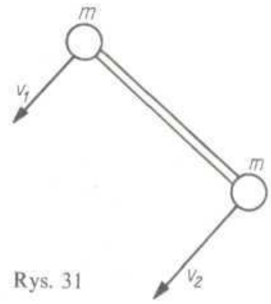
Rys. 29

125. W celu zmierzenia prędkości cząsteczek stosuje się m. in. następujące urządzenie: na osi dwóch koncentrycznych walców o promieniach r_1 *i* r_2 (rys. 29) umieszczone jest źródło cząsteczek (w próżni). W walcu wewnętrznym wykonana jest szczelina równoległa do osi walca. Jeśli walce są nieruchome, wówczas cząsteczki zostawiają ślad w miejscu *A* zewnętrznego walca. Jeśli walce obracają się z prędkością kątową ω, to cząsteczki uderzają w miejsce *B* zewnętrznego walca, odległe o *s* od *A*. Oblicz prędkość cząsteczek.

126. Kulka o promieniu r = 3 cm toczy się jednostajnie bez poślizgu po dwóch równoległych deseczkach, znajdujących się odległości d = 4 cm (rys. 30). W ciągu t = 2 s kulka przebyła drogę s = 120 cm. Z jakimi prędkościami liniowymi poruszają się punkty *A* i *B* kulki?



Rys. 30

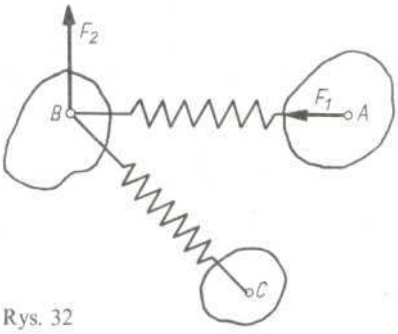


Rys. 31

127. Na końcach bardzo lekkiego pręta długości l = 60 cm umocowane są dwie kulki o jednakowych masach (rys. 31). Kulki poruszają się z różnymi prędkościami $v_1 = 2\ \frac{m}{s}$ i $v_2 = 2{,}5\frac{m}{s}$. Oblicz prędkość liniową środka pręta oraz jego prędkość kątową.

4. Dynamika punktu materialnego (I)

Pierwsza zasada dynamiki, zasada zachowania pędu

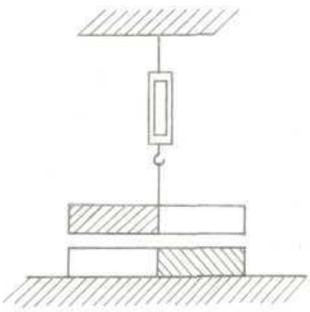


Rys. 32

128. Na trzy ciała *A, B, C* działają jedynie siły pochodzące od sprężynek (rys. 32). Na ciało *A* działa siła

F_1 = 3 N, na ciało *B* siła wypadkowa F_2 = 4 N pod kątem prostym do kierunku działania siły F_1.Oblicz siłę działającą na ciało C.

129. Dane są dwa jednakowe magnesy o masach *m* = 0,4 kg każdy. Jeden z magnesów zawieszony jest na siłomierzu, a drugi leży pod nim na stole (rys. 33). Oblicz siłę nacisku magnesu na stół, jeżeli wiadomo, że siłomierz wskazuje siłę *F* = 2,5 N.



Rys. 33

130. Dlaczego skoczek spadochronowy nie spada, po pewnym czasie opadania, ruchem jednostajnie przyspieszonym tylko ruchem jednostajnym?

131. Balon wypełniony helem wznosi się w powietrzu ruchem jednostajnym. Siła wyporu aerostatycznego jest wówczas większa niż | całkowity ciężar balonu, załogi i przyrządów. Wyjaśnij, dlaczego nie ma tu sprzeczności z pierwszą zasadą dynamiki.

132. Dwie łódki stoją na spokojnej wodzie; w każdej z nich stoi rybak i zaczyna ciągnąć za koniec liny przerzuconej między łódkami. Jak zmieni się ruch łódki, jeżeli jeden koniec liny zostanie przywiązany do łódki, a za drugi koniec będzie ciągnął rybak taką samą siłą jak poprzednio?

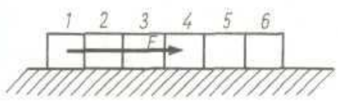
133. Do przystani zbliżają się dwie łódki w następujący sposób: w pierwszej człowiek ciągnie za linę, której drugi koniec przymocowany jest sztywno do pomostu; w drugiej łódce człowiek ciągnie za linę, której drugi koniec ciągnięty jest przez jego kolegę stojącego na pomoście. Wszyscy trzej ciągną jednakową siłą i w identyczny sposób. Która łódka przybije pierwsza do przystani? Podaj uzasadnienie odpowiedzi.

134. Z prądem rzeki płynie statek z pracującymi silnikami. Czy zmieni to i w jaki sposób prędkość rzeki za statkiem? Uzasadnij odpowiedź.

135. Na gładkim, płaskim stole leży sześć jednakowych sześcianów o łącznej masie *m* = 12 kg. Stała siła *F* = 30 N działa na pierwszy sześcian w sposób pokazany na rysunku 34.

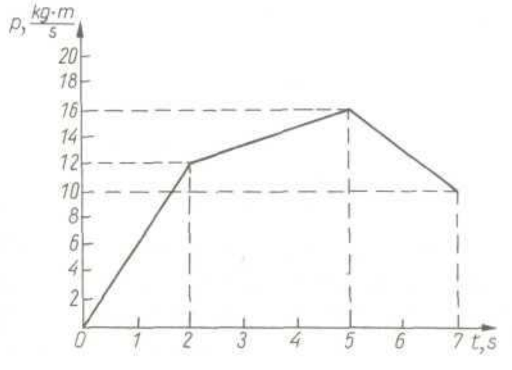
a. Oblicz wypadkową siłę działającą na każdy z sześcianów.

b. Jaką siłą oddziałują na siebie sześciany czwarty i piąty?



Rys. 34

136. Wykres zależności pędu ciała od czasu pokazano na rysunku 35. Oblicz siłę działającą na to ciało w 1, 3, 6 sekundzie ruchu.



Rys. 35

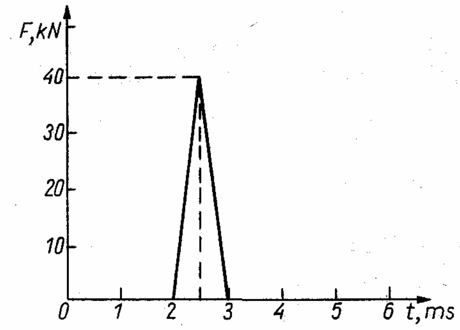
137*. W górnictwie stosuje się czasami metodę urobku polegającą na kruszeniu kopalin silnym strumieniem wody. Oblicz siłę, jaką działa strumień wody o gęstości $Q = 10^3 \frac{kg}{m^3}$ i przekroju poprzecznym S = 100 cm^2 poruszający się z prędkością $v = 50 \frac{m}{s}$. Załóż, że przy zderzeniu ze ścianą woda traci prędkość całkowicie.

138*. Oblicz ciśnienie na powierzchnię ustawioną prostopadle do kierunku wiatru wiejącego z prędkością $v = 15 \frac{m}{s}$ przy założeniu, że cząsteczki powietrza tracą swą prędkość całkowicie przy zetknięciu z powierzchnią.

139. Lokomotywa ciągnie wagon kolejowy ze stałą prędkością $v = 3\ \frac{m}{s}$.

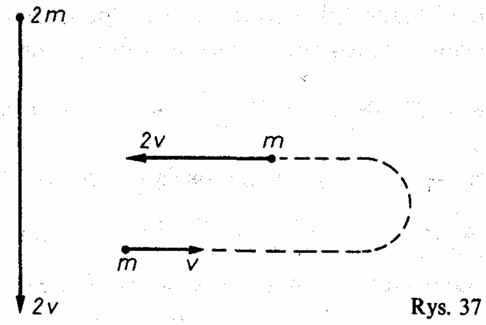
Do wagonu wsypuje się z nieruchomego pojemnika, pionowo w dół, piasek o łącznej masie m = 20 t w czasie Δt = 10 s. Oblicz dodatkową siłę, jaką parowóz musi ciągnąć wagon podczas załadunku.

140. Na rysunku 36 pokazano wykres zależności siły F od czasu t działającej na ciało o masie m = l kg. Oblicz przyrost prędkości ciała pod wpływem takiej dużej, krótkotrwałej siły.



Rys. 36

141. Na ciało o masie m i prędkości *v oraz* ciało o masie 2m i prędkości *2v* działała taka sama siła w tym samym czasie, pod działaniem której ciało o masie *m* zmieniło zwrot prędkości na przeciwny, a jej wartość wzrosła do *lv* (rys. 37). Jaka będzie prędkość drugiego ciała po ustaniu działania siły?



Rys. 37

142. Piłka o masie m = 100 g porusza się w kierunku ściany prostopadle do niej z prędkością $v = 5.\frac{m}{s}$

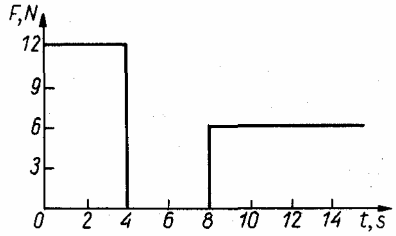
a. Wyznacz wartość, kierunek i zwrot wektora średniej siły działającej na piłkę podczas zderzenia; po odbiciu zwrot wektora prędkości zmienia się na przeciwny (czas zderzenia wynosi Δt = 0,01 s).

b. Jaka siła działa na ścianę w czasie zderzenia?

143. Człowiek stojący na łyżwach na gładkim lodzie rzuca poziomo piłkę o masie m = 0,5 kg. Wiadomo, że piłka przebyła w tym samym czasie drogę n = 120 razy dłuższą niż człowiek. Oblicz masę człowieka przyjmując, że tarcie łyżew o lód jest do pominięcia

144. Ciało o masie m_1 = l kg porusza się poziomo z prędkością v = 1,2 — i zderza się doskonale niesprężyście z drugim ciałem o masie w; = 0,5 kg. Jaką prędkość będą miały ciała po zderzeniu , jeżeli: a) drugie ciało spoczywało przed zderzeniem, b) drugie **ciało poruszało się z prędkością v_1 = *0,6* — w tę samą stronę i po** tej samej prostej co pierwsze ciało, c) drugie ciało poruszało się **przed zderzeniem z prędkością v_2 =0,8— po tej samej prostej,** lecz w przeciwną stronę niż pierwsze.

145. Narysuj wykres zależności pędu ciała od czasu na podstawie danego wykresu zależności siły od czasu (rys. 38). Prędkość początkowa ciała o masie m = l kg wynosi $V_0= 3\ \frac{m}{s}$.



Rys. 38

146. Z działa o masie m_1 = 11000 kg następuje strzał w kierunku poziomym. Masa pocisku wynosi m_2 = 54 kg. Oblicz prędkość, z jaką działo zostaje odrzucone wstecz, jeśli prędkość pocisku wynosi $v_2 = 900 \frac{m}{s}$

147. Wózek z piaskiem o masie m_1 = 10 kg toczy się z prędkością v_1 = l — po poziomej powierzchni bez tarcia. Naprzeciw wózka

toczy się kula o masie m_1 = *2* kg z prędkością poziomą $v_2 = 7 \frac{m}{s}$

i po zderzeniu z wózkiem grzęźnie w piasku. Z jaką prędkością i w którą stronę będzie się poruszał wózek z kulą?

148. Dwie kule o masach m_1 = 5 g i m_2 = 2 g poruszają się w kierunkach wzajemnie prostopadłych z prędkościami $v_1 = 60\ \frac{cm}{s}$ i

$v_2 = 2\ \frac{m}{s}$ Oblicz wartość wektora sumy pędów tych kul.

149. Lodołamacz o masie m = 500 ton płynący z wyłączonym silnikiem z prędkością v_1 == $10\ \frac{m}{s}$ zderzył się z krą i zaczął ją pchać

przed sobą z prędkością $v_2 = 2\ \frac{m}{s}$ Oblicz masę kry.

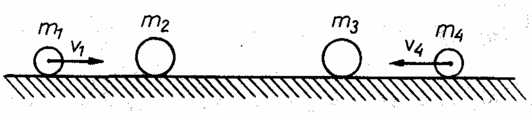
150. Na poziomej płaszczyźnie spoczywa drewniana kula o masie m_1 = l kg. Pocisk pistoletowy o masie m_2 = 5 g przebija kulę wzdłuż poziomej średnicy. Prędkość pocisku przed zderzeniem

z kulą wynosiła $v_1 = 500\ \frac{m}{s}$, a po przebiciu kuli $v_2 = 150\ \frac{m}{s}$ .Z jaką prędkością porusza się kula po przejściu przez nią pocisku?

151*. Na stole znajdują się cztery kule (rys. 39) o masach m_1 = l g, m_2 = 2 g, m_3 = 2 g, m_4 = 5 g. Poruszają się one odpowiednio

z prędkościami $v_1 = 5\ \frac{m}{s}$, $v_2 = v_3$ = O, v_4. = $1\ \frac{m}{s}$. Oblicz prędkość

względną kuł *l i 2* względem *3 i 4* po zderzeniach doskonale niesprężystych *(l* z 2) i *(3* z *4).*



Rys. 39

152. W chwili osiągnięcia przez rakietę prędkości $v_1 = 171 \frac{m}{s}$ oddziela się jej drugi człon osiągając prędkość $v_2 = 185\ \frac{m}{s}$. Z jaką prędkością będzie się poruszał pierwszy człon, jeżeli stosunek mas członu I do II wynosi $n = 0{,}4$?

153*. Trzy łódki o masach m == 250 kg każda płyną z prądem rzeki jedna za drugą. W pewnej chwili ze środkowej łódki przerzucono jednocześnie do pierwszej i ostatniej ciała o jednakowych masach $m_1 = 20$ kg z jednakową prędkością $v = 5\ \frac{m}{s}$ względem środkowej łódki. Prędkość prądu rzeki wynosi $v_1 = 2\ \frac{m}{s}$. Oblicz prędkość łódek względem brzegu tuż po przerzuceniu ciał.

154. Z działa o masie M = 11000 kg następuje wystrzał pocisku o masie $m = 54$ kg pod kątem a = 60° do poziomu. Oblicz prędkość, z jaką działo zostaje odrzucone wstecz, jeżeli prędkość pocisku względem ziemi wynosi $v = 900\ \frac{m}{s}$

155*. Rakieta o masie M lecąca z prędkością v włączyła silniki na bardzo krótki czas tak, że jej prędkość wzrosła do 1,01 v. Ile paliwa zużyły silniki rakiety, jeżeli gazy wylotowe miały prędkość $u = 3\ v$ względem rakiety?

156*. W samolocie odrzutowym prędkość wlatującego powietrza wynosi $v_1 = 200\ \frac{m}{s}$, a prędkość wylatujących spalin $v_2 = 400\ \frac{m}{s}$. Oblicz siłę ciągu samolotu, jeżeli w ciągu jednej sekundy przez samolot przelatuje $m_1 = 20$ kg powietrza i następuje spalenie $m_2 = 2$ kg paliwa.

157. Na krawędzi stołu leży kula o masie $m_1 = 0{,}03$ kg . Z kulą tą zderza się centralnie druga kula o masie $m_2 = 0{,}07$ kg poruszająca się z prędkością $v = 0{,}8\ \frac{m}{s}$ prostopadle do krawędzi stołu. Jak daleko od krawędzi stołu spadną obie kule, gdy zderzenie było doskonale niesprężyste, a wysokość od powierzchni stołu do podłogi wynosi $h = 1$ m?

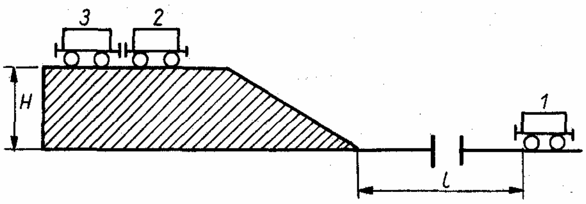
158. Łyżwiarz jadący po lodzie bez tarcia ze stałą prędkością $V_0 = 10\ \frac{m}{s}$ wyrzucił poziomo przed siebie, z wysokości $h = 1{,}50$ m licząc od poziomu lodu, kamień tak, że prędkość łyżwiarza zmniejszyła się do $v_1 = 9{,}5\ \frac{m}{s}$. Jak daleko upadł kamień od miejsca wyrzucenia do miejsca upadku licząc po powierzchni lodu oraz w jakiej odległości znajdował się łyżwiarz od kamienia w momencie jego upadku? Masa łyżwiarza M = 80 kg, a masa kamienia $m = 2$ kg.

159. Udowodnij, że po doskonale niesprężystym zderzeniu dwóch kul o równych masach poruszających się po tej samej prostej ich prędkość jest równa średniej arytmetycznej ich prędkości przed zderzeniem.

160. Pęd pewnego ciała wyraża się wzorem $p = A—Bt$,, gdzie $A = 30$ kg*m*s^{-1}, B=5 kg*m*s^{-2}. Oblicz drogę przebytą przez to ciało w trzech pierwszych sekundach ruchu, jeżeli jego masa wynosi $m = 1$ kg.

161 *. Człowiek rozpędza się i wskakuje do łódki stojącej tuż przy brzegu jeziora. Długość skoku wynosi $l = 4$ m, a kąt, jaki tworzy prędkość początkowa człowieka z poziomem w momencie oderwana się od Ziemi, wynosi a = 30°. Z jaką prędkością odpłynie łódka z człowiekiem, jeżeli stosunek masy człowieka do masy łódki wynosi k = 0,15?

162*. Na rysunku 40 pokazano profil górki rozrządowej o wysokości H = 12 m. Na poziomym torze w odległości l == 120 m od końca górki znajduje się wagon nr l. Z górki zaczyna staczać się bez prędkości początkowej wagon nr 2, a po czasie t = 5 s — wagon nr 3. Wagony łączą się automatycznie. W jakiej najmniejszej odległości od końca górki wszystkie wagony będą połączone razem? Masy wagonów są jednakowe, a tarcie o szyny można pominąć.

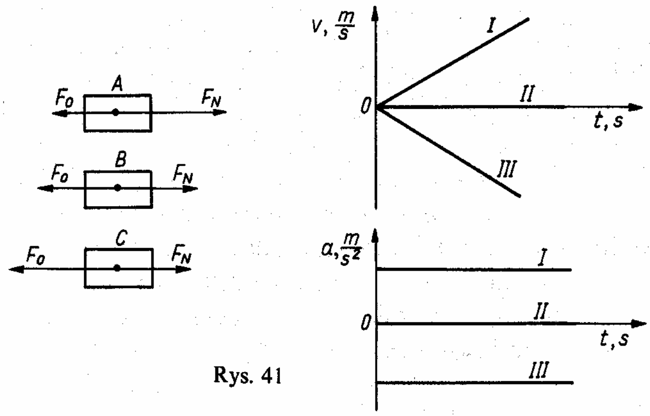


Rys. 40

5. Dynamika punktu materialnego (II)

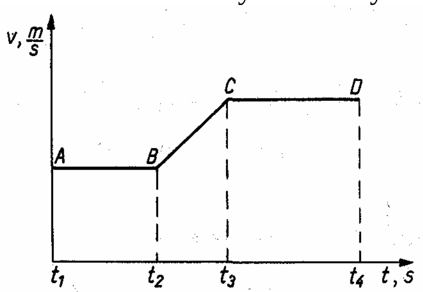
Druga zasada dynamiki

163. Na rysunku 41 przedstawiono trzy przypadki działania na ciało siły napędowej F_n i siły hamującej F_0. Jaki będzie ruch ciała w każdym przypadku? Który wykres prędkości (I, II, III) i który wykres przyspieszenia (I, II, III) odpowiada przypadkom *A*, *B*, C?



Rys. 41

164. Na rysunku 42 przedstawiono wykres zależności prędkości od czasu dla pewnego ciała. Jaka siła działała na ciało w poszczególnych przedziałach czasu? Jaki był zwrot siły?



Rys. 42

165. Jaką siłą trzeba działać na ciało o masie m = 3 kg, aby wprawić je w ruch z przyspieszeniem $a = 0{,}16\ \frac{m}{s^2}$?

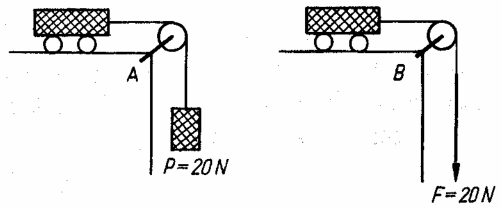
166. Oblicz przyspieszenie ciała o masie m = 0,2 kg, na które działa siła F = 1,8 N.

167. O jakiej masie ciało można podnieść ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem $a = 5\frac{m}{s^2}$ działając siłą F = 30 N pionowo do góry?

168. Na ciało o masie m = 15 kg działają jednocześnie dwie siły, wzajemnie prostopadłe, nadające mu przyspieszenie $a = 3\ \frac{m}{s^2}$. Jedna z nich ma wartość F = 36 N. Oblicz wartość drugiej siły.

169. Do ciała znajdującego się na gładkim, poziomym stole (tzn. można pominąć tarcie) przyłożono siłę o kierunku równoległym do płaszczyzny stołu o wartości dwukrotnie większej od ciężaru ciała. Z jakim przyspieszeniem będzie poruszać się to ciało?

170. Dlaczego w przypadku przedstawionym na rysunku 43 wózki nie dojadą do brzegu stołu jednocześnie, mimo że ich masy są jednakowe, odległości od brzegu stołu w chwili rozpoczęcia ruchu są jednakowe i siły oporów ruchu też są jednakowe? Który wózek prędzej dotrze do krawędzi stołu?



Rys. 43

171. Wagon kolejowy o masie ot = 20 t poruszający się z prędkością $v = 15\ \frac{m}{s}$ został zahamowany w czasie t = l min 40 s. Oblicz siłę hamującą.

172. Oblicz czas hamowania samochodu o masie m = 1200 kg jadącego z prędkością $v = 72\ \frac{km}{h}$, jeśli siła hamująca wynosi F == 2000 N.

173. Pocisk o masie ot = 10 g poruszający się z prędkością $v = 200\ \frac{m}{s}$ wbija się w deskę do głębokości l = 4 cm . Zakładając, że ruch pocisku w desce jest jednostajnie opóźniony, oblicz: a) siłę działająca na pocisk, b) czas trwania ruchu pocisku w desce.

174. Stosunek sił działających na dwa różne dała A i B wynosi $F_1:F_2 = k$, a stosunek przyspieszeń $a_1:a_2 = n$. Oblicz stosunek mas tych ciał.

175. Oblicz masę ciała poruszającego się po torze prostoliniowym, które pod wpływem siły F = 40 N zmieniło swoją prędkość z $v_1 = 10\frac{m}{s}$ na v_2 = . $=4\frac{m}{s}$ w czasie Δt = 60 s.

176. Ciągnik zaczyna ciągnąć wagon kolejowy o masie m = 450 t siłą F_1 = 20000 N. Siła oporów ruchu wagonu wynosi F_2 = 5000 N. Jaką drogę przejedzie wagon w czasie t = 60 s?

177. Na gładkim stole (tzn. bez tarcia) znajdują się dwa wózki o masach m i = 300 g i m_2 = 200 g połączone sprężyną. Oba wózki są przytrzymywane tak, że nie mogą się poruszać. W pewnej chwili siła przytrzymująca przestaje działać i w rezultacie wózek o mniejszej masie zaczyna poruszać się z przyspieszeniem $a = 0{,}1\frac{m}{s^2}$. Oblicz przyspieszenie, z jakim zaczął poruszać się cięższy wózek.

178. Czterech robotników popycha wagon o masie w = 20 t działając siłą F = 250 N każdy. Jaką drogę przejedzie wagon w pierwszej minucie ruchu, jeżeli wypadkowa siła hamująca wynosi T= 400 N?

179. Z łódki ciągnięta jest lina, której drugi koniec przywiązany jest do barki o masie czterokrotnie większej od masy łódki. W chwili początkowej *t* odległość łódki od barki wynosiła *l* = 55 m, a ich prędkości były równe zeru. Jaką drogę przebyła łódka do momentu spotkania się z barką, która też może się poruszać? Pominąć opory ruchu

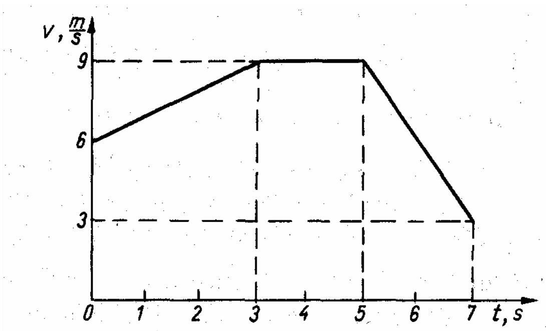
180*. Dwie nieruchome łodzie znajdujące się na jeziorze połączone są długim sznurem. Człowiek znajdujący się na pierwszej łodzi ciąg- nie sznur działając siłą F = 50 N. Oblicz prędkość względną obu łodzi po czasie $\Delta t = 5 s$ działania siły. Ciężar pierwszej łodzi wraz z człowiekiem wynosi P_1 = 2500 N, a ciężar drugiej łodzi P_2 = 800 N. Opory ruchu można pominąć.

181. W windzie, na siłomierzu zawieszono ciało o masie *m* = 100 g. Jak porusza się winda, jeżeli siłomierz wskazuje siłę P = 0,8 N?

182. Wagon o masie *m = 20* t poruszający się z prędkością $v = 15 \frac{m}{s}$ został zahamowany w czasie a) l min 40 s, b) 10 s, c) l s. Oblicz w każdym z przypadków siłę hamującą.

183. Ciało o masie *m* = 5 kg miało w chwili $t_0=0$ prędkość $v = 2 \frac{m}{s}$, i po czasie t_1 = 8 s przebyło drogę s_1 = 80 m po linii prostej.
a. Oblicz wartość siły działającej na ciało przy założeniu, że jego ruch był jednostajnie zmienny.
b. Jaki był kierunek i zwrot siły?

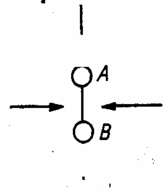
184. Oblicz wartość siły działającej na ciało o masie w = 12 kg w drugiej i siódmej sekundzie ruchu przedstawionego na rysunku 44. Jaki zwrot ma siła, jeżeli ciało porusza się po linii prostej?



Rys. 44

185. Przez nieważki blok przerzucono linę, której masę można zaniedbać. Do jednego końca liny przyczepiono ciało o masie M = 25 kg, natomiast po drugim, swobodnie zwisającym końcu liny, wspina się do góry małpa o masie *m* = 20 kg. Z jakim przyspieszeniem powinna wspinać się małpa, aby ciało znajdowało się w równowadze?

186. Trzy jednakowe kulki wiszą na trzech jednakowych gumkach, jedna pod dru- gą (rys. 45). Oblicz przyspieszenie każ- dej kulki po przecięciu gumki łączącej kulki A i B.



Rys. 45

187. Człowiek o masie m_1 znajduje się w łódce o masie m_2 na stojącej wodzie. W pewnej chwili człowiek zaczyna się poruszać względem łódki z przyspieszeniem *a*.

a. Z jakim przyspieszeniem będzie poruszać się człowiek względem wody?

b. Z jakim przyspieszeniem będzie się poruszać łódka względem wody?

Opory ruchu łódki po wodzie można pominąć.

188. Oblicz średnią siłę działającą w lufie karabinu na pocisk wylatujący z prędkością v = 800 $\frac{m}{s}$,jeżeli jego masa wynosi m = 5 g.

Długość lufy karabinu wynosi l = 64 cm.

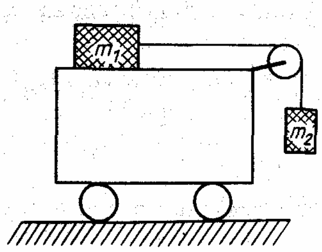
189. O jakiej masie ciało można podnieść do góry ruchem jednostajnie przyspieszonym na wysokość h = 10 m w czasie t = 10 s, działając siłą F = 1000 N?

190. Ciało o ciężarze P == 12 N jest zawieszone na nitce. Oblicz naprężenie nitki podczas ruchu ciała z przyspieszeniem a = 0,75 g (g — przyspieszenie ziemskie): a) do góry, b) do dołu.

191. Obciążnik o masie m == l kg zawieszony jest na siłomierzu. Obciążnik wraz z siłomierzem najpierw porusza się do góry ruchem jednostajnie przyspieszonym, następnie ruchem jednostajnym i wreszcie ruchem jednostajnie opóźnionym aż do zatrzymania się. Potem obciążnik porusza się w podobny sposób do dołu. We wszystkich czterech przypadkach ruchu jednostajnie zmiennego wartość bezwzględna przyspieszenia wynosi $a = 5\frac{m}{s^2}$. Co wskazywał siłomierz we wszystkich sześciu fazach ruchu?

192. Oblicz nacisk, jaki wywiera ciało o ciężarze P = 200 N na podstawkę poruszającą się: a) ruchem jednostajnie opóźnionym do góry z opóźnieniem a = 0,9 g, b) ruchem jednostajnie przyspieszonym do dołu z przyspieszeniem a = 0,9 g, c) ruchem jednostajnie przyspieszonym do góry z przyspieszeniem takim samym jak poprzednio (g — przyspieszenie ziemskie).

193*. Na dachu wagonu leży obciążnik o masie m_1 = 27 g. Jest on połączony z drugim obciążnikiem (rys. 46) o masie m_2= 9 g. Z jakim przyspieszeniem jedzie wagon i w którą stronę, jeżeli obciążniki nie poruszają się względem wagonu? Opory ruchu można pominąć.



Rys. 46

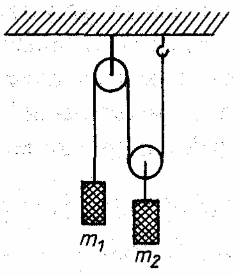
194. Kula jest ciągnięta do góry za pomocą nici z przyspieszeniem $a = 2\frac{m}{s^2}$. Naprężenie nici jest wówczas dwa razy mniejsze od tego, przy którym nić ulega zerwaniu. Z jakim największym przyspieszeniem można ciągnąć tę kulę do góry?

195. Oblicz:

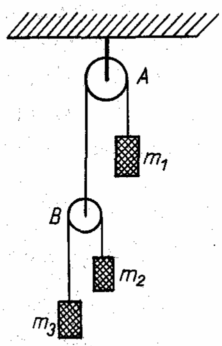
a) przyspieszenia,

b) napięcie nici w układzie pokazanym na rysunku 47.

Masy bloków i nitek oraz opory ruchu można pominąć.



Rys. 47

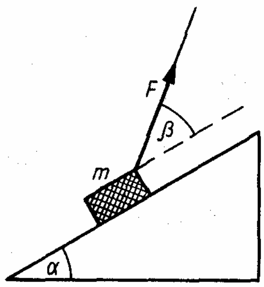


Rys. 48

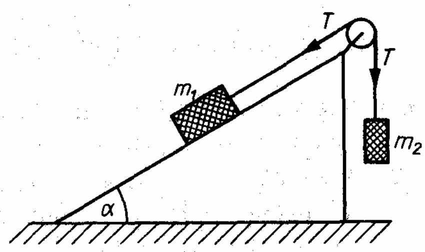
196*. Przez blok nieruchomy *A* (rys. 48) przełożona jest nić, na której jednym końcu wisi obciążnik o masie m_1 = 3 kg, a na drugim końcu ruchomy blok *B.* Przez blok *B* przerzucona jest nić z zawieszonymi na jej końcach obciążnikami m_2 = l kg i $m_3 = 2$ kg.
Z jakim przyspieszeniem będzie się poruszać obciążnik m_2? Masy bloków i nici są do zaniedbania.

197. a. Jaką prędkość uzyska u podnóża góry chłopiec zjeżdżający na sankach z wysokości h = 3 m, jeżeli długość stoku góry wynosi l=20m?
b. Jak długo będzie trwał zjazd? Opory ruchu można zaniedbać.

198. Obciążnik o masie m = 5 kg wciągany jest na równię pochyłą o kącie nachylenia a = 30° siłą F = 40 N, tworzącą kąt *B* = 30° z płaszczyzną równi (rys. 49). Na jaką odległość przesunie się obciążnik od podstawy równi do chwili, gdy jego prędkość będzie wynosiła $v = 2\ \frac{m}{s}$. Siły tarcia zaniedbać.



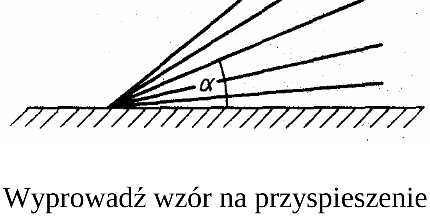
Rys. 49



Rys. 50

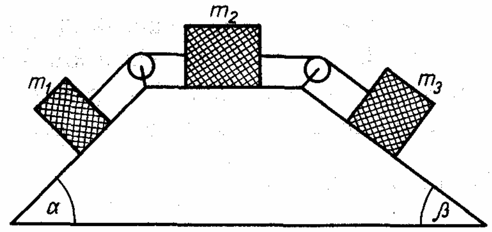
199. Na szczycie równi umocowany jest blok, przez który przerzucono nić. Do końców nici przymocowane są obciążniki o masach mi i W2 (rys. 50). Oblicz przyspieszenie obciążników i siłę napinającą nić zakładając, że masy bloku i nici oraz opory ruchu są do zaniedbania. Kąt nachylenia równi do poziomu wynosi a. Przyjmij, że obciążnik m_1 opada w dół.

200. Dany jest szereg równi pochyłych o tej samej podstawie i różnych wysokościach (rys. 51). Przy jakim kącie nachylenia równi do poziomu czas zsuwania się ciał z równi bez tarcia będzie najmniejszy?



Rys. 51

201*. Wyprowadź wzór na przyspieszenie ciał i napięcia wszystkich nici w układzie pokazanym na rysunku 52. Opory ruchu i masy bloków są do pominięcia.



Rys. 52

6. Rzuty pionowe w polu grawitacyjnym

202. Z jaką prędkością należy wyrzucić ciało pionowo do góry, aby spadło ono po czasie Δt = 4 s?

203. Z wysokości h == 78,4 m puszczane są kulki tak, że w chwili upadku jednej z nich puszczana jest następna. Ile kulek upadnie na ziemię w czasie Δt = l min?

204. Ciało rzucone pionowo do góry znalazło się po czasie $A\ t$ = 3 s na wysokości h = 12 m. Z jaką prędkością ciało upadło na ziemię?

205. Z balonu wznoszącego się ze stałą prędkością $v = 4\ \frac{m}{s}$ wypadło. ziarno śrutu i po czasie Δt = 16 s upadło na ziemię. Na jakiej wysokości znajdował się balon w chwili wypadnięcia śrutu? Opory powietrza można pominąć.

206. Mała makieta skoczka spadochronowego została wyrzucona do góry z prędkością początkową $v_0 = 30\ \frac{m}{s}$; w najwyższym punkcie toru rozwija się spadochronik. Oblicz prędkość spadania skoczka, jeżeli czas od chwili wyrzucenia do chwili upadku na Ziemię wynosi Δt = 60 s. Prędkość opadania skoczka ze spadochronem należy przyjąć jako stałą.

207. Dwa ciała zaczynają spadać swobodnie z tej samej wysokości w odstępie czasu Δt == 0,3 s. Po jakim czasie od chwili rozpoczęcia ruchu przez pierwsze ciało odległość między nimi będzie wynosiła d = 15,5 m?

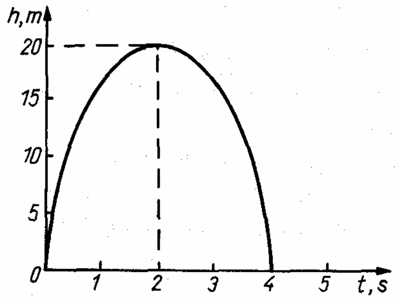
208. Ciało znajdujące się na wysokości h nad Ziemią rzucono z prędkością początkową v_0. Po jakim czasie ciało osiągnie powierzchnię Ziemi, jeżeli zostało rzucone: a) do góry, b) do dołu?

209. Dwa ciała jednocześnie rzucono pionowo z różnych wysokości i z różnymi prędkościami początkowymi. Ciała spadły na Ziemię jednocześnie po czasie $\Delta t = 3\ s$ od momentu wyrzucenia. Oblicz różnicę wysokości, z jakich rzucono te ciała, jeśli różnica prędkości początkowych wynosiła $v_2 - v_1 = 1\ \frac{m}{s}$

210. Oblicz prędkość początkową, z jaką rzucono ciało pionowo do góry, jeżeli na wysokości h = 60 m znalazło się dwukrotnie w odstępie czasu $\Delta t = 2\ s$.

211. Ciało rzucono pionowo do dołu. Prędkość przy upadku okazała się n = 5 razy większa od prędkości początkowej. Z jakiej wysokości rzucono ciało, jeżeli czas spadania wynosił t = 3 s? Ile wynosiła prędkość początkowa?

212. Wykres zależności wysokości położenia ciała w rzucie pionowym od czasu dany jest na rysunku 53. Narysuj wykres zależności prędkości ciała od czasu. Oblicz prędkość początkową ciała.



Rys. 53

213. Dwa ciała rzucono pionowo do góry tak, że jedno wzniosło się n = 4 razy wyżej niż drugie. Z jaką prędkością zostało rzucone ciało, które wzniosło się wyżej, jeżeli drugie ciało rzucono z prędkością $v_2 = 8\frac{m}{s}$?

214. Ciało spada swobodnie bez prędkości początkowej. W jakim czasie ciało przebędzie n-ty metr swojej drogi?

215. Ciało spadające swobodnie bez prędkości początkowej przebyło w ostatniej sekundzie ruchu połowę całej drogi. Z jakiej wysokości spadało ciało i jak długo spadało w pierwszej połowie drogi?

216. Swobodnie spadające ciało bez prędkości początkowej w ostatniej sekundzie ruchu przebyło $\frac{2}{3}$ całej drogi. Znajdź drogę przebytą przez to ciało.

217. Dwa ciała rzucono pionowo do góry z tego samego miejsca i z taką samą prędkością początkową $v_0 = 24{,}5\ \frac{m}{s}$ w odstępie czasu $\Delta t = 0{,}5$ s.

a. Po jakim czasie od momentu rzucenia drugiego ciała nastąpi ich zderzenie?

b. Na jakiej wysokości to nastąpi?

218*. Ciało *A* puszczono swobodnie z wysokości *h*^ = 12 m. W tej samej chwili ciało *B* rzucono pionowo do góry tak, że osiągnęło ono największą wysokość *h*^ = 15 m.

a. Na jakiej wysokości nad Ziemią minęły się te ciała?

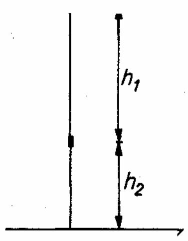
b. O ile sekund ciało *B* spadło później od ciała A?

219. Ciało *A* rzucono pionowo do góry z prędkością początkową V_0 *i* jednocześnie puszczono swobodnie ciało *B* znajdujące się na wysokości *h* nad powierzchnią Ziemi.

a. Wyraź różnicę wysokości ciał jako funkcję czasu.

b. Przedstaw tę funkcję na wykresie i porównaj go z wykresami wysokości każdego z ciał nad powierzchnią Ziemi jako funkcji czasu.

220. Dwa ciała rzucono jednocześnie: jedno pionowo do dołu bez prędkości początkowej z wysokości h_1+h_2 (rys. 54), drugie do góry z poziomu Ziemi. Z jaką prędkością wyrzucono drugie ciało, jeżeli spotkały się one na wysokości h_2 nad ziemią? Różpatrz trzy przypadki: a) $h_1 = h_2$ b) $h_1 = 2h_2$, c) $h_2 = 0{,}5\ h_2$

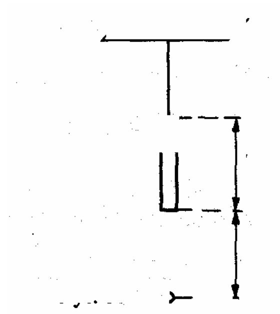


Rys. 54

221. Piłka upadła na podłogę z wysokości $h = 2$ m i po odbiciu straciła k = 15% prędkości. Znajdź czas, jaki upłynął od chwili rozpoczęcia swobodnego spadania do chwili drugiego odbicia się piłki od podłogi.

222. Ile czasu będzie trwało spadanie kamienia z wysokości h = l m w windzie poruszającej się do dołu ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem a == 0,6 g (g — przyspieszenie ziemskie)? Jaką drogę przebędzie ten kamień względem ścian budynku w czasie swobodnego spadania? Jaka będzie prędkość końcowa kamienia względem windy?

223*. Linijka długości l == 25 cm wisi na nitce (rys. 55). W jakiej odległości x od dolnego krańca linijki powinien znajdować się niewielki otwór, aby swobodnie spadająca linijka przesłoniła go przez czas Δt == 0,1 s?



Rys 55

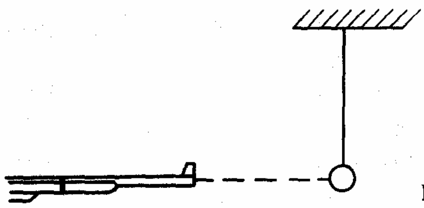
224. Na nitce zawieszono n ołowianych kulek tak, że ostatnia dotyka stołu. W jakich odległościach od powierzchni stołu należy umocować kolejne kulki, aby spadały one na stół w równych odstępach czasu Δt = 0,2 s?

225. Z wysokości h na poziomą powierzchnię spada swobodnie bez prędkości początkowej sprężysta kulka i odbija się od tej powierzchni bez strat energii. Narysuj wykresy zależności drogi od czasu i prędkości od czasu w jednym układzie współrzędnych, mającym dwie skale na osi rzędnych. Czas odbicia kulki można pominąć.

7. Rzut poziomy i ukośny w polu grawitacyjnym

226. Kula karabinowa wystrzelona poziomo z prędkością początkową v_0 == 820 $\frac{m}{s}$ upadła na ziemię w odległości l = 410 m od lufy. Na

jakiej wysokości znajdowała się lufa nad ziemią w momencie st227. Oś lufy wiatrówki wycelowano w wiszącą na nitce kulkę (rys. 56) tak, że lufa była pozioma. W momencie wystrzału kulka zerwała się i zaczęła swobodnie spadać. Czy śrut trafi w kulkę, jeśli opór powietrza pominiemy? Uzasadnij odpowiedź.



Rys. 56

228. Z jakiej wysokości został wyrzucony poziomo kamień z prędkością początkową V_0 = 20 $\frac{m}{s}$, jeżeli upadł w odległości l = 50 m (liczonej wzdłuż powierzchni Ziemi) od miejsca wyrzucenia?

229. Ciało zostało rzucone poziomo z dużej wysokości z prędkością początkową v_0 = 10 $\frac{m}{s}$

a. Ile wynosi prędkość ciała po czasie Δt = 4 s lotu?
b. Jaki kąt tworzy wektor tej prędkości z poziomem?

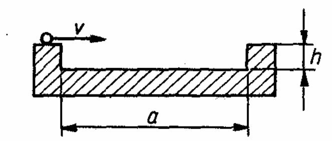
230*. Po jakim czasie kąt, jaki tworzy z poziomem wektor prędkości ciała rzuconego poziomo z prędkością początkową V_0 = 10,9 $\frac{m}{s}$ będzie, wynosił a = 45°?

231. Oblicz prędkość kuli karabinowej, która przebiła dwie pionowe kartki papieru umieszczone w odległości l = 20 m jedna od drugiej tak, że różnica wysokości na jakich znajdują się otwory wynosi s = 5 cm. Podczas przebijania pierwszej kartki pocisk poruszał się poziomo.

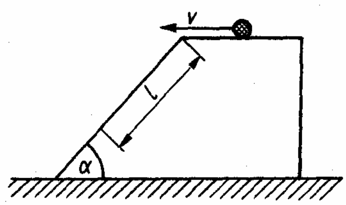
232. Ciało rzucone poziomo z wysokiej wieży upadło na ziemię w odległości l = 100 m od wieży. W chwili upadku ciała wektor jego prędkości tworzył z poziomem kąt a = 60°. Oblicz wysokość wieży i prędkość początkową ciała.

233. Kamień rzucono poziomo z prędkością początkową v Po czasie Δt = 0,6 s prędkość kamienia wzrosła n = 1,5 rażą. Oblicz prędkość początkową, z jaką rzucono kamień.

234. Kulka stalowa toczy się po poziomej płycie, w której znajduje się poprzeczne wyżłobienie głębokości h = 3 cm i szerokości a = 18 cm (rys. 57). Z jaką prędkością toczy się kulka, jeśli wiadomo, że po wpadnięciu do wyżłobienia i jednokrotnym odbiciu porusza się ona dalej, w poprzednim kierunku. Straty energii przy odbiciu można zaniedbać.



Rys. 57



Rys. 58

235*. Z jaką prędkością poziomą v należy rzucić kamień z góry o nachyleniu do poziomu a = 45°, aby zasięg rzutu liczony wzdłuż stoku wynosił / = 60 m (rys. 58)?

236. Udowodnij, że rzut pionowy do góry jest szczególnym przypadkiem rzutu ukośnego (porównaj wzory na wysokość i zasięg).

237. Pocisk przeciwlotniczy wystrzelono pod kątem a = 60° do poziomu z prędkością początkową V_0 = 90,4 $\frac{m}{s}$. Oblicz czas palenia się zapalnika opóźniającego, jeśli pocisk ma wybuchnąć w najwyższym punkcie lotu.

238. Oblicz prędkość początkową kuli. wylatującej z lufy skierowanej pod kątem a = 30° do poziomu, jeżeli upadła ona w odległości l = 10 700 m, a opór powietrza zmniejszył zasięg pięciokrotnie.

239. Pod jakim kątem do poziomu rzucono ciało z powierzchni ziemi z prędkością początkową v_0 = 50 —, jeśli czas trwania ruchu ciała wynosił Δt = 5 s?

240. Prędkość ciała rzuconego ukośnie jest w największym punkcie toru lotu dwa razy mniejsza od prędkości początkowej. Ile razy zasięg rzutu jest większy od największej wysokości osiągniętej przez to ciało?

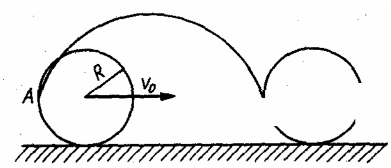
241. Pod jakim kątem do poziomu trzeba rzucić ciało, aby największa wysokość, na jaką się wzniesie, była równa połowie zasięgu rzutu?

242. Kamień rzucony z prędkością V_0 = 12 $\frac{m}{s}$ pod kątem a = 45° do poziomu upadł na ziemię w odległości s od miejsca wyrzucenia. Z jakiej wysokości należy rzucić kamień, aby przy tej samej prędkości początkowej zasięg rzutu był taki sam?

243*. Ciało wyrzucono pod kątem a = 45° do poziomu z prędkością początkową v_0 = 20 $\frac{m}{s}$. Na jakiej wysokości i po jakim czasie od chwili wyrzucenia wektor prędkości ciała będzie tworzyć z poziomem kąt B = 30°, gdy ciało wznosi się do góry?

244. Przy rzucie ukośnym ciało ma w najwyższym punkcie toru prędkość a) największą, b) najmniejszą, c) taką samą, jak prędkość początkowa. Wybierz i uzasadnij odpowiedź przy założeniu, że opór powietrza można pominąć.

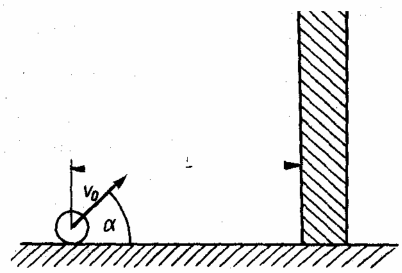
245*. Z jaką prędkością powinno toczyć się koło po poziomej powierzchni , aby małe ciało, które oderwało się od tego koła z punktu *A*, po przebyciu pewnej drogi w powietrzu ponownie trafiło do tego samego punktu na kole po wykonaniu przez koło cal kowitej liczby obrotów (rys. 59)? Promień koła wynosi *R*. Rys. 59



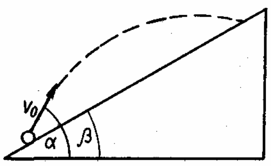
Rys.

246*. Chłopiec kopnął piłkę pod kątem a = 45° do poziomu z pręd-
kością $v_0 = 10\ \frac{m}{s}$ piłka uderzyła w ścianę znajdującą się w odległość l = 3 m od chłopca. Na jakiej wysokości i z jaką prędkością uderzyła piłka w ścianę?

247*. Piłkę rzucono z prędkością $v_0 = 12\ \frac{m}{s}$ **pod kątem** a = 45° do poziomu. W jakiej odległe-
ści od miejsca wyrzucenia upa-
dnie piłka po odbiciu się od ściany znajdującej się w odle-
głości; l= 12 m (rys. 60)? Rys. 6



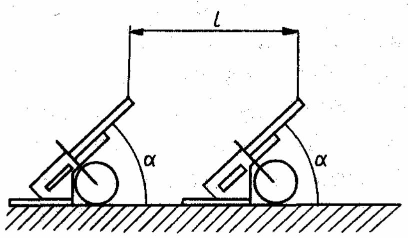
248*. Kamień rzucono pod górę o kącie nachylenia *P* = 30° do poziomu (rys. 61) z prędkością $v_0 = 6\ \frac{m}{s}$ pod kątem a = 45° do poziomu. W jakiej odległości od miejsca wyrzucenia upadnie ten kamień?



Rys. 61

249. Dwa ciała rzucono jednocześnie z tego samego miejsca z jednakową prędkością początkową $v_0 = 25\ \frac{m}{s}$ z tym, że ciało *A* rzucono do góry pod kątem a = 30° do poziomu, natomiast ciało *B* rzucono do dołu pod kątem *b* = 30° do poziomu. Jaka będzie różnica wysokości między ciałami po upływie *t = 2* s?

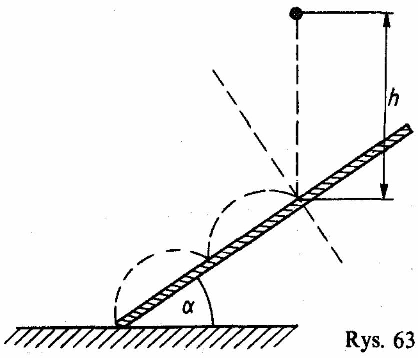
250. Dwa działa znajdują się w odległości l = 300 m od siebie. Ich lufy ustawione są w jednej płaszczyźnie pod jednakowymi kątami a = 45° do poziomu (rys. 62). Z jakim opóźnieniem Δ*t* w stosunku do drugiego działa powinno strzelać pierwsze, aby pociski wystrzelone z prędkością początkową $v_0 = 100\ \frac{m}{s}$ zderzyły się w powietrzu



Rys. 62

251 *. Z wysokości h == 3,94 m rzucono w dół pod kątem a = 60° do poziomu piłkę z prędkością początkową $v_0 = 5\ \frac{m}{s}$ Znajdź odległość między dwoma kolejnymi miejscami, w których odbiła się piłka, jeżeli jej odbicia były całkowicie pozbawione strat energii.

252*. Sprężysta kulka spada z wysokości h = 20 cm na płaszczyznę nachyloną do poziomu pod kątem a = 30° i odbija się od niej bez strat energii. W jakiej odległości od miejsca pierwszego odbicia kulka uderzy w płaszczyznę po raz drugi? (Można przyjąć, że kąt „padania" jest równy kątowi „odbicia" (rys. 63).)



Rys. 63

253. Pod jakim kątem do poziomu będzie skierowane przyspieszenie ciała w najwyższym punkcie toru rzutu ukośnego, jeżeli na ciało o masie m = 25 g działa siła oporu o chwilowej wartości F = 0,5 N?

8. Tarcie a ruch

254. Dlaczego siła ciągu pojazdu znacznie się zmniejsza, gdy koła zaczynają „buksować" tzn., gdy ich prędkość obwodowa jest większa od prędkości liniowej pojazdu?

255. Oblicz siłę oporu powietrza działającą na spadochron i spadochroniarza o masie m = 85 kg, opadającego ruchem jednostajnym.

256. Na obracającej się tarczy leży klocek poruszający się razem z tarczą. Jaki jest kierunek i zwrot siły tarcia między klockiem i tarczą? Uzasadnij odpowiedź.

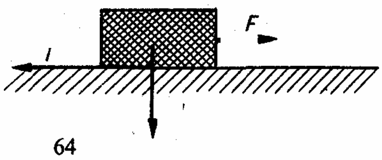
257. Ciało o masie m leży na powierzchni stołu. Współczynnik tarcia statycznego ciała o tę powierzchnię wynosi/i, a współczynnik tarcia dynamicznego $f_2 < f_1$ Narysuj wykres zależności siły tarcia od przyłożonej siły poziomej. O ile można zmniejszyć siłę zewnętrzną po ruszeniu ciała z miejsca, aby poruszało się ono ruchem jednostajnym?

258. Aby poruszyć z miejsca sanie o ciężarze P = 980 N trzeba działać na nie siłą F_2 = 300 N. Do przesuwania sań wystarcza siła F_2 = 120 N. Oblicz współczynnik tarcia statycznego i dynamicznego sań o śnieg.

259. Na książce leżącej na stole znajduje się pudełko zapałek. Przy jakim najmniejszym przyspieszeniu książki, skierowanym poziomo, można ją wysunąć spod pudełka? Współczynnik tarcia pudełka o książkę wynosi f= 0,1.

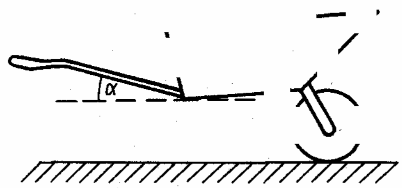
260. Ciało o masie m = 10 kg spoczywa na pewnej powierzchni (rys. 64); współczynnik tarcia statycznego ciała o tę powierzchnię f= 0,6. Na ciało działa siła pozioma, równa połowie ciężaru tego ciała

F = 0,5 *mg*. Jednocześnie na ciało działa siła tarcia T== *mg f* *o* tym samym kierunku, ale przeciwnym zwrocie niż siła przyłożona. Siła tarcia jest więc większa od siły przyłożonej i ponieważ wypadkowa sił działających na dało jest różna od zera (i zwrócona przeciwnie niż siła F), więc ciało, w myśl drugiej zasady dynamiki, powinno poruszać się ruchem przyspieszonym w stronę przeciwną niż przyłożona siła F. Wyjaśnij, na czym polega błąd w różu mowaniu.



64

261. W którym przypadku należy działać większą siłą na uchwyty taczki (rys. 65) tworżące z poziomem kąt a: Rys. 65

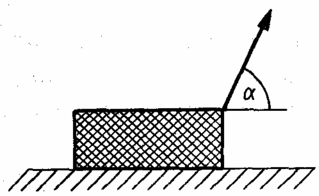


a) pchając ją przed sobą, czy
b) ciągnąc ją za sobą? Można przyjąć, ze środek ciężkości znajduje się dokładnie nad osią taczki. Uzasadnij odpowiedź.

262. Dlaczego przy ostrym hamowaniu przód samochodu opuszcza się nieco do dołu, a tył podnosi nieco do góry?

263. Robotnik pcha taczkę o ciężarze *P* = 200 N siłą poziomą F = 20 N. Po jakim czasie prędkość taczki wyniesie $v = 3\ \frac{m}{s}$, jeśli efektywny współczynnik tarcia wynosi *f*= 0,08?

264. Na ciało o masie w = 3 kg leżące na stole działa siła F = 6 N pod kątem a = 60° (rys. 66). Oblicz prędkość ciała po czasie *t* = 3 s. Pomiń siłę tarcia.



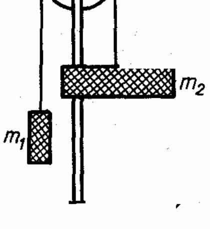
Rys. 66

265. Na ciało o masie m = 7 kg leżące na równi pochyłej o kącie nachylenia a == 30° działa do góry (oprócz siły ciężkości) siła ciągnąca równoległa do równi F = 42 N. Jaką drogę przebędzie ciało w czasie t = 3 s?

266. Samochód o ciężarze P = 15000 N zaczyna wjeżdżać pod górę o kącie nachylenia a (sina = 0,2). Oblicz siłę ciągu silnika, jeżeli na drodze *l* = 36 m samochód uzyskał prędkość $v = 21{,}6\ \frac{km}{h}$

Średnia siła oporów ruchu wynosi T= 600 N.

267. Na szczycie drążka umocowany jest nieważki blok nieruchomy, przez który przerzucono nieważką nitkę z przywiązanymi do jej końców obciążnikami o masach m_1 = 500g i m_2 = 100 g. W obciążniku o masie m_2 przewiercony jest otwór, przez który przechodzi drążek. Obciążnik o masie m_2 przesuwając się po drążku na- Rys.67

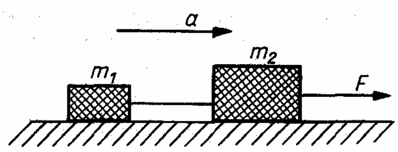


potyka stałą siłę tarcia T= 3 N. Oblicz:
a) przyspieszenie układu obciążników,
b) naprężenie nitki.

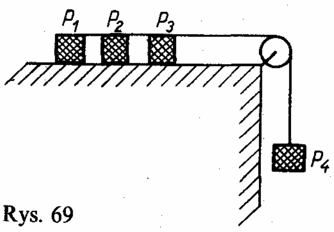
268. Krążek hokejowy poruszał się z prędkością $V_0 = 10$ — i zatrzymał się po przebyciu odległości $l = 50$ m. Oblicz współczynnik tarcia krążka o lód.

269. Ciało o masie m = 2 kg porusza się z prędkością $v = 5$ — pod wpływem stałej siły F ruchem jednostajnym po powierzchni, dla której współczynnik tarcia wynosi $f_1 = 0{,}2$. W pewnej chwili ciało przemieściło się na inną powierzchnię o współczynniku tarcia $f_2 = 0;3$. Jaką drogę przebędzie ciało po drugiej powierzchni aż do zatrzymania?

270. Na stole leżą dwa prostopadłościenne klocki (rys. 68) o masach m i = 6 g i m^ = 24 g połączone nitką. Na jeden z nich działa siła F = 0,005 N przyłożona w sposób pokazany na rysunku. Oblicz współczynnik tarcia klocków o stół i naprężenie nitki łączącej klocki, gdy poruszają się one z przyspieszeniem $a = 10\frac{cm}{s^2}$



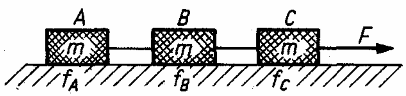
Rys. 68



Rys. 69

271. Oblicz przyspieszenie układu ciał przedstawionego na rysunku 69 oraz naprężenia poszczególnych nici, jeżeli: ?i = 20 N, P; = 40 N, $P_3 = 60$ N, $P_4 = 76$ N. Współczynnik tarcia obciążników o stół wynosi f= 0,4.

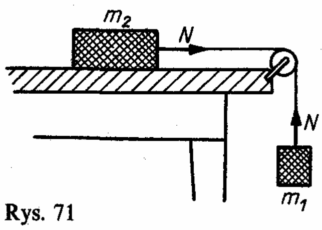
272*. Na poziomej powierzchni leżą trzy obciążniki *A, B, C o* jednakowych masach $m = 5$ kg każdy połączone nicią, która zrywa się pod działaniem siły T= 40 N. Współczynniki tarcia między obciążnikami a podłożem wynoszą odpowiednio $f_A = 0{,}3$, $f_B = 0{,}2$ i $f_C = 04$. Do obciążnika C przyłożono siłę F (rys. 70), która może zmieniać swoją wartość w sposób ciągły. Która z nici ulegnie najpierw zerwaniu i przy jakiej minimalnej wartości siły F to nastąpi? Jak będzie przedstawiało się rozwiązanie zadania, jeśli siła F będzie przyłożona do obciążnika A?



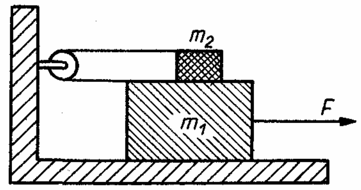
Rys. 70

273. Do ciała o masie m == 20 kg, w chwili gdy wartość jego prędkości wynosiła $v_o = 5\frac{m}{s}$, przyłożono siłę F = 19,8 N skierowaną przeciwnie do wektora prędkości. Po jakim czasie prędkość ciała będzie równa —v? Współczynnik tarcia ciała o podłoże f= 0,05.

274. Dwa ciała o masach $m_1 = 3$ kg i $m_2 = 5$ kg połączone są nitką przerzuconą przez nieważki bloczek (rys. 71). Oblicz przyspieszenie ciał i siłę N naprężającą nić, jeżeli współczynnik tarcia ciała o stół wynosi $f = 0{,}2$.



Rys. 71



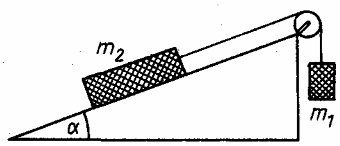
Rys. 72

275. Na podstawce leży ciało o masie m_1 = 2 kg, a na nim ciało o masie m_2 = l kg połączone z ciałem pierwszym nitką przerzuconą przez nieważki bloczek (rys. 72). Oblicz wartość poziomej siły *F* przyłożonej do pierwszego ciała, jeżeli porusza się ono z przy-

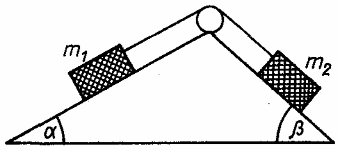
spieszeniem $a = 3\frac{m}{s^2}$. Współczynnik tarcia między ciałami

f = 0,3. Tarcie o podstawkę można pominąć.

276. Przez nieważki bloczek umieszczony na szczycie równi pochyłej o kącie nachylenia a = 30° przerzucona jest nić, do końców której zaczepione są ciała o masach *m*^ = 300 g, *m*^ = 100 g (rys. 73). Współczynnik tarcia ciała *m*^ *o* równię wynosi *f*= 0,2. Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim poruszają się oba ciała.



Rys. 73



Rys. 74

277. Na podwójnej równi pochyłej o kątach nachylenia a = 30°, *B* = 45° umieszczone są dwa ciała o masach m_1= 500 g i m_2 = 100 g (rys. 74), połączone nitką przerzuconą przez nieważki bloczek. Współczynnik tarcia obu ciał o równię wynosi *f*= 0,25. Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim poruszają się oba ciała.

278*. W pewnej chwili, od pociągu jadącego po płaskim terenie ze

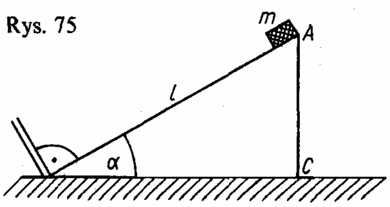
stałą prędkością v_0, odczepiła się część jego składu ($\frac{1}{3}$ jego masy)

i po czasie *t* prędkość odczepionej części zmalała dwukrotnie. Zakładając, że siła napędzająca pociąg nie uległa zmianie, wyznacz prędkość części pociągu z lokomotywą po upływie czasu *t*. Siła tarcia jest proporcjonalna do masy pociągu i nie zależy od jego prędkości.

279*. Po jakim czasie *t* ciało o masie *m* zsunie się z równi pochyłej o kącie nachylenia *B* i wysokości *h*, jeżeli z równi o kącie nachylenia a zsuwa się ono ruchem jednostajnym. Współczynnik tarcia między ciałem a obydwiema równiami jest taki sam.

280. Ze szczytu równi pochyłej zsuwa się niewielki obciążnik o masie *m* = 3 kg (rys. 75). Na końcu równi uderza o ścianę prostopadłą do kierunku ruchu, odbija się bez straty energii i porusza się pod górę równi. Na jakiej wysokości zatrzyma się obciążnik, jeżeli a = 30°, *AC* = *h* = 3 m, a współczynnik tarcia *f* = 0,25

Rys. 75



9. Dynamika ruchu po okręgu

281. Punkt materialny zaczyna się poruszać po okręgu o promieniu *R* = 3 m ruchem jednostajnie przyspieszonym. Oblicz wartość przyspieszenia dośrodkowego w chwili *t* = 6 s, jeżeli do tego momentu ciało zatoczyło n = 3 pełne okręgi.

282. Kulka zawieszona na nitce długości l = l m wiruje w płaszczyźnie poziomej z częstotliwością $f=\frac{7}{4\pi}$ po okręgu o promieniu R = 0,6 m. Oblicz wartość przyspieszenia ziemskiego.
Wskazówka: Rozłóż wektor siły napięcia nici na składowe: poziomą i pionową. Jedna ze składowych równoważy ciężar kulki, druga jest przyczyną ruchu po okręgu.

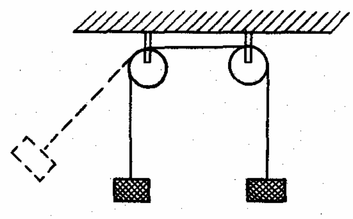
283. Samochód jedzie po płycie lotniska po łuku okręgu o promieniu R == 100 m. Współczynnik tarcia statycznego opon o beton wynosi f = 0,4. Z jaką największą prędkością może jechać ten samochód, aby nie wpaść w boczny poślizg?

284. Z jaką najmniejszą prędkością kątową należy obracać wiadrem z wodą w płaszczyźnie pionowej, aby woda nie wylała się z niego? Odległość pomiędzy powierzchnią wody a osią obrotu wynosi $d= l\ m$

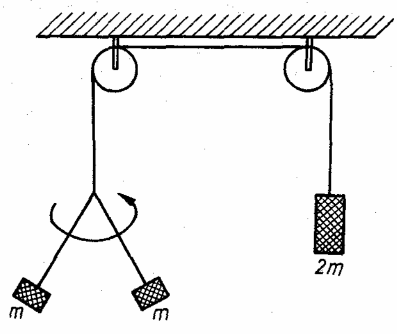
285. Ciało wyrzucone ukośnie porusza się po paraboli. Oblicz promień krzywizny paraboli w jej najwyższym punkcie, jeżeli wartość **prędkości ciała w tym punkcie wynosi v = 7** $\frac{m}{s}$

286. Dwaj motocykliści jadą po torze żużlowym po różnych okręgach o promieniach R_1 = 60 m i R_2 = 64 m. Raz obaj jadą z taką samą **prędkością v = 20** $\frac{m}{s}$ **, a innym razem z taką samą prędkością kątową $q)$ =** $\frac{1}{3}\ \frac{rag}{s}$ **Oblicz wartość przyspieszenia odśrodkowego** obu motocyklistów w obu przypadkach.

287. Przez dwa bloki przerzucono nić, na końcach której znajdują się dwa jednakowe obciążniki (rys. 76). Co się stanie, jeżeli jeden z obciążników zostanie odchylony o pewien kąt i puszczony? Czy równowaga zostanie zachowana? Uzasadnij odpowiedź.



Rys. 76



Rys. 77

288. Do końców nici przerzuconej przez dwa bloczki przywiązane są trzy obciążniki (rys. 77): z lewej strony dwa jednakowe o masach m = 5 g, a z prawej obciążnik o masie $M = 2\ m$. *Czy* układ będzie w równowadze, jeżeli obciążniki będą wirowały wokół pionowej osi? Uzasadnij odpowiedź.

289. Na ciało o masie m = 0,3 kg poruszające się po okręgu o promieniu r = 2 m działa siła dośrodkowa o wartości F = 15 N. Oblicz wartość prędkości liniowej ciała i okres jego ruchu.

290. Jeden ze sztucznych satelitów Ziemi porusza się po orbicie kołowej o promieniu R = 6450 km, a okres jego ruchu po tej orbicie wynosi T= 86 min. Oblicz wartość przyspieszenia dośrodkowego w ruchu satelity.

291. Kropla wody w wirówce pralki automatycznej porusza się po okręgu o promieniu R = 20 cm. Jaka jest wartość przyspieszenia dośrodkowego kropli, jeśli wirówka obraca się z częstotliwością

$$f = 50\frac{1}{s}$$

292. Oblicz częstotliwość obrotów turbiny parowej, jeśli wiadomo, że na kroplę oleju znajdującą się na łopatce turbiny w odległości R = l m od osi obrotu, działa siła dośrodkowa o wartości n = 1000 razy większej od wartości ciężaru kropli.

293. Oblicz energię kinetyczną ciała poruszającego się po okręgu o promieniu R = l m pod wpływem siły dośrodkowej $F = 60$ N.

294. Na obracającej się płycie gramofonowej (n_1 = 33,3 $\frac{obr}{\min}$) leży moneta w odległości r = 18 cm od osi obrotu. Jeśli liczba obrotów zostaje zwiększona do n_2 = 45 $\frac{obr}{\min}$, to moneta zsuwa się z płyty. W jakich granicach zawarty jest statyczny współczynnik tarcia monety o płytę?

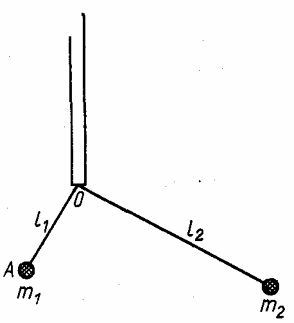
•**295.** W jakiej największej odległości od osi obrotu może pozostać ciało w spoczynku względem tarczy, obracającej się z prędkością kątową *co* = 20 -? Współczynnik tarcia statycznego ciała o tarczę wynosi f = 0,4.

296. Wewnątrz powierzchni walcowej o promieniu $R = 2$ m obracającej się jednostajnie wokół osi pionowej, znajduje się małe ciało przylegające do ścianki i obracające się razem z walcem. Oblicz najmniejszą częstotliwość obrotów walca, przy której ciało nie będzie się zsuwało do dołu. Współczynnik tarcia f= 0,20.

297. Na cienkiej nici ulegającej zerwaniu pod działaniem siły o wartości F = 1,96 N zawieszona jest kulka o masie m = 100 g. O jaki największy kąt można odchylić tę nitkę z kulką od pionu, aby nitka nie uległa zerwaniu podczas ruchu?

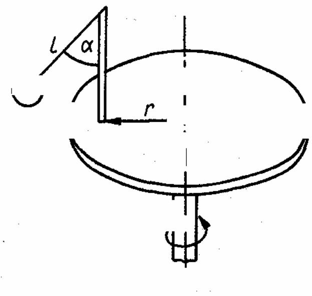
298. Kierowca samochodu jadącego z prędkością *v zobaczył* nagle rozległą przeszkodę. W którym z przypadków na kierowcę będzie działała mniejsza siła: a) podczas hamowania tak, aby zatrzymał samochód przed przeszkodą, b) podczas skręcania po łuku okręgu o promieniu równym odległości od przeszkody, bez zmiany prędkości?

299. Oblicz siłę, jaką samochód o masie m = 800 kg naciska na jezdnię w następujących przypadkach: a) jezdnia jest pozioma, b) jezdnia jest wypukła, a promień krzywizny wynosi R = 300 m, c) jezdnia jest wklęsła o promieniu krzywizny R = 600 m. Wartość prędkości samochodu jest we wszystkich przypadkach jednakowa i wynosi v = 60 $\frac{km}{h}$ a wygięcia jezdni są wzdłuż drogi.



Rys. 78

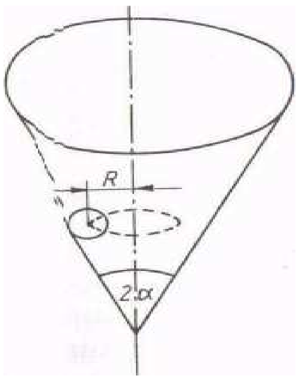
' **300.** Dwie kulki o masach $m_1 = 9$ g i m_2 = 3 g są przywiązane nićmi *OA* i *OB* do pionowego pręta. Pręt wraz z kulkami wprawiono w ruch obrotowy wokół osi z prędkością kątową w = 12,56 s^{-1}. Przy jakim stosunku długości nici *OA: OB* naprężenie ich będzie jednakowe Rys. 73

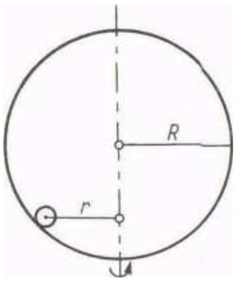


301 *. Na poziomej tarczy obracającej się wokół pionowej osi znajduje się pionowy pręt w odległości r = 11 cm od osi. Do końca pręta przywiązana jest nitka długości l = 80 cm z kulką na końcu. Oblicz prędkość kątową tarczy, gdy nitka z kulką odchyla się od pionu o kąt a = 60° (rys. 79).

Rys. 79

302. Z jaką prędkością kątową powinno się obracać wokół osi symetrii naczynie stożkowe (rys. 80), aby kulka umieszczona w naczyniu i obracająca się razem z nim wyleciała na zewnątrz? W chwili początkowej odległość kulki od osi obrotu wynosi R=6 cm, a kąt 2α=60°.





Rys. 81

Rys. 80

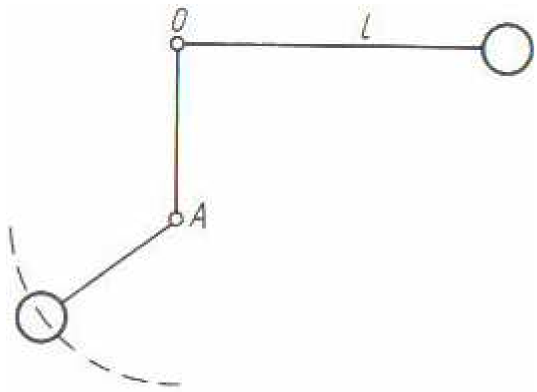
303. W dużej kuli o promieniu R = l m znajduje się malutka kulka obracająca się wraz z dużą kulą wokół pionowej średnicy (rys. 81). Przy jakiej prędkości kątowej mała kulka będzie się obracała po okręgu o promieniu r = 47,1 cm? Przedyskutuj zależność wartości promienia r od prędkości kątowej ω.

304*. Niewielkie ciało ześlizguje się bez tarcia z powierzchni półkuli o promieniu R. Na jakiej wysokości ciało oderwie się od niej?

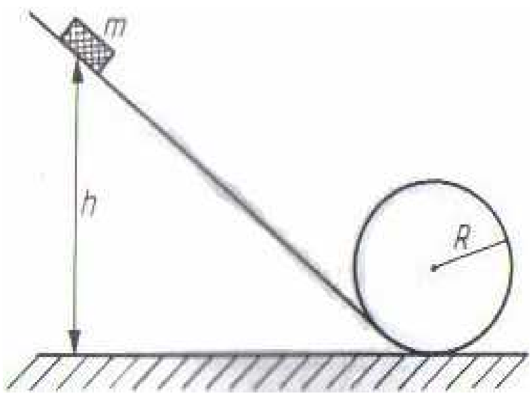
305*. Na zakręcie o promieniu R = 250 m jezdnia pochylona jest w stosunku do poziomu o kąt a = 8°.

a. Z jaką prędkością można przejechać ten zakręt, aby samochód działał na jezdnię siłą prostopadłą do niej?
b. Z jaką największą prędkością można bezpiecznie przejechać ten odcinek drogi, jeżeli wartość siły tarcia opon o jezdnię wynosi 0,2 wartości ciężaru samochodu?

306*. Na nitce długości l = l m umocowanej w punkcie O (rys. 82) zawieszony jest niewielki obciążnik. W punkcie A wbity jest gwóźdź. W jakiej najmniejszej odległości od punktu O (w linii pionowej) powinien znajdować się gwóźdź, aby przy odchyleniu nitki o kąt α= 90° od pionu i puszczeniu obciążnika zatoczył on pełny okrąg wokół punktu A?



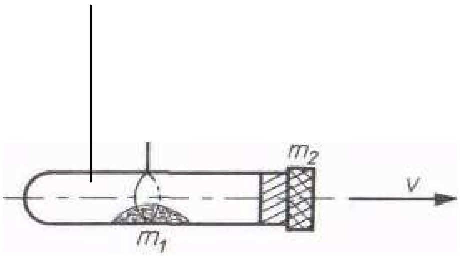
Rys. 82



Rys. 83

307. Ciało zsuwa się z równi pochyłej bez oporów ruchu i wpada do pierścienia o promieniu R=80 cm. Z jakiej najmniejszej wysokości powinno zsuwać się ciało, aby mogło zatoczyć pełny okrąg bez oderwania się (rys. 83)?

308*. Probówka o masie m_l = 30 g zawieszona jest na nici długości / = 30 cm i zatkana korkiem o masie m_2 = 2 g. Wewnątrz probówki znajduje się trochę prochu, który po ogrzaniu zapala się i na skutek wytworzonych gazów wyrzuca korek w kierunku poziomym (rys. 84). Oblicz najmniejszą prędkość, z jaką korek musi wylecieć, aby probówka zatoczyła pełny okrąg w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 84

10. Siły bezwładności

309. Pod jakim kątem do poziomu ustawi się powierzchnia wody w naczyniu zsuwającym się bez tarcia po równi pochyłej o nachyleniu α = 30° do poziomu?
Wskazówka: powierzchnia cieczy ustawia się prostopadle do siły wypadkowej.

310. Naczynie z wodą porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem a równolegle do powierzchni ziemi. Jaki kąt tworzy powierzchnia wody z poziomem?

311. Pojazd porusza się na zakręcie po łuku okręgu z prędkością v = 10 m/s. Wahadełko zawieszone w tym pojeździe odchyliło się od pionu o kąt α = 3°. Oblicz promień okręgu.

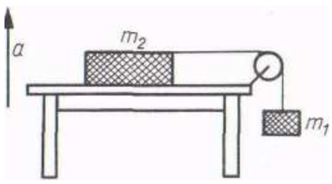
312. Ile musiałaby trwać doba na Ziemi, aby ciała na równiku nic nie ważyły? Promień Ziemi R = 6370 km.

313. W windzie poruszającej się do góry ruchem jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem a=5m/s^2 stoi na wadze człowiek o ciężarze Q = 700 N. Jaki ciężar wskazuje waga? Rozwiąż zadanie w układzie odniesienia związanym z windą.

314. W tramwaju ruszającym z przystanku z przyspieszeniem a = 3 m/s^2 leży na podłodze paczka, której współczynnik tarcia o podłogę wynosi f=0,15. Z jakim przyspieszeniem porusza się paczka względem podłogi?

315*. Przez bloczek umocowany do krawędzi stołu przerzucona jest nitka, do której końców przywiązane są dwa obciążniki (rys. 85) o masach m_1 = 500 g i m_2 = 3 kg. Współczynnik tarcia obciążnika o stół wynosi f= 0,25.

Rys. 85

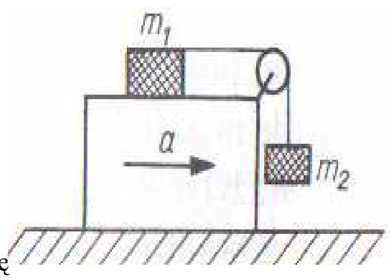


a. Jaki warunek muszą spełniać m_1, m_2 *i* f, aby przy ruchu stołu do góry z dowolnym przyspieszeniem a, obciążniki nie poruszały! się względem stołu?

b. Z jakim przyspieszeniem będą poruszały się obciążniki względem stołu, jeżeli do ciała o masie m_1 zostanie dołączone ciało o masie m_3 = 500 g, a stół będzie podnoszony do góry z przyspieszeniem a = 12 m?s^2 ?

316*. Do krawędzi skrzyni przymocowany jest bloczek, przez który przerzucono nitkę z zaczepionymi na jej końcach obciążnikami m_1 = 0,12 kg i m_2 o takiej wartości, że statyczna siła tarcia osiągnęła swoją największą wartość. Współczynnik tarcia statycznego wynosi f_1 = 0,36, a współczynnik tarcia dynamicznego f_2 = 0,30 (rys. 86). Z jakim najmniejszym przyspieszeniem a powinna poruszać się skrzynia, aby obciążniki poruszały się względem niej? Uwzględnij również tarcie ciała o masie m_2.

Rys. 86

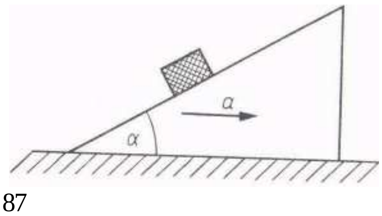


317. W pociągu poruszającym się ruchem jednostajnie opóźnionym z opóźnieniem a = 0,2 m/s^2 leży na podłodze paczka o masie m = 25 kg.

a. Jaką pracę należy wykonać, aby przesunąć paczkę o l = 5 m po podłodze w stronę ruchu pociągu?

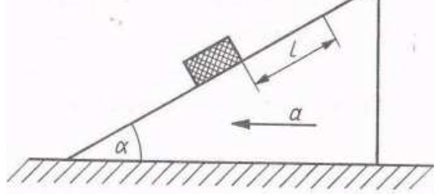
b. Jaką pracę trzeba wykonać w tych samych warunkach, przy przesunięciu paczki w stronę przeciwną do ruchu pociągu? Współczynnik tarcia paczki o podłogę wynosi f= 0,5.

318. Na równi pochyłej o kącie nachylenia α spoczywa ciało, dla którego współczynnik tarcia f o równię jest dwa razy większy od tgα. Z jakim przyspieszeniem powinna poruszać się równia pochyła, aby ciało zaczęło się z niej zsuwać (rys. 87)?



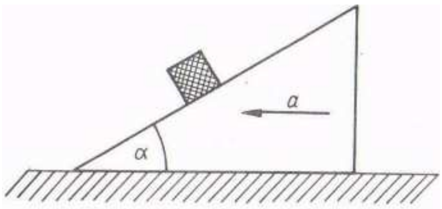
Rys. 87

319*. Z jakim przyspieszeniem a powinna poruszać się równia pochyła o kącie nachylenia α = 30°, aby obciążnik umieszczony na równi przebył w czasie $\Delta t = 5\ s$ drogę l = 20 cm pod górę równi (rys. 88)? Zaniedbać opory ruchu.



Rys. 88

320. Na równi pochyłej o kącie nachylenia α = 30° znajduje się sześcianik, dla którego współczynnik tarcia o równię wynosi f= 0,725 (rys. 89). Z jakim przyspieszeniem powinna poruszać się równia w kierunku pokazanym strzałką, aby sześcianik zaczął poruszać się w górę równi?



Rys. 89

11. Praca, energia, moc mechaniczna

321. Oblicz pracę wykonaną przy powolnym podnoszeniu ciała o ciężarze Q = 300 N na wysokość h = 10 m.
322. Oblicz pracę niezbędną do rozpędzenia samolotu o masie m = 20 t do prędkości v = 100 m/s.
323. Ciało o masie m porusza się pod wpływem stałej siły F. Wyraź energię kinetyczną tego ciała jako funkcję czasu. Przyjmij, że prędkość początkowa ciała była równa zeru.
324. Narysuj wykres zależności energii kinetycznej, potencjalnej i całkowitej od czasu dla ciała o masie m=1 kg rzuconego do góry z prędkością początkową v_0= 10 m/s. Wykonaj wykres dla 10 wartości czasu od 0 do 2 s co 0,2 s.
325. Udowodnij, że w rzucie ukośnym (bez oporu powietrza) stosunek energii potencjalnej ciała w najwyższym punkcie toru do energii kinetycznej w chwili wyrzutu jest równy $\sin^2 \alpha$, gdzie α jest kątem rzutu. Przyjmij, że na poziomie, z którego ciało wyrzucono, energia potencjalna równa jest zeru.

326. Praca wykonana przy rzuceniu piłki o masie m = l kg pod kątem α = 30° do poziomu wynosiła W= 108 J.

a. Po jakim czasie piłka spadła na ziemię?

b. W jakiej odległości od miejsca wyrzucenia?

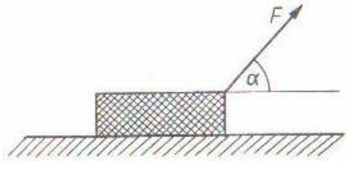
Opory ruchu można pominąć.

327. Na ciało o ciężarze P = 500 N działa pionowo do góry siła F = 2000 N. Jaką pracę wykona ta siła do chwili, gdy ciało przemieści się na wysokość h = 12 m?

328. Oblicz pracę wykonaną przy podnoszeniu ciała o ciężarze P = 0,3 kN na wysokość h = 100 m z przyspieszeniem a = 3 m/s^2.
329. Na desce leży prostopadłościenny klocek. Jeden koniec deski jest powoli podnoszony do góry. Przy kącie nachylenia deski do poziomu α = 45° klocek zaczyna poruszać się ruchem jednostajnie zmiennym i całą długość deski l = 12 m przebywa w czasie t = 10 s. Oblicz współczynnik tarcia statycznego i dynamicznego klocka o deskę.
330. Samochód jedzie z prędkością v = 54 km/h. Współczynnik tarcia statycznego kół o jezdnię wynosi f= 0,6. Oblicz najkrótszą drogę, na jakiej samochód może wyhamować do zatrzymania.
331. Sanki zjeżdżają z góry długości s = 30 m nachylonej do poziomu pod kątem α = 30°, a następnie poruszają się poziomo. Jaką drogę przejadą sanki po torze poziomym, jeżeli na całej trasie współczynnik tarcia wynosi f = 0,08?

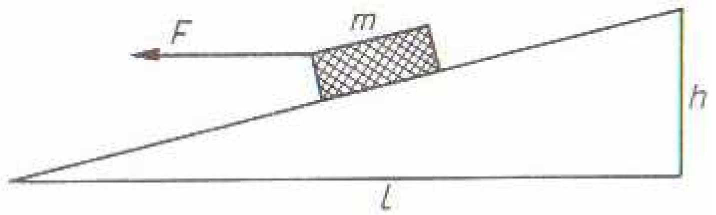
332. Klocek mający u podstawy równi pochyłej prędkość v_0 = 5 m/s przebył w górę równi drogę s = 2 m. Oblicz współczynnik tarcia klocka o równię, której kąt nachylenia do poziomu wynosi α = 30°.
333. Przy ciągnięciu skrzyni po poziomej powierzchni ruchem jednostajnym siłą F = 600 N przyłożoną pod kątem α = 60° (rys. 90) wykonano pracę W = 3000 J. Oblicz drogę przebytą przez skrzynię.

Rys. 90



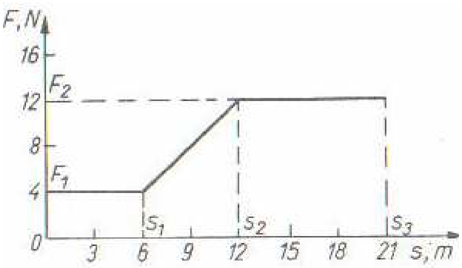
334. Ciało o ciężarze Q = 2000 N wciągane jest na równię pochyłą o wysokości h = 15 m. Oblicz pracę wykonaną przy wciąganiu ciała, jeżeli tarcie można pominąć.
335. Oblicz pracę wykonaną przy wciąganiu ciała o masie m = 5 kg po równi pochyłej długości l= 6 m i kącie nachylenia do poziomu α = 30°. Siły oporów ruchu wynoszą F = 3 N.
336. Ciało o masie m = 100 kg zsuwane jest z równi pochyłej o wysokości h = l m i podstawie l=10 m siłą F przyłożoną

poziomo (rys. 91). Współczynnik tarcia ciała o równię wynosi f=0,3. Oblicz pracę wykonaną (przez siłę F) przy zsuwaniu ciała ruchem jednostajnym wzdłuż całej równi.



Rys. 91

337. Na podstawie rysunku 92 oblicz pracę wykonaną przy przesuwaniu ciała po drodze $Os_1s_2s_3$, jeżeli kąt między kierunkiem siły i kierunkiem przesunięcia wynosił $\alpha = 0°$.

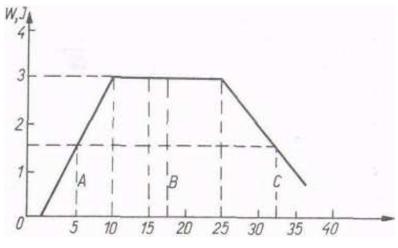


Rys. 92

338. Na rysunku 93 przedstawiono zależność pracy W przy przesuwaniu ciała o masie m = 1,5 kg od drogi. Oblicz przyspieszenie ciała w punktach A, B, C, jeżeli kierunki siły i przesunięcia tworzyły kąty odpowiednio $\alpha_1 = 60°$, $\alpha_2 = 90°$ i $\alpha_3 = 120°$.

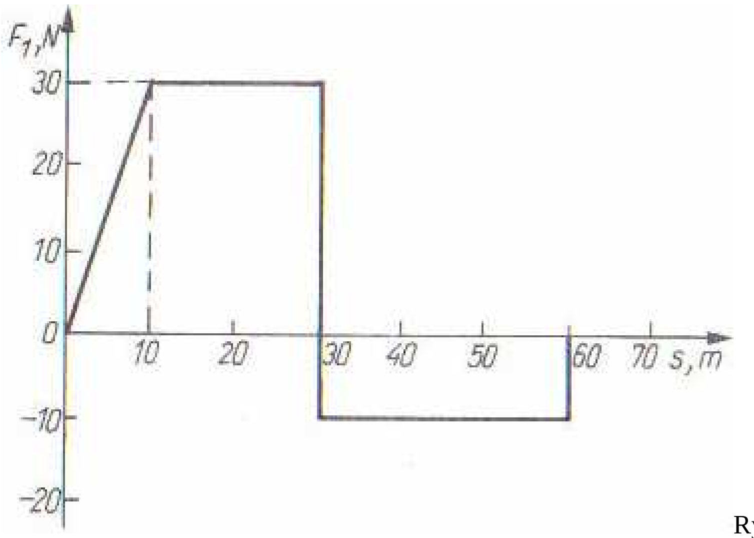
Rys. 93

339. Oblicz pracę wykonaną przez siłę F, której składowa F_1 w kierunku ruchu zależy od drogi tak, jak przedstawiono na



s, m

rysunku 94.



Rys. 94

340. Człowiek o masie m_l znajdujący się w łódce o masie m_2 ciągnie linę działając stałą siłą *F*. Drugi koniec liny przywiązany jest do:
a) drzewa stojącego na brzegu, b) łódki *B* o masie m_3, która może pływać swobodnie. Oblicz pracę wykonaną przez człowieka w czasie Δt w obu przypadkach. Opory ruchu w przypadku a) i b) mogą być pominięte.

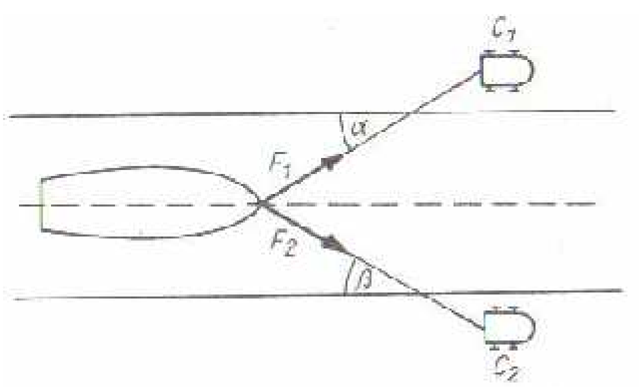
341. Zużycie energii elektrycznej mierzone jest w kW•h (kilowatogodzinach). Ilu dżulom odpowiada l kW•h?

342. Ciało o masie m = 20 kg porusza się po linii prostej tak, że przesunięcie $s = At^2 + Bt$ ($A = 5\ m/s^2$, B = 3 m/s). Oblicz pracę wykonaną przez urządzenie wprawiające to ciało w ruch w czasie od t_1 = 0 do t_2 = 5 s.

343. Moc koparki podczas pracy zmienia się w następujący, cykliczny sposób: podczas nabierania gruntu (t_1 = 15 s, P_1 = 120 kW), podczas podnoszenia pełnego czerpaka (t_2 = 15 s, P_2 = 80 kW) oraz podczas opuszczania pustego czerpaka (t_3 = 6 s, P_3 = 10 kW). Oblicz pracę wykonaną przez koparkę w ciągu T= l godziny.

344. Oblicz siłę ciągu silnika samochodowego o mocy P = 150 kW, jeżeli samochód porusza się ruchem jednostajnym z prędkością v=15 m/s.

345. Na rysunku 95 pokazano sposób przeciągania barki przez kanał. Ciągniki C_1 i C_2 działają na liny przyczepione do barki siłami F_1 = 2 kN i F_2 = 1,5 kN, a cosinusy kątów α i β wynoszą cos α = 0,8, cos β = 0,6. Oblicz moc użyteczną każdego ciągnika, jeżeli kanał długości l = 6 km barka przepływa w ciągu t=1 godziny.



Rys. 95

346. Moc ciągnika wynosi 50 kW. Wyznacz jego siłę ciągu, gdy silnik pracuje pełną mocą, a prędkość wynosi a) v_1 = 0,5 m/s, b) v_2 = 2 m/s.

347. Pod jakim największym kątem do poziomu może wjeżdżać pod górę elektrowóz o mocy P = 1500 kW ciągnący skład wagonów o ciężarze F=20 000 kN z prędkością v=7,2 km/h?

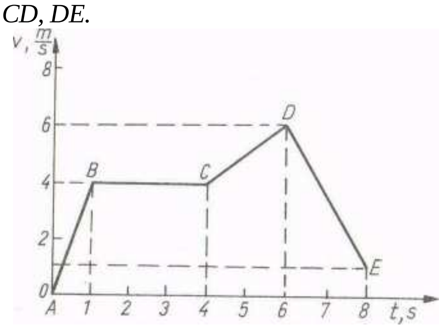
348*. Samochód zjeżdża, z góry z wyłączonym silnikiem z prędkością v = 48 km/h. Oblicz moc silnika, jeżeli samochód może jechać z taką samą prędkością pod tę samą górę z silnikiem pracującym pełną mocą. Ciężar samochodu wynosi Q = 8 kN, a kąt nachylenia drogi do poziomu α = 5°.

349. Moc parowozu ciągnącego pociąg o ciężarze Q = 1700 kN pod górę o nachyleniu α = 3° wynosi P = 440 kW. Z jaką największą prędkością może wjeżdżać ten pociąg pod tę górę, gdy siła oporów wynosi F = 12 kN?

350. W jaki sposób zmieni się moc silnika poruszającego schody ruchome ze stałą prędkością, jeżeli ludzie znajdujący się na tych schodach zaczną: a) wchodzić do góry, b) schodzić na dół, podczas gdy schody cały czas jadą do góry?

351. Udowodnij, że moc silnika poruszającego pojazd ruchem jednostajnie przyspieszonym nie jest stała, lecz jest liniową funkcją czasu.

352. Na ciało o masie m = 12 kg działa siła zmienna w czasie (rys. 96). Oblicz wartość siły działającej na ciało w chwili £$_1$ = 0,5 s, t_2 = *2 s*, t_3 = 5 s, t_4 = 7 s. Oblicz maksymalną moc urządzenia wprawiającego ciało w ruch na odcinkach *AB*, *BC*, *CD*, *DE*.



Rys. 96

353. Pociąg jadący ze stałą prędkością v =72 km/h po płaskim terenie, wjechał w strefę ciągłych opadów deszczu. Jak powinna zmienić się moc lokomotywy, aby pociąg nie zmienił swojej prędkości? Należy przyjąć, że masa wody spadającej na pociąg w ciągu l sekundy i ściekającej następnie po ścianach wagonów wynosi $m_w = \Delta m/\Delta t = 100$ *kg/s*, a współczynnik tarcia kół o szyny nie ulega zmianie.

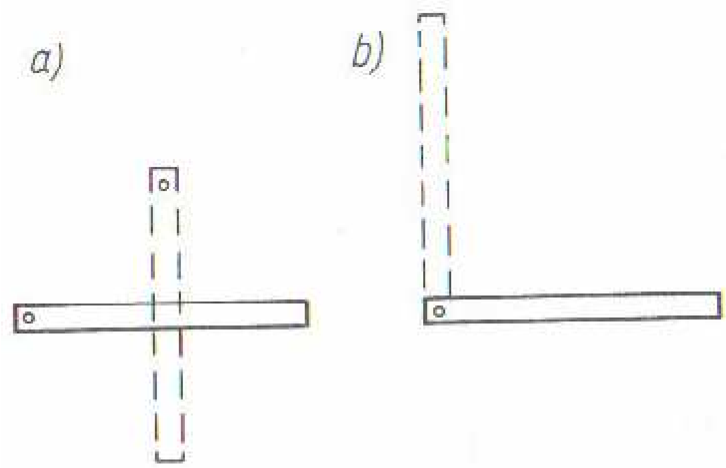
354. Oblicz energię kinetyczną ciała o masie m = 5 kg i pędzie p = kg•m/s.

355. Stosunek energii kinetycznej dwóch ciał wynosi n = 48, a stosunek ich mas k = 3. Oblicz stosunek prędkości ciał.

356. Kula poruszająca się z prędkością v = 3 m/s zderza się centralnie, doskonale sprężyście, z taką samą kulą będącą w spoczynku. Oblicz prędkości kul po zderzeniu.

357. Metrowa linijka o ciężarze Q = 0,2 N ustawiona pionowo została przekręcona w położenie poziome dwoma sposobami a i b (rys. 97). O ile zmieniła się energia potencjalna linijki w obu przypadkach?

358. Okienna zasłona o ciężarze Q = 50 N i długości l = 2 m jest nawijana na cienki pręt u góry okna. Oblicz zmianę energii potencjalnej zasłony po jej całkowitym nawinięciu na pręt. Wskazówka: rozważ położenie środka masy zasłony.



Rys. 97

12. Zasada zachowania energii mechanicznej

359. Ile razy energia potencjalna samolotu lecącego na wysokości; h = *5* km z prędkością v=360 km/h jest większa od jego energii kinetycznej?

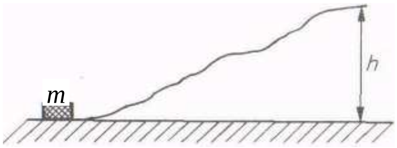
360. Piłkę rzucono pionowo do góry z prędkością początkową v_0 = 8 m/s. Jaką prędkość będzie miała piłka na wysokości h = 2 m nad ziemią?

361. Ciało rzucono pionowo do góry z prędkością początkową v_0 =16 m/s. Jaką prędkość będzie miało to ciało na wysokości równej połowie największego wzniesienia?

362. Ciało rzucono pionowo do góry z prędkością początkową v_0 = 28 m/s. Na jaką największą wysokość wzniesie się to ciało i w jakim czasie?

363. Czas swobodnego spadku kamienia o ciężarze Q = 20 N wynosił t=1,43 s. Oblicz energię kinetyczną i potencjalną kamienia względem powierzchni ziemi w jego środkowym punkcie drogi. Prędkość początkowa kamienia była równa zeru.

364. Oblicz pracę wykonaną przy wciąganiu ciała o masie m = 12 kg na górkę o wysokości h= 5 m (rys. 98), jeśli tarcie można pominąć, a wciąganie odbywa się powoli.



Rys. 98

365. Stosunek energii potencjalnej dwu ciał liczonej od powierzchni ziemi wynosi n = 12, a stosunek ich mas k = 10. Ile razy jedno ciało znajduje się wyżej od drugiego?

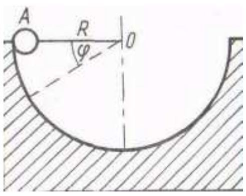
366. Słup telegraficzny długości l = 8 m ma ciężar Q = 1500 N. Na szczycie słupa jest umocowana poprzeczka z izolatorami o masie m = 30 kg. Jaką pracę trzeba wykonać, aby podnieść leżący słup do pozycji pionowej?

367. Kamień, rzucony ukośnie z wysokości h = 20 m nad powierzchnią Ziemi (gdzie przyjmujemy, że energia potencjalna równa jest zeru) z prędkością początkową v_0 = 18 m/s, upadł na Ziemię z prędkością v_1 = 24 m/s. Jaka część energii mechanicznej ciała została zużyta na pokonanie oporów powietrza?

368. Ciało o masie m = l kg spadające z wysokości h = 5000 m osiągnęło przy upadku prędkość v = 40 m/s. Oblicz

średnią siłę oporów ruchu.

369. Wyprowadź wzór wyrażający prędkość ciała A zsuwającego się bez tarcia po łuku okręgu o promieniu R w zależności od chwilowego położenia kątowego φ (rys. 99).



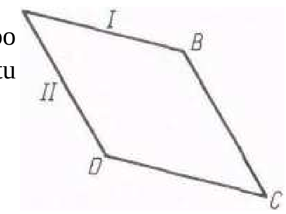
Rys. 99

370. Załadowany samochód ciężarowy ma energię kinetyczną E = 3,5 • 10^5 J. Oblicz drogę hamowania samochodu przy sile hamującej F = 2500 N.

371. Pocisk o masie m = 5 g poruszający się z prędkością v_1= 800 m/s przebija deskę grubości d = 2 cm i leci dalej z prędkością v_2 = 600 m/s. Oblicz średnią wartość siły oporu działającej na pocisk podczas przebijania deski.

372. Obciążnik o masie m = 5 kg wciągany jest na równię pochyłą o kącie nachylenia α = 30°, pod działaniem siły F = 40 N tworzącej kąt β = 30° z płaszczyzną równi. Na jaką odległość od podstawy równi przesunie się obciążnik, gdy jego prędkość będzie
wynosiła v = 2 m/s? Siły tarcia można pominąć.

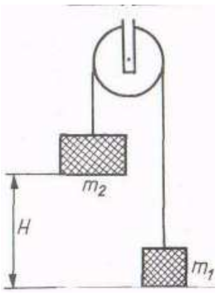
373. Dwa ciała I i II zaczęły jednocześnie zsuwać się bez tarcia z tego samego punktu A po dwu różnych drogach: ABC i ADC (rys. 100). Które ciało szybciej dotrze do punktu C? Uzasadnij odpowiedź. AB=DC i AD=BC.



Rys. 100

375. Sześcienną skrzynię o ciężarze F należy przemieścić w płaszczyźnie poziomej na odległość l. W którym przypadku będzie mniejsza praca: a) przy przesuwaniu skrzyni po ziemi, b) przy przetaczaniu jej z jednej ścianki na drugą? Współczynnik tarcia skrzyni o podłogę wynosi f, skrzynia ma krawędź długości b.

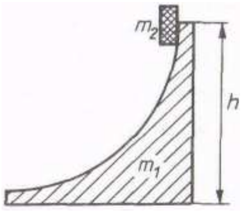
375*. Przez nieważki blok przerzucona jest nitka, na końcach której zaczepione są dwa obciążniki o masach m_1 = 20 g i m_2 = 40 g. Obciążnik m_2 podniesiono do góry na wysokość H = 3 m tak, że m_1 dotknął podłoża (rys. 101). Na jaką największą wysokość podniesie się obciążnik m_1, jeżeli swobodnie puścimy obciążnik m_2?



Rys. 101

376. Młot o ciężarze Q = 1000 N spadając z wysokości h = 1,5 m wbija w ziemię palik na głębokość b = 10 cm. Oblicz średnią wartość siły działającej na palik podczas uderzenia zakładając, że młot nie odbija się od niego (masę palika należy pominąć).

377. Ze szczytu klocka (jego kształt jest pokazany na rysunku 102) o masie m_1 = 200 g i wysokości h = 32 cm, puszczono ciało, którego masa wynosi m_2 = 5 g. Jaką prędkość będzie miał klocek, a jaką ciało w chwili, gdy opuści ono klocek? Tarcie między klockiem i podłożem oraz między ciałem i klockiem nie występuje.



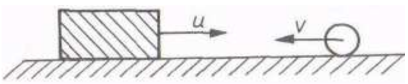
Rys. 102

378. W pudełko z piaskiem o masie m_1 = 4 kg, swobodnie zawieszone na nici, uderza pocisk o masie m_2 = 10 g i grzęźnie w nim. Odległość od punktu zaczepienia nici do środka masy pudełka wynosi l = 0,9 m. Oblicz prędkość pocisku, jeżeli na skutek uderzenia, pudełko odchyliło się od położenia równowagi tak, że nitka tworzy z kierunkiem pionu kąt α = 60°.

379. Wykaż, że przy sprężystym centralnym zderzeniu dwu kul o jednakowych masach, kule wymieniają się prędkościami po zderzeniu.

380. Kula o bardzo dużej masie porusza się z prędkością *v i* zderza się centralnie i sprężyście z drugą, nieruchomą kulą o małej masie. Wykaż, że prędkość małej kuli po zderzeniu jest równa *2v*.

381. Kula stalowa poruszająca się z prędkością v = *2* m/s zderza się sprężyście z klockiem stalowym o bardzo dużej masie, poruszającym się naprzeciw kulki z prędkością u = 5 m/s (rys. 103). Oblicz prędkość kuli po zderzeniu.



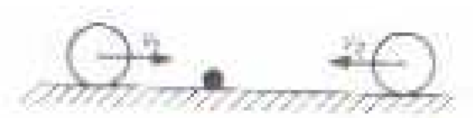
Rys. 103

382. Na stole leży piłeczka pingpongowa, w kierunku której porusza się ciężki klocek z prędkością v = 0,3 m/s (rys. 104). Z jaką prędkością będzie się poruszać piłeczka po sprężystym zderzeniu z klockiem?

Rys. 104

383. Dwie kule zderzają się centralnie i sprężyście. Prędkość pierwszej kuli przed zderzeniem wynosi u_1 = 6 cm/s, a drugiej u_2 = —18 cm/s. Po zderzeniu prędkość pierwszej kuli wynosi v_1= —18 cm/s, a drugiej v_2 = 6 cm/s. Oblicz stosunek mas obu kul.

384*. Dwie kule o wielkich masach poruszają się po jednej prostej w przeciwne strony (rys. 105) z prędkościami $v_1 = 5$ *m/s* i $v_2 = 3$ m/s. Między nimi spoczywa (na tej samej prostej) kulka o małej masie. Oblicz prędkość środkowej kulki po $n = 5$ zderzeniach z dużymi kulami. (Pierwsze zderzenie z lewą kulą.)

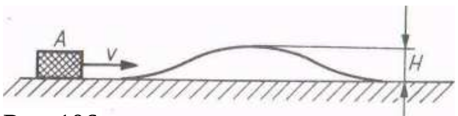


Rys. 105

385. Kulka o masie $m_1 = 1$ g poruszająca się z prędkością $v = 10$ m/s zderza się centralnie i sprężyście z nieruchomą kulą o masie $m_2 = 30$ g. Jaką część energii kinetycznej przekazała kulka o mniejszej masie drugiej kuli?

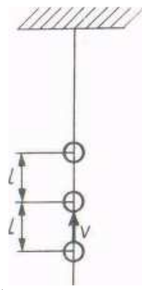
386. Między dwiema kulkami o masach m_1 i m_2 znajduje się ściśnięta sprężyna. Jeżeli przytrzymać kulkę o masie m_2 i spowodować, że sprężyna rozprężając się wypchnie kulkę o masie m_1, to uzyska ona prędkość v_0. Jaką prędkość uzyska kulka o masie m_1, jeżeli ponownie ściśnięta sprężyna wypchnie obydwie kulki jednocześnie?

387. Na drodze ciała *A* poruszającego się po gładkiej, poziomej powierzchni znajduje się przeszkoda wysokości $H = 2$ cm (rys. 106). Przy jakiej najmniejszej prędkości ciało może przejechać przez przeszkodę, jeżeli jej masa jest $n = 5$ *razy* większa od masy ciała? Ciało *A* i przeszkoda mogą poruszać się bez tarcia. Załóż, że ciało *A* nie odrywa się od przeszkody.



Rys. 106

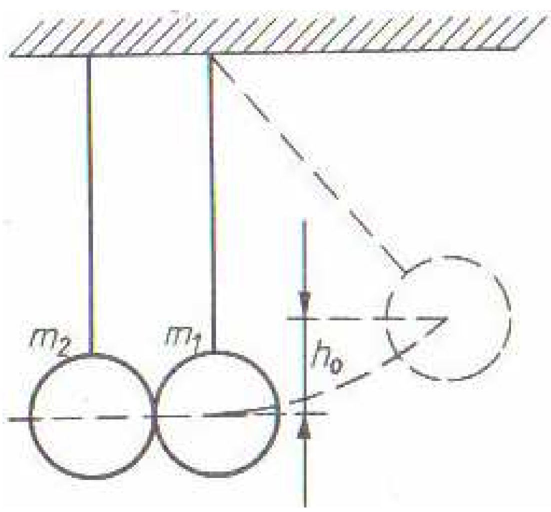
388. Trzy jednakowe kulki z plasteliny wiszą jedna pod drugą w odległościach l=10 cm (rys. 107). Dolnej kulce nadano prędkość $v = 12$ m/s pionowo do góry. Jak wysoko (licząc od poziomu, na którym znajduje się środek górnej kulki) wzniosą się te kulki po zderzeniach doskonale niesprężystych?



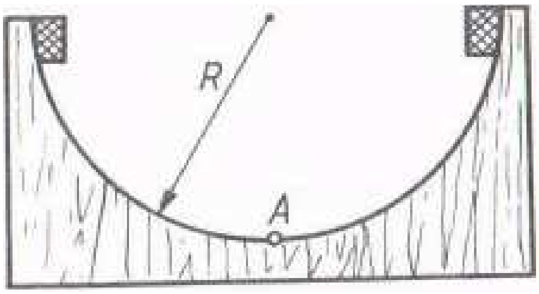
Rys. 107

389. Dwie kule zawieszone na równoległych niciach tej samej długości (rys. 108) stykają się. Kula o masie $m_1 = 0{,}2$ kg zostaje odchylona od pionu tak, że jej środek ciężkości wznosi się o h_0=4,5 cm do góry, a następnie puszczona swobodnie. Na jaką wysokość wzniosą się kule po zderzeniu doskonale niesprężystym, jeśli masa drugiej kuli wynosi $m_2 = 0{,}5$ kg?

Rys. 108



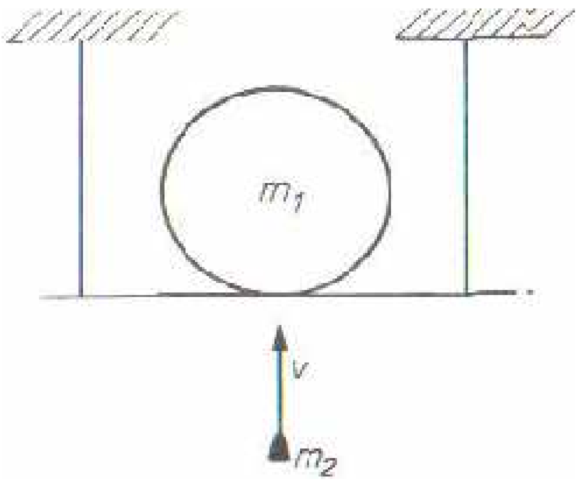
390. Dwa nieduże ciała zaczynają jednocześnie zsuwać się bez tarcia wewnątrz półkuli o promieniu $R = 0{,}6$ m (rys. 109) i zderzają się niesprężyście. Do jakiej wysokości (licząc od punktu A) wzniosą się ciała po zderzeniu, jeśli stosunek ich mas wynosi $k = 2$?



Rys. 109

391. Z wiatrówki strzelono do kawałka wosku leżącego w odległości l = 50 cm od końca stołu. śrut o masie m = l g, lecący poziomo z prędkością v = 150 m/s przebija wosk i leci dalej z prędkością 0,5 v. Masa kawałka wosku wynosi M = 50 g. Przy jakim współczynniku tarcia wosku o stół, wosk spadnie ze stołu?

392. Drewniana kula o masie m_1 = 200 g leży na cienkiej podstawce zawieszonej w powietrzu (rys. 110). Od spodu uderza w nią pocisk o masie m_2 = 2 g z prędkością v = 120 m/s i przebija na wylot tak, że kula podskakuje na wysokość h = 5 cm. Na jaką wysokość wzniesie się pocisk po przebiciu kuli przy założeniu, że podstawka nie zmieniła swojego położenia?

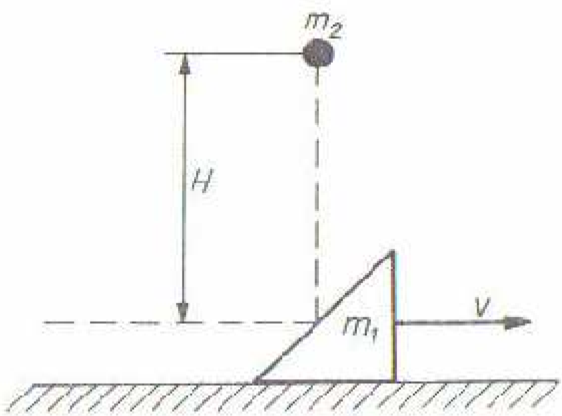


Rys. 110

393. Kula karabinowa o masie m lecąca z prędkością v_0 przebija ciężką deskę grubości d poruszającą się z prędkością u przeciwną do prędkości kuli. Z jaką prędkością wyleci kula z deski? Siły oporu ruchu F kuli w desce są stałe, a prędkość deski po przebiciu jej przez kulę nie zmienia się.

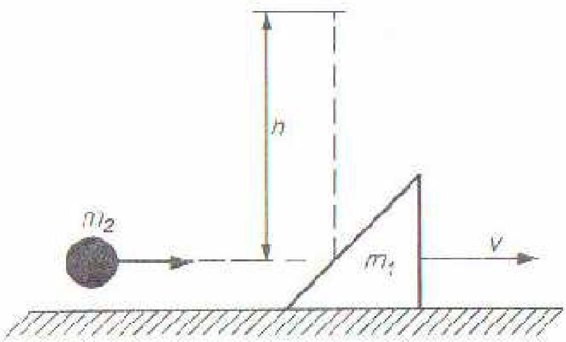
394. Na spoczywającą na gładkiej poziomej powierzchni równię pochyłą spada z wysokości H = 1,21 m mała kulka stalowa o masie m_2 = 14 g i odskakuje w kierunku poziomym (rys. 111). Oblicz prędkość, z jaką będzie poruszała się po zderzeniu równia o masie m_1 = 28 g, jeżeli zderzenie jest sprężyste, a tarcie między równią a płaszczyzną nie występuje.

Rys. 111



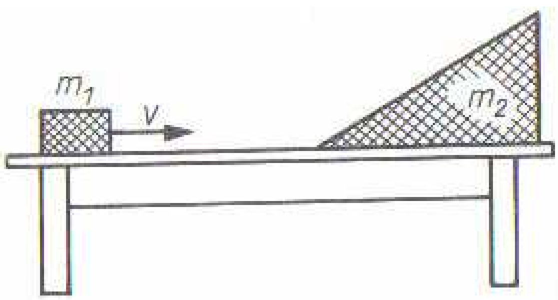
395. W równię pochyłą o masie m_1 = 0,28 kg uderza kula o masie m_2 = 0,12 kg i odbija się pionowo do góry (rys. 112). Na jaką wysokość h wzniesie się kula po zderzeniu, jeżeli równia odskakuje z prędkością, v = 1,25 m/s? Tarcie można zaniedbać, a zderzenie jest sprężyste.

Rys. 112

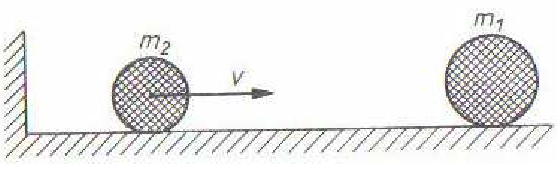


396. Po gładkim stole porusza się klocek o masie m_l = 0,02 kg (rys. 113) z prędkością t; = 2 m/s w stronę klina o masie m_2 = 0,08 kg. Jak wysoko wjedzie klocek na klin, gdy nie ma tarcia między klockiem i klinem oraz między klinem i stołem, a klocek płynnie, bez odbicia wsuwa się na klin?

Rys 113



397*. Na gładkiej, poziomej powierzchni w pewnej odległości od pionowej ściany spoczywa kulka o masie m_1. Druga kulka o masie m_2 porusza się od ściany w stronę pierwszej kulki. Następuje centralne i sprężyste zderzenie (rys. 114). Przy jakim stosunku mas $m_1 : m_2$ druga kulka doleci do ściany, odbije się od niej sprężyście i dogoni pierwszą kulkę?

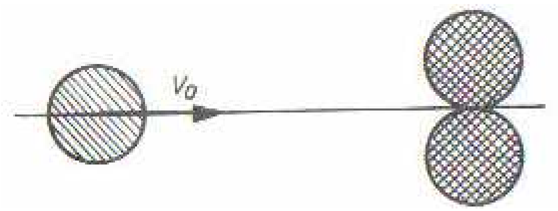


Rys 114

398*. Szybki neutron zderza się centralnie i sprężyście z atomem węgla o masie n = 12 razy większej od masy neutronu i prędkości pomijalnie małej w stosunku do prędkości neutronu. Ile razy zmniejszy się prędkość neutronu po N = 10 takich zderzeniach?

399*. Kula bilardowa poruszająca się z prędkością v_0 uderza jednocześnie w dwie identyczne kule ustawione jedna obok drugiej (rys. 115). Znajdź prędkość kul po ich sprężystym zderzeniu.

Rys.115



Bryła sztywna

13. Ruch obrotowy bryły sztywnej (kinematyka)

400. Przyjmij, że wskazówki zegara obracają się ruchem jednostajnym. Oblicz prędkość kątową wskazówek minutowej i sekundowej.

401. O jaki kąt obróci się bryła sztywna w ciągu t = 150 ms obracająca się ze stałą prędkością kątową ω = 300 1/s?

402. Wrzeciono obrabiarki zaczyna obracać się ruchem jednostajnie przyspieszonym i w ciągu t = 4 s wykonuje n = 360 obrotów. Oblicz przyspieszenie kątowe wrzeciona i jego prędkość kątową po czterech sekundach.

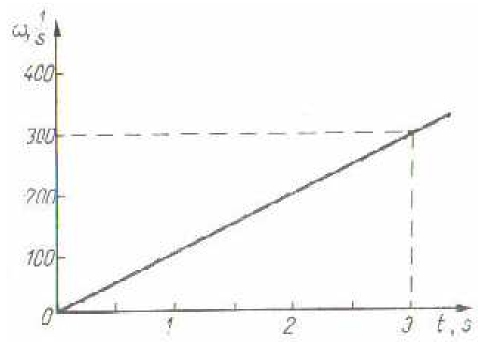
403. Silnik odkurzacza osiąga prędkość kątową ω = 5000 1/s po czasie t = 1,25 s od chwili włączenia. Oblicz przyspieszenie kątowe silnika w tym czasie przyjmując, że ruch silnika jest jednostajnie przyspieszony.

404. Koło zamachowe rozpędzone do częstotliwości f= 3000 1/min zatrzymuje się po czasie t =3 min. Ile obrotów ruchem jednostajnie opóźnionym zdoła wykonać do chwili zatrzymania?

405. Bęben wirówki obracającej się z częstotliwością f= 200 1/s wykonuje n = 600 obrotów ruchem jednostajnie opóźnionym, do chwili zatrzymania i przyspieszenie Oblicz czas hamowania i przyspieszenie kątowe bębna.

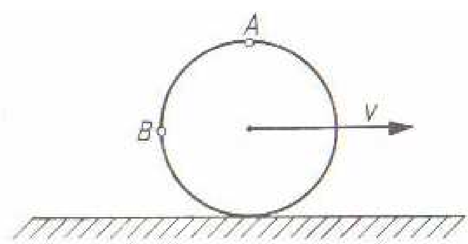
406. Na rysunku 116 pokazano zależność prędkości kątowej pewnej bryły od czasu. Oblicz przyspieszenie kątowe bryły i kąt, o jaki się obróci w czasie t = 0 do t_1 = 3 s.

Rys 116

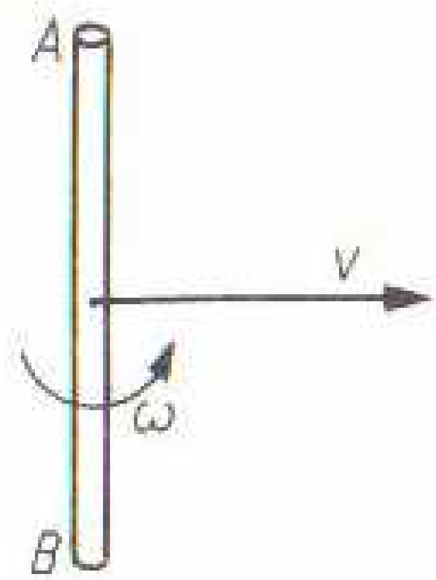


407. Bryła obracająca się początkowo z prędkością kątową ω_0 = 30 1/s obróciła się w czasie t = 2s o φ = 40 rad. Oblicz prędkość kątową bryły po tym czasie przyjmując, że ruch był jednostajnie zmienny.

408. Koło toczy się jednostajnie, bez poślizgu, po poziomej powierzchni z prędkością liniową v = 5 m/s. Oblicz prędkość punktów A i B koła względem podłoża (rys. 117).



Rys. 117



Rys. 118

409. Jednorodny pręt długości l = 1,6 m porusza się ruchem postępowym z prędkością v = 1,2 m/s oraz ruchem obrotowym wokół środka masy z prędkością kątową ω = 3 1/s (rys. 118). Oblicz prędkości liniowe obu końców pręta.

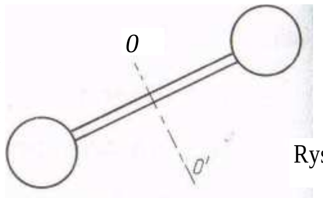
410. Samochód jadący z prędkością v_0 = 72 km/h zaczął hamować i poruszając się ruchem jednostajnie opóźnionym zatrzymał się po czasie t = 5 s. Ile obrotów wykonały koła, jeżeli ich promień wynosi R = 40 cm?

411. Koło zamachowe zwiększa prędkość kątową ω_1 = 20 1/s do ω_2 = 24 1/s w czasie Δt = 4 s. Oblicz przyspieszenie styczne punktów koła w odległości R = 6 cm od osi obrotu.

14. Ruch obrotowy bryły sztywnej (dynamika)

412. Oblicz moment bezwładności punktu materialnego o masie m = l kg i współrzędnych [x, y] = [1m, 2m] względem osi Ox.

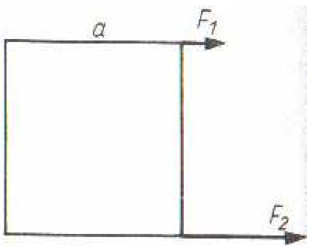
413. Oblicz moment bezwładności „hantli" (rys. 119) składającej się z cienkiego pręta o masie m_1 = 0,1 kg i długości l = 0,2 m oraz dwu kuł o masach m_2 = 0,5 kg i promieniach R = 5 cm względem osi $00'$.



Rys. 119

414. Oblicz moment bezwładności rury względem jej osi, jeśli masa rury wynosi m = 5 kg, a jej promień wewnętrzny R_1 = 0,1 m i zewnętrzny R_2 = 0,2 m.

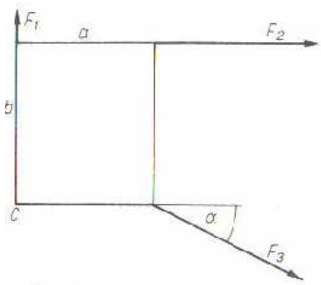
415. Oblicz wypadkowy moment sił F_1 = l N i F_2 = 3 N względem środka kwadratu o boku a=30 cm (rys. 120).



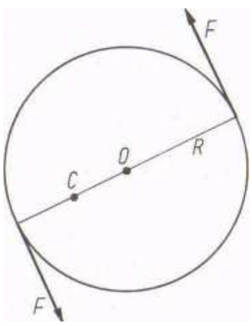
Rys.120

416. Do prostokąta o bokach a = 4 cm, b = 5 cm przyłożone są siły jak na rysunku 121. F = 10 N, F_2 = 50 N i F_3 = 60 N oraz kąt α = 30°. Oblicz wypadkowy moment sił względem punktu C.

417. Oblicz moment pary sił, działającej na kulę o promieniu R = 0,2 m względem punktu C (rys. 122). Przyjmij, że OC = x jest niewiadome, natomiast F = 100 N.



Rys. 121



Rys. 122

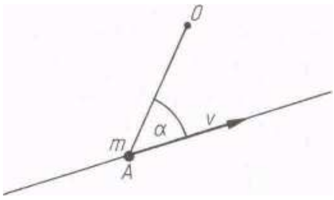
418. Oblicz moment siły $F = [F_x, F_y]$ zaczepionej w punkcie $P = [x, y]$ względem początku układu współrzędnych. Przyjmij: $F_x = 3$ N, $F_y = 4$ N, x = l m, $y = 2$ m.

419. Podaj wartość, kierunek i zwrot (względem środka Ziemi) momentu pędu ciała o masie m = l kg znajdującego się na równiku Ziemi i biorącego udział wraz z nią w ruchu dobowym. Promień Ziemi wynosi $R = 6400$ km.

420. Oblicz moment pędu ciała (względem środka okręgu) poruszającego się po okręgu z prędkością kątową $\omega = 10$ 1/s, jeżeli wiadomo, że iloczyn siły dośrodkowej działającej na to ciało i odległości ciała od osi obrotu wynosi k = 16 N•m.

421. Oblicz wartość momentu pędu względem punktu O dla punktu materialnego o masie $m = 0{,}01$ kg, poruszającego się z prędkością v= 0,3 m/s, jeśli $AO = 6$ m, a kąt $\alpha = 30°$ (rys. 123).

Rys.123

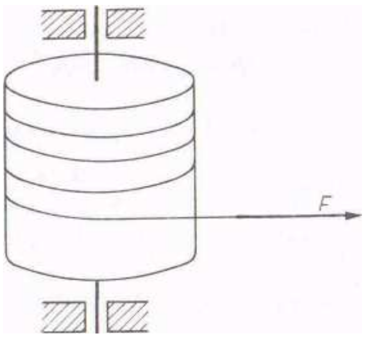


422. Kulka o bardzo małym promieniu, której masa wynosi m = l g porusza się po okręgu o promieniu $R = 12$ cm. Oblicz moment pędu tej kulki względem środka okręgu, jeżeli okres ruchu kulki wynosi T= 0,2π s.

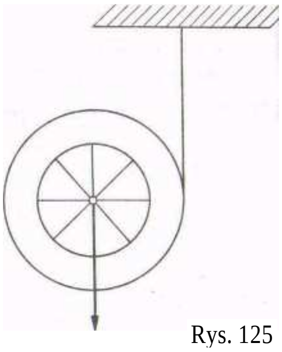
423. Jednorodny walec o masie $m = 3$ kg i promieniu $R = 20$ cm obraca się wokół osi symetrii z częstotliwością f= 100 1/s. Oblicz moment pędu walca.

424. Jednorodna kula o masie $m = 5$ kg i momencie bezwładności $I = 0{,}32$ kg • m^2 (względem średnicy) toczy się bez poślizgu z prędkością $v = 3$ m/s. Oblicz moment pędu kuli względem jej środka.

425. Na walec o masie m = 7 kg i promieniu $R = 16$ cm nawinięta jest nić. Walec może się obracać wokół pionowej osi (rys. 124). Oblicz przyspieszenie kątowe walca po przyłożeniu do nici siły F=14N.



Rys. 124

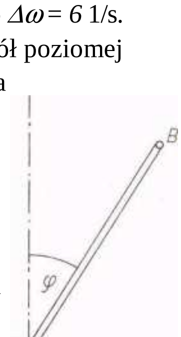


Rys. 125

426. Na obwodzie krążka o masie $m = 2$ kg, promieniu $R = 10$ cm i momencie bezwładności $I = 0{,}03$ kg • m^2 nawinięta jest nić, której drugi koniec jest zaczepiony na stałe. Oblicz przyspieszenie liniowe środka masy krążka i przyspieszenie kątowe w ruchu obrotowym, gdy krążek zaczyna opadać (rys. 125).

427. Oblicz moment siły działającej na bryłę obrotową obracającą się wokół osi symetrii i mającą względem tej osi moment bezwładności I= l kg•m^2, jeżeli po czasie $\Delta t = 3$ s jej prędkość kątowa zwiększyła się o $\Delta\omega = 6$ 1/s.

428. Jednorodny, bardzo cienki pręt o masie $m = 0{,}2$ kg i długości $l = 0{,}6$ m może obracać się wokół poziomej osi przechodzącej przez jego koniec (rys. 126). Wyraź wartość przyspieszenia liniowego końca pręta w zależności od kąta obrotu φ.



Rys. 126

429. Przy uruchomieniu silnika elektrycznego na jego wirnik o momencie bezwładności $I = 3$ kg • m^2 działa moment siły M = 30 N • m. Po jakim czasie wirnik osiągnie częstotliwość f= 1200 obr/min.

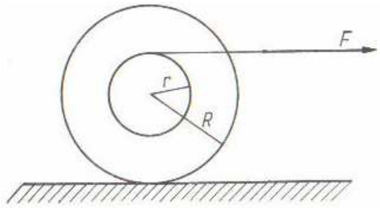
430. Turbina generatora w elektrowni ma moment bezwładności I = 2700 kg•m^2 i okres obrotu T= 0,02 s. Po wyłączeniu dopływu pary turbina zatrzymała się po czasie $t = 30$ min. Oblicz średni moment siły hamującej turbinę. Ile obrotów wykona turbina do chwili zatrzymania?

431. Bryła obracająca się ruchem jednostajnie opóźnionym wykonuje do zatrzymania się $n = 20$ obrotów w czasie t =

15 s. Oblicz opóźnienie kątowe bryły i moment siły hamującej, jeżeli moment bezwładności bryły względem osi obrotu wynosi I = 10 kg•m^2.

432. Oblicz moment bezwładności kuli o masie m = l kg i promieniu R = 20 cm, względem stycznej do tej kuli.

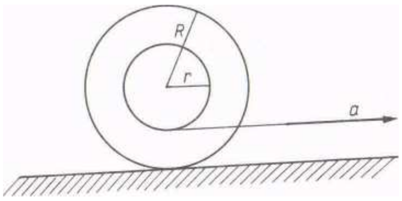
433. Na szpulkę o masie m = 0,01 kg i promieniach r = 2 cm, R = 8 cm, oraz momencie bezwładności $I = 6 \cdot 10^{-6}$ kg•m^2, nawinięta jest nitka jak na rysunku 127. Do końca nitki przyłożono poziomą siłę F = 0,001 N. Oblicz przyspieszenie liniowe szpulki, która może się toczyć po poziomej płaszczyźnie bez poślizgu.



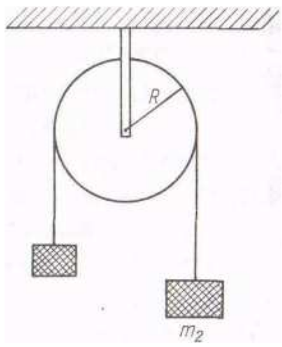
434. Cienka obręcz o promieniu R=5 cm toczy się bez poślizgu z równi pochyłej o kącie nachylenia α=30°. Jaką prędkość kątową będzie miała obręcz po czasie t=5 s od początku ruchu?

435. Szpulka ciągnięta jest za nawiniętą na nią nić z przyspieszeniem a (rys. 128). Przy jakim współczynniku tarcia szpulki o podłoże będzie się ona ślizgać nie obracając się? Odpowiednie promienie szpulki wynoszą R i r.

Rys. 128

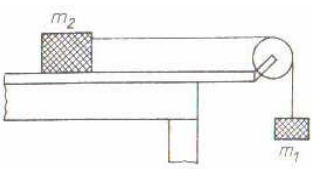


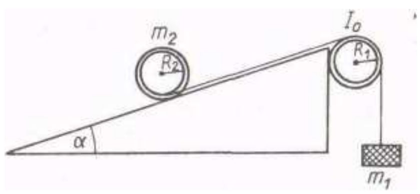
436. Na rysunku 129 pokazany jest bloczek o promieniu R = 0,2 m i momencie bezwładności I= 0,18 kg•m^2 oraz dwa klocki o masach m_1 = 3 kg i m_2 = 5 kg połączone nitką. Oblicz przyspieszenie klocków, jeżeli ruch odbywa się bez oporów.



Rys. 129

437. Oblicz przyspieszenie liniowe obciążników przedstawionych na rysunku , 130, których masy wynoszą: m_1 = 50 g i m_2 = 150 g. Współczynnik tarcia obciążnika m_2 o stół wynosi f= 0,1, natomiast moment bezwładności bloczka wynosi I = = 0,003 kg•m^2, a jego promień R = 10 cm.

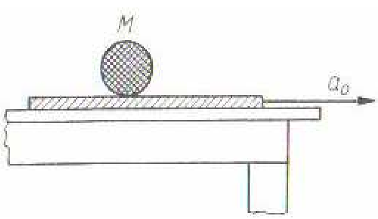




Rys. 130 Rys.131

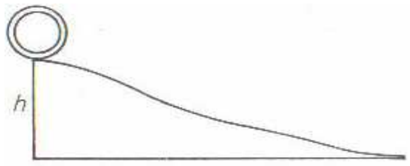
438*. Na równi pochyłej o kącie nachylenia α znajdują się trzy ciała (rys. 131): bloczek, obciążnik i walec z nawiniętą nań nitką. Oblicz przyspieszenie walca, jeżeli obciążnik i bloczek nie poruszają się (siły tarcia są do pominięcia).

439*. Na stole spoczywa listwa, a na niej jednorodna kulka o masie M. W pewnej chwili listwa zaczyna się poruszać poziomo z przyspieszeniem a_0 (rys. 132). Oblicz największe przyspieszenie a, przy którym kula nie będzie się ślizgała względem listwy. Współczynnik tarcia kuli o listwę wynosi f= 0,3.



Rys. 132

440. Cienki pierścień stacza się bez poślizgu ze stoku o wysokości $h = 2{,}5$ m (rys. 133). Oblicz prędkość pierścienia na dole stoku.



Rys. 133

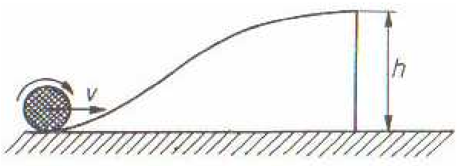
441. Wyraź energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły przez jej moment bezwładności i moment pędu.

442. Koło o masie $m = 5$ kg i promieniu $R = 0{,}6$ m oraz o momencie bezwładności $I = 1{,}2$ kg•m^2 toczy się bez poślizgu po poziomej powierzchni z prędkością $v = 6$ m/s. Pozioma siła hamująca przyłożona do środka koła wynosi $F = 10$ N. Jaką drogę przebędzie to koło do chwili zatrzymania się? Zastosuj zasadę zachowania energii mechanicznej.

443. Jednorodny walec o masie $m = 0{,}4$ kg obraca się jednostajnie wokół osi tak, że jego energia kinetyczna wynosi E = 10 J. Oblicz prędkość liniową punktów na obwodzie walca.

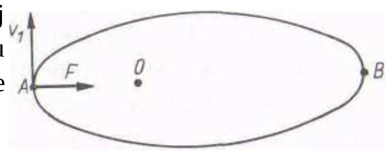
444. Jednorodna kula wtacza się bez poślizgu na stok o wysokości h z prędkością v, a następnie spada na ziemię (rys. 134). Oblicz prędkość liniową kuli w chwili upadku na ziemię.

Rys. 134



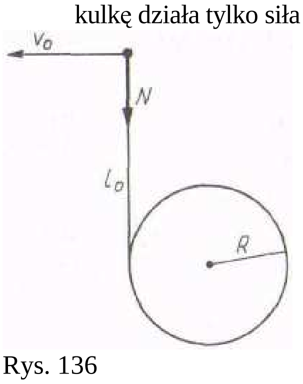
15. Zasada zachowania momentu pędu

445. Punkt materialny porusza się po elipsie pod wpływem siły centralnej skierowanej zawsze ku punktowi O (rys. 135). W punkcie A prędkość punktu materialnego wynosi v_l =30 m/s. Oblicz prędkość w punkcie B wiedząc, że OA=150 m, OB.=300 m.

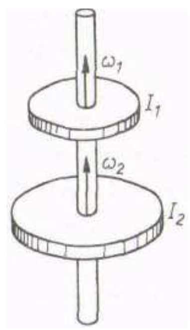


Rys. 135

446. Na walec o promieniu $R = 2$ cm nawinięto bardzo długą nić, na końcu której przyczepiono niewielką kulkę o masie $m = 5$ g (rys. 136). W chwili $t = 0$ kulce nadano prędkość początkową $v_0 = 4$ *m/s* prostopadle do napiętej nici o długości początkowe $l_0 = 0{,}5$ m. Oblicz moment pędu kulki względem środka walca i energię kinetyczną kulki w chwili, gdy punkt styczności nici z walcem przesunął się po powierzchni walca o kąt $\alpha = \pi/3$. Przyjmij, że na kulkę działa tylko siła napięcia nici N.



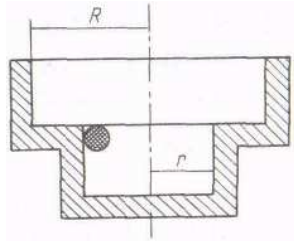
Rys. 136



Rys. 137

447. Dwa krążki o momentach bezwładności I_1 i I_2 obracają się niezależnie na wspólnym sworzniu, z prędkościami kątowymi ω i ω_2 (rys. 137). W pewnej chwili górny krążek opada na dolny i łączy się z nim dzięki siłom tarcia tak, że oba krążki poruszają się z tą samą prędkością kątową. O ile zmaleje energia kinetyczna układu?

448. Kulka porusza się po okręgu w naczyniu, którego przekrój osiowy po kazano na rysunku 138. Ile razy wzrośnie okres ruchu kulki, jeżeli wskutek wstrząśnięcia naczynia zacznie ona poruszać się po okręgu o większym promieniu?
Stosunek promieni $R:r = 1{,}5$.
Promień kulki można zaniedbać.



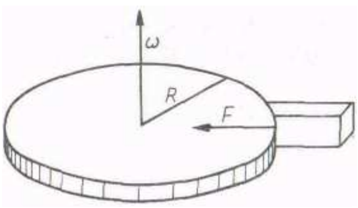
Rys. 138

449*. Dwa pręty o jednakowych masach i długościach l_t = 0,5 m i 1_2 = l m mogą swobodnie obracać się wokół pionowych osi przechodzących przez ich środki (rys. 139). W pewnej chwili prętowi pierwszemu nadano prędkość kątową $\omega_0 = 20\ \pi$ 1/s. Pręty zderzają się sprężyście swoimi końcami tak, że po zderzeniu jeden z nich zatrzymuje się, a drugi zaczyna się obracać. Oblicz czas upływający między kolejnymi zderzeniami.

Rys 139

450. Symetryczna bryła o momencie bezwładności $I = 0{,}1\pi$ kg•m^2 obraca się swobodnie wokół głównej osi symetrii z prędkością kątową $\omega = 20$ rad/s. W pewnej chwili, dzięki wewnętrznemu (symetrycznemu) przesunięciu mas, moment bezwładności staje się równy $I_1 = 3$ kg•m^2. Oblicz okres obrotu bryły po zmianie.

451. Do koła zamachowego o momencie bezwładności $I = 300$ kg•m^2 obracającego się z częstotliwością $v = 10$ 1/s przyłożono klocek hamulcowy dociskany siłą F = 10 kN (rys. 140). Ile wynosi współczynnik tarcia klocka o koło zamachowe, jeżeli zatrzymało się ono po wykonaniu $n = 6$ obrotów? Promień koła wynosi $R = 2$ m.

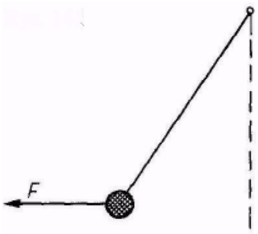


Rys. 140

452. Na środku tarczy o momencie bezwładności $I_0 = 1920$ kg•m^2, obracającej się swobodnie wokół pionowej osi, stoi człowiek o masie $m = 60$ kg. W pewnej chwili człowiek przechodzi na brzeg tarczy tak, że prędkość kątowa maleje $n = 1{,}5$ raza. Oblicz promień tarczy pomijając moment bezwładności człowieka względem pionowej osi ciała.

16. Statyka

453. Kula o ciężarze Q = 40 N wisząca na nici jest odciągana poziomo siłą F=30 N (rys. 141). Oblicz siłę napięcia nici, jeśli kula jest nieruchoma.



Rys.141

454. Do środka masy ciała przyłożone są dwie siły F_1 = 30 N i F_2 = 40 N pod kątem prostym względem siebie. Oblicz wartość trzeciej siły, którą trzeba przyłożyć do ciała, aby pozostało w równowadze.

455. Skrzynia o ciężarze Q = 3000 N wisi na dwu linach tworzących z pionem kąty α = 30° i β = 60°. Oblicz siły, jakimi liny działają na skrzynię.

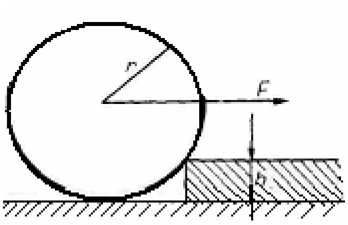
456. Na równi pochyłej o kącie nachylenia α = 30° spoczywa klocek o ciężarze Q = 120 N. Oblicz siłę tarcia utrzymującą klocek w równowadze oraz siłę nacisku klocka na równię.

457. Jednorodny pręt, z przyczepionym do jednego końca obciążnikiem o masie m = 1,8 kg, znajduje się w równowadze, jeżeli jest podparty w odległości 0,2 l od obciążnika. Znajdź masę pręta, którego długość wynosi l.

458. Jednorodna belka leży na stole w ten sposób, że jej $\frac{1}{4}$ długości wystaje poza stół. Do wystającego końca przyłożono pionowo w dół siłę F = 400 N, pod działaniem której drugi koniec belki zaczął podnosić się do góry. Wyznacz masę belki.

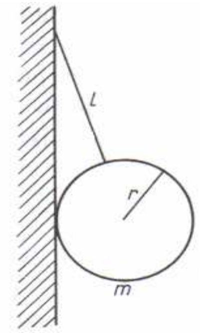
459. Dwaj mężczyźni niosą belkę o ciężarze Q = 900 N. Jeden z nich trzyma ją za koniec, a drugi w $\frac{1}{4}$ odległości od drugiego końca. Oblicz siły, jakimi działają oni na belkę.

460*. Kulę o masie m należy wtoczyć na podwyższenie o wysokości h (rys. 142). Jaką minimalną siłę F należy przyłożyć do tej kuli, aby ją wtoczyć, jeżeli promień kuli r jest większy od h?



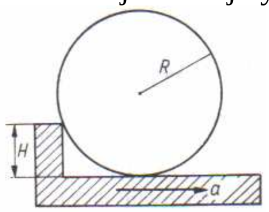
Rys. 142

461. Na gładkiej ścianie powieszono na nici długości l= 20 cm kulę o masie m = 50 g i promieniu r = 6,9 cm (rys.143). Znajdź siłę, z jaką kulka działa na ścianę.



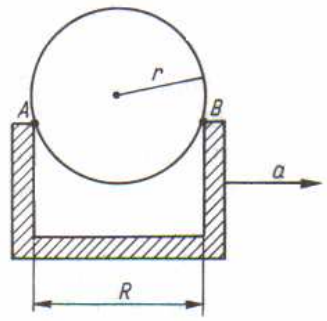
Rys. 143

462*. Przy jakim minimalnym przyspieszeniu a kulka spadnie z deski (rys.144), jeżeli stosunek *H: R* jest mniejszy od jedności?



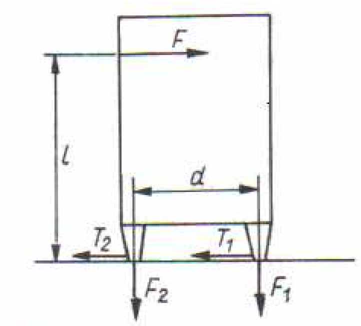
Rys. 144

463*. Kulka o masie m = 3,5 g spoczywa na podstawce (rys. 145). Podstawka porusza się z przyspieszeniem $a = 1{,}2\ \frac{m}{s^2}$ w prawo. Oblicz siły, jakimi kulka działa na podstawkę w punktach *A* i *B* przy braku tarcia. Promień kulki wynosi *r* = 1,2 cm, a odległość między podpórkami *R* = *2* cm..



Rys. 145

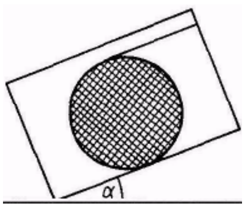
464. Na szafę o ciężarze *Q* = 800 N działa pozioma siła *F* = 200 N przyłożona na wysokości l= 1,2 m od podłogi (rys. 146). Oblicz siły, jakimi nogi szafy naciskają na podłogę, jeżeli szafa jest w równowadze, a odległość między jej nogami wynosi *d* = 80 cm.



Rys. 146

465*. Niejednorodny walec o promieniu $R = 5$ cm, którego środek ciężkości znajduje się w odległości a = 3 cm od osi symetrii, położono na równi pochyłej. Oblicz najmniejszy współczynnik tarcia i kąt nachylenia równi do poziomu, przy którym walec może pozostawać w spoczynku.

466. W pudełku, jak na rysunku 147, nachylonym do poziomu pod kątem α znajduje się kulka, której górną część przymocowane ściany pudełka. Przy jakim kącie nachylenia α kulka przestanie znajdować się w równowadze, jeśli współczynnik tarcia kulki o pudełko wynosi $f = 0{,}5$.

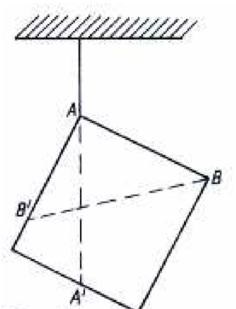


Rys.147

467. Przy dokładnym ważeniu na wadze analitycznej położono ważone ciało na szalce I, a odważniki na szalce II i otrzymano masę ciała m_1. Następnie zamieniono miejscami odważniki z ważonym ciałem i otrzymano masę m_2. Zakładając, że przyczyną otrzymana różnych wyników ważenia była niejednakowa długość ramion wagi, wylicz właściwą masę ciała.

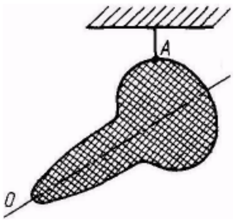
468. Jednorodna deska oparta jest o ścianę i podłogę. Przyjmując, że tarcie występuje tylko między deską i podłogą, wyznacz najmniejszy kąt α, jaki deska pozostająca w równowadze może tworzyć z poziomem. Współczynnik tarcia wynosi $f = 0{,}3$.

469. Niejednorodny kwadrat zawieszono na nitce w punkcie A i wówczas przedłużenie pionowe nici przecina bok kwadratu w punkcie A'. Jeśli kwadrat zawiesić w punkcie B, to przedłużenie nici przetnie bok kwadratu w punkcie B' (rys. 148). Wyznacz graficznie położenie środka ciężkości kwadratu.



Rys. 148

470. Niejednorodna bryła o osi symetrii wisi $00'$ zaczepiona w punkcie A tak , jak na rysunku 149. Wyznacz graficznie położenie środka masy bryły.



Rys. 149

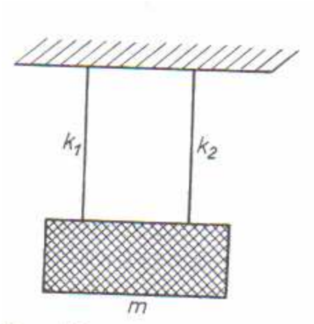
Ośrodki ciągłe

17. Sprężystość ciał (prawo Hooke'a)

471. Gumka wisząca swobodnie ma długość 1_0 = 15 cm. Po zawieszeniu na jej końcu ciała o masie m = 10 g, jej długość wynosi l= 16 cm. Oblicz współczynnik sprężystości k gumki.

472. Jedna sprężynka o pomijalnie małej masie i o stałej sprężystości $k_1=60\ \frac{N}{m}$ zawieszona jest górnym końcem i wisi pionowo. Do jej dolnego końca doczepiono drugą sprężynkę o pomijalnie małej masie i o stałej sprężystości $k_2 = 40\ \frac{N}{m}$,do końca której przyczepiono ciało o masie m =240 g. Oblicz łączne wydłużenie sprężynek..

473. Do dwu gumek jednakowej długości i różnych stałych sprężystości $k_1= 40\frac{N}{m}$ i $k_2=60\frac{N}{m}$ zawieszono ciało o masie m=240g, jak na rysunku 150.Oblicz wydłużenie gumek.



Rys. 150

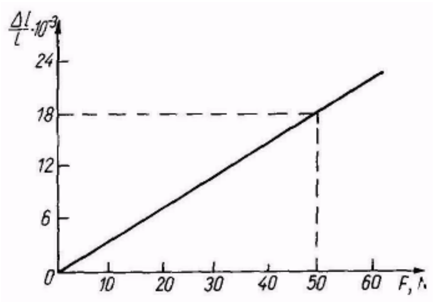
474. Gumka długości l, o polu przekroju poprzecznego S i module Younga E, po zawieszeniu na niej pewnego obciążnika wydłuża się o x. O ile wydłuży się ta gumka po złożeniu jej na połowę i zawieszeniu na niej tego samego obciążnika?

475. Jaką największą długość może mieć drut ołowiany, aby wisząc pionowo nie uległ zerwaniu pod wpływem własnego ciężaru? Gęstość ołowiu p = $11300\frac{kg}{m^3}$ Granica wytrzymałości na zerwanie $W=2,0*10^7\ \frac{N}{m^2}$.

476. Pręt ołowiany długości l= 2,5 m podnoszony jest do góry pod działaniem siły przyłożonej do górnego końca pręta. Przy jakim przyspieszeniu nastąpi zerwanie pręta?

Gęstość ołowiu $\rho=11\ 300\frac{kg}{m^3}$ natomiast granica wytrzymałości na zerwanie wynosi $W=2{,}0*10^7\frac{N}{m^2}$.

477. Przy rozciąganiu drutu mosiężnego o średnicy d = 0,2 mm uzyskano wykres zależności wydłużenia względnego od obciążenia przedstawiony na rysunku 151. Oblicz moduł Younga dla mosiądzu.



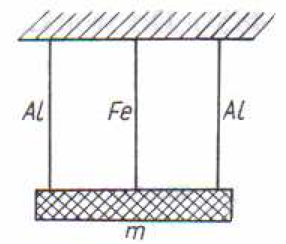
Rys. 151

478. W jakim stosunku powinny się mieć do siebie średnice dwu prętów :aluminiowego i stalowego o jednakowej długości, aby przy jednakowych siłach działających na ich końce, wydłużenie było jednakowe? ? Moduły Younga: stali $E_1=2{,}1*10^{11}\frac{N}{m^2}$ i aluminium $E_2=7*10^{10}\frac{N}{m^2}$.

479. Na sześcianie o boku a = 10 cm, gęstości ρ= 2000 $\frac{kg}{m^3}$ i o module sprężystości E = $9{,}6*10^6\frac{N}{m^2}$ położono, jeden na drugim, n = 12 takich samych sześcianów. Oblicz zmianę objętości dolnego sześcianu.

480. Oblicz względne wydłużenie pręta aluminiowego długości l=3m wywołane działaniem sił rozciągających takich, że gdyby działała tylko jedna z sił, to pręt poruszałby się z przyspieszeniem $a=10\ \frac{m}{s^2}$.Gęstość aluminium wynosi ρ = 2700 $\frac{kg}{m^3}$, a moduł Younga $E= 7*10^{10}\frac{N}{m^2}$.

481. Jednorodny pręt ołowiany o masie m = 100 kg wisi na trzech drutach o jednakowej średnicy i długości (rys. 152). Oblicz napięcie drutów, z których środkowy jest ze stali, a boczne z aluminium. Przyjmij, że moduł Younga jest n = 3 razy mniejszy dla aluminium niż dla stali.



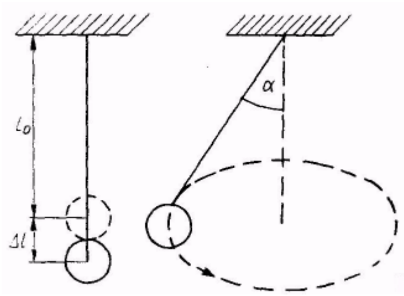
Rys. 152

482. Jakie największe wydłużenie względne $\frac{\Delta l}{l}$ można uzyskać przy rozciąganiu drutu stalowego, gdyby wydłużenie było proporcjonalne do naprężenia aż do granicy wytrzymałości na zerwanie? Granica wytrzymałości na zerwanie wynosi W=1,5*10$^9 \frac{N}{m^2}$,natomiast moduł Younga E=2,1*10$^{11} \frac{N}{m^2}$.

483. Drut stalowy o średnicy d = 0,001 m ma długość l = 5 m, gdy jest obciążony obciążnikiem o masie m = 20 kg. O ile wydłuży się drut, gdy obciążymy go dodatkowym obciążnikiem o masie

Δm= 30 kg? Moduł Younga stali wynosi $E = 2{,}1 \bullet 10^{11} \frac{N}{m^2}$

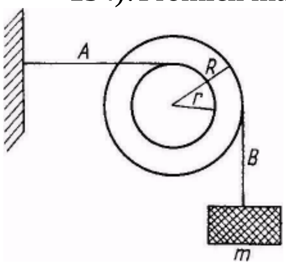
484. Obciążnik o masie m = 0,5 kg zawieszono na gumowym sznurze i stwierdzono, że sznur wydłużył się o Δl = l cm. Następnie obciążnik zaczęto obracać w płaszczyźnie poziomej tak, że sznur tworzy kąt $\alpha = 60°$ z pionem (rys. 153). Oblicz wydłużenie sznura przy obracaniu.



Rys. 153

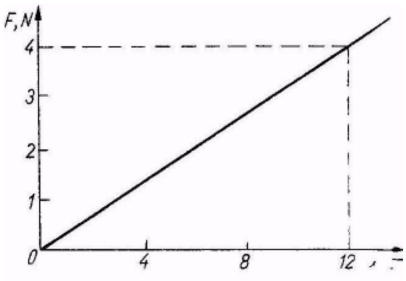
485*. Do środka dużej, poziomej tarczy mogącej obracać się wokół pionowej osi przymocowany jest jeden koniec gumki długości o polu przekroju poprzecznego S i module Younga E. Do drugiego końca zaczepiono małą kulkę o masie m. Oblicz wydłużenie gumki, gdy cały układ obraca się z prędkością kątową ω. Co się stanie, gdy $\omega^2 = \frac{ES}{ml_0}$?

486. Do podwójnego krążka mogącego obracać się wokół poziomej osi umocowana jest kauczukowa nitka A *o* współczynniku sprężystości $k = 5 \frac{N}{m}$.*O* jaki kąt obróci się cały krążek, jeżeli do nici B zostanie przyczepiony obciążnik o masie m = 100 g (rys. 154)?Promień małego krążka r = 40 cm, a dużego R = 120 cm.



Rys. 154

487. Wykres zależności siły F rozciągającej sprężynę od jej wydłużenia przedstawiono na rysunku 155. Oblicz energię zmagazynowaną w sprężynie przy jej wydłużeniu o Δl = 5 cm.



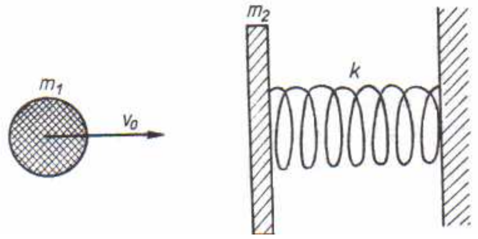
Rys. 155

488. Człowiek o masie m = 60 kg stojąc na batucie powoduje jej ugięcie o a = 8 cm. O ile ugnie się batuta, jeżeli człowiek skoczy na nią z wysokości h =5 m?

489. Oblicz względne wydłużenie pręta miedzianego o polu przekroju poprzecznego S = l cm^2 i długości l= 2 m, jeżeli przy jego rozciąganiu wykonano pracę W = 0,12 J. Moduł Younga miedzi wynosi E = $1{,}2 \cdot 10^{11} \frac{N}{m^2}$.

490. Dwa wagony kolejowe o masie m = 20 t każdy, poruszają się naprzeciw siebie z taką samą co do wartości prędkością $v = 2 \frac{m}{s}$ i zderzają się. O ile skrócą się przy zderzeniu sprężyny zderzaków, jeżeli pod działaniem siły $F = 4 \cdot 10^4$ N sprężyna skraca się o Δl = l cm. Załóż, że ugięcie sprężyn jest wprost proporcjonalne do przyłożonej siły.

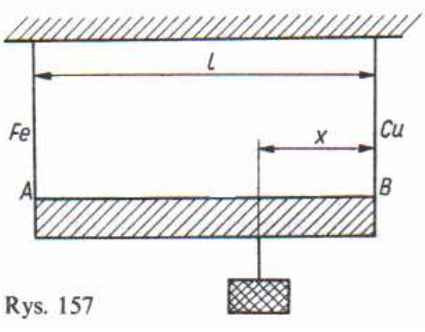
491. Ciało o masie m_1 = 0,75 kg poruszające się z prędkością $v_0 = 6 \frac{m}{s}$ zderza się doskonale niesprężyście z płytką o masie m_2 = 0,50 kg osadzoną na sprężynie o stałej sprężystości $k = 20 \frac{N}{m}$ (rys. 156).Oblicz największe ugięcie sprężyny.



Rys. 156

492. Przy rozciąganiu pręta metalowego wykonano pracę W= 3 kJ. Największa siła przy rozciąganiu pręta wynosiła F = 1000 kN. Oblicz maksymalne wydłużenie pręta.

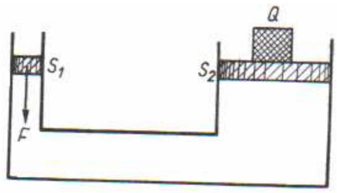
493. Na dwóch drutach: stalowym i miedzianym o jednakowych długościach i polach przekroju poprzecznego, wisi dokładnie pozioma listwa długości l = 0,8 m, której ciężar można zaniedbać (rys. 157). W jakiej odległości od punktu B można zawiesić obciążnik, aby listwa pozostawała w pozycji poziomej (rys. 157)? Moduł Younga stali $E_1 = 2{,}1 \cdot 10^{11} \frac{N}{m^2}$,natomiast miedzi $E_2 = 1{,}2 \cdot 10^{11} \frac{N}{m^2}$.



Rys. 157

18. Ciecze

494. Pola przekrojów poprzecznych tłoków podnośnika hydraulicznego wynoszą S_1 = 50 cm^2 i S_2 = 600 cm^2. Jaką siłą F trzeba działać na mniejszy tłok, aby podnieść ciało o ciężarze Q = 1200 N(rys. 158)?



Rys. 158

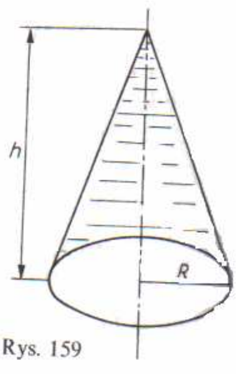
495. Do naczynia w kształcie walca o promieniu podstawy $R = 5\ cm$ wlano $V = \pi$ dm^3 wody o gęstości p = 1000 $\frac{kg}{m^3}$ .Oblicz ciśnienie hydrostatyczne na wysokości h = 10 cm nad dnem naczynia.

496. Jaką grubość miałaby warstwa ciekłego powietrza, gdyby uległo ono na Ziemi całkowitemu skropleniu? Przyjmij, że gęstość ciekła powietrza równa jest p = 1000 $\frac{kg}{m^3}$, a średnie ciśnienie atmosferyczne wynosi p = l O^5 Pa.

497. Do cylindrycznego naczynia nalano jednakowe masy wody i rtęć. Całkowita wysokość słupa cieczy w naczyniu wynosiła h = 146 cr_ Wyznacz ciśnienie cieczy na dno naczynia. Gęstość rtęci $p_l=13{,}6*10^3 \frac{kg}{m^3}$, *a wody* $\rho_2=1000 \frac{kg}{m^3}$.

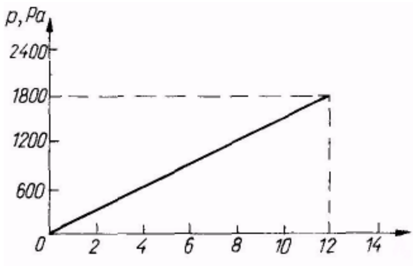
498. Jaką wysokość h powinna mieć ciecz w naczyniu prostopadłościennym o podstawie kwadratowej o boku a = 10 cm, aby siła F, jaką ciecz działa na ściankę naczynia, była równa sile działania na dno?

499. Do naczynia w kształcie stożka wlano ciecz o ciężarze Q całkowicie wypełniającą naczynie (rys. 159). Oblicz parcie cieczy na dno stożka. Objętość stożka $V= \frac{1}{3}\pi R^2 h$.



Rys. 159

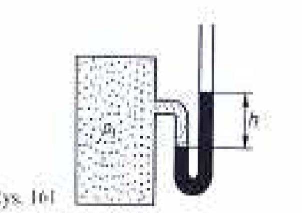
500. Na rysunku 160 pokazano zależność ciśnienia hydrostatycznego od głębokości pod powierzchnią cieczy. Oblicz gęstość cieczy.



Rys. 160

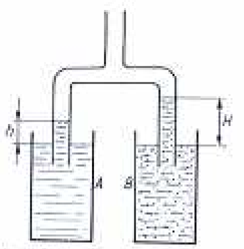
501. W naczyniach połączonych o jednakowych polach przekroju poprzecznego S = 12 cm^2 znajduje się rtęć o gęstości $p = 13{,}6\text{-}10^3\ \frac{kg}{m^3}$. Do jednego z naczyń wlano m = l kg wody, w której pływa drewniany klocek o ciężarze Q = 1,5 N. Oblicz różnicę poziomów rtęci w obu naczyniach..

502. Wygięta rurka z otwartym górnym końcem przymocowana jest do zamkniętego naczynia (rys. 161). Gdy ciśnienie gazu w naczyniu wynosi p_1 = l 0^5 Pa, wówczas różnica poziomów rtęci ($p = 13{,}6*10^3\ \frac{kg}{m^3}$) w ramionach rurki wynosi h = 0,1 m. Jaka będzie różnica wysokości poziomów rtęci w rurce, jeżeli przy niezmienionym ciśnieniu atmosferycznym ciśnienie gazu w naczyniu wzrośnie do p_2= l,36*10^5 Pa?



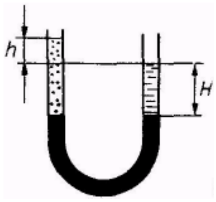
Rys. 161

503. Końce rozdwojonej rurki szklanej włożono do naczyń A i B zawierających różne ciecze (rys. 162). Przez górny koniec rurki odpompowano trochę powietrza tak, że poziom cieczy w lewej rurce podniósł się ponad poziom cieczy o h = 10 cm, a w prawej o H = 12 cm. Oblicz gęstość cieczy w naczyniu B, jeżeli w naczyniu A znajdowała się woda o gęstości $\rho_A = 1000\frac{kg}{m^3}$.



Rys. 162

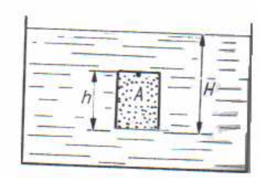
504*. W rurce o kształcie litery U znajdują się dwie ciecze przedzielone słupkiem rtęci (rys. 163). W lewej części mieszanina alkoholu z gliceryną, a w prawej woda. Poziom cieczy w lewym ramieniu jest o h = l cm wyższy od poziomu w prawym, a poziomy rtęci są na jednakowej wysokości. Wysokość słupa wody wynosi H = 8 cm. W jakim stosunku wagowym wymieszana jest gliceryna z alkoholem? $P_g = 1260\ \frac{kg}{m^3}$, $p_a = 800\ \frac{kg}{m^3}$.



Rys. 163

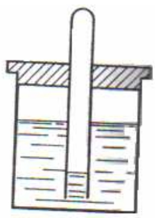
505. W rurce o kształcie litery U znajduje się rtęć. Do jednego z ramion wlano wody, która utworzyła słupek o wysokości h = 32cm a następnie do obu ramion nalano nafty, aż do końców ri znajdujących się na jednakowym poziomie. Oblicz gęstość nafty wiedząc, że różnica poziomów rtęci wynosi H = 0,5 cm, gęstość rtęci ρ_r=13 600 $\frac{kg}{m^3}$,a wody ρ_w=1000$\frac{kg}{m^3}$.

506. Szklankę o wysokości h = 10 cm wypełnioną olejem o gęstości p = 900 $\frac{kg}{m^3}$ zanurzono do wody dnem do góry (rys. 164). Jakie ciśnienie panuje w szklance w punkcie A przy jej dnie, jeżeli wiadomo, że dolny brzeg szklanki odległy jest od powierzchni wody o H = 30 cm? Ciśnienie atmosferyczne wynosi p_0 = 10^5 Pa, , gęstość wody p_w = 1000 $\frac{kg}{m^3}$.

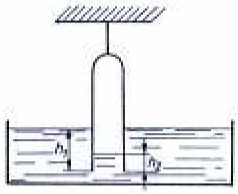


Rys. 164

507. Otwarta probówka zanurzona jest dnem do góry w naczyniu z wodą (rys. 165). Jak zmieni się poziom wody w probówce, gdy całość zacznie swobodnie spadać?


Rys. 165

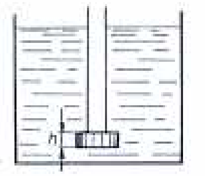
508. Otwarta od dołu rurka o ciężarze Q = 6,76 N i polu przekroju poprzecznego S = 36 cm^2 wisi na nitce (rys. 166) zanurzona w wodzie do głębokości h_1 = 12 cm. Woda w rurce jest o h_2 =7 cm powyżej dolnej krawędzi rurki. Pomijając objętość szkła zanurzonego w wodzie oblicz naprężenie nitki. p_w = 1000 $\frac{kg}{m^3}$



Rys. 166

509. Do naczyń połączonych nalano rtęci tak, że odległość poziomu rtęci od górnego końca ramion naczyń wynosiła d. Pole przekroju poprzecznego jednego z ramion naczynia jest dwa razy większe od pola przekroju poprzecznego drugiego ramienia. Do szerszego ramienia nalano do pełna wody. O jaką wysokość podniósł się poziom rtęci w węższym ramieniu? Gęstości rtęci i wody przyjąć odpowiednio p_1 i p_2.

510. W naczyniu z wodą znajduje się długa rurka szklana o średnicy d = 5 cm, do której od spodu dociskany jest ciśnieniem wody walec wysokości h = 5 cm i średnicy D = 10 cm, wykonany z materiału o gęstości $p = 2700 \frac{kg}{m^3}$ (rys. 167). Rurkę zaczęto powoli wyciągać z wody. Na jakiej wysokości, mierząc od powierzchni wody, walec odpadnie od rurki? Gęstość wody $p_w =$ $=1000 \frac{kg}{m^3}$.

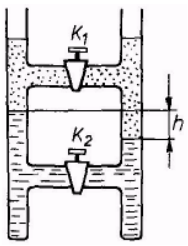


Rys. 167

511. Podwójna rurka połączona jest przelotami z kranami K_1 i K_2 (rys. 168). W rurkach znajduje się woda i nafta; górne poziomy nafty znajdują się na jednakowej wysokości, a różnica między dolnymi poziomami wynosi $h = 6$ cm.

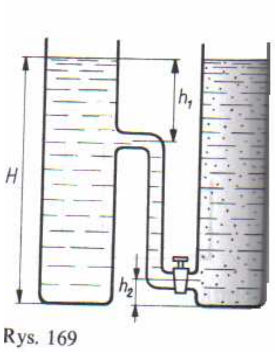
a. O ile opadnie poziom wody w lewym naczyniu po otwarciu obu kranów?

b. O ile podniesie się poziom nafty w prawym naczyniu po otwarciu tylko kranu K_2? Gęstości wody i nafty wynoszą odpowiednio $p_w = 1000 \frac{kg}{m^3}$ i $p_n = 800 \frac{kg}{m^3}$.



Rys. 168

512*. Dwa jednakowe naczynia połączone są cienką rurką z kranem jak na rysunku 169. W lewym naczyniu znajduje się woda, której gęstość wynosi $p_1 = 1000 \frac{kg}{m^3}$, w prawym olej o gęstości $p_2 = 800 \frac{kg}{m^3}$. Wysokości obydwu cieczy są jednakowe i wynoszą $H = 1$ m. Na jakich poziomach ustali się równowaga słupów cieczy, kiedy kranik zostanie otwarty? ($h_1 = 15$ cm, $H_2 = 5$ cm)



Rys. 169

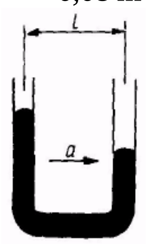
513. Rurka w kształcie litery U napełniona jest rtęcią i obraca wokół pionowej osi symetrii jednego z ramion rurki. Oblicz okres obrotu, gdy różnica poziomów rtęci w obu ramionach wynosi $h = 6$ cm, a odległość między osiami ramion rurki $l = 3$ cm.

514. W rurce zgiętej w kształcie litery L otwartej z obu stron, znajduje się ciecz (rys. 170). Z ja kim przyspieszeniem i w jakim kierunku powinna poruszać się rurka, aby ciecz nie wylewała się z niej? Długość części poziomej rurki wynosi $l_1 = 4$ cm, a długość części

pionowej
rurki l_2 = *6* cm. *Łączna*, długość słupów cieczy wynosi l_3 = *6* cm.

Rys. 170

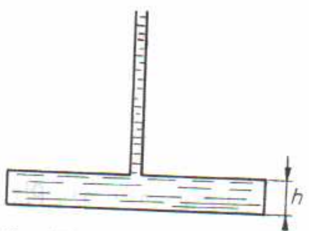
515. Zgięta rurka z cieczą porusza się w kierunku poziomym z przyspieszeniem a = 0,98$\frac{m}{s^2}$. Ile wynosi różnica poziomów cieczy w obu ramionach rurki, której osie symetrii odległe są o l= 0,08 m (rys. 171)?



Rys. 171

516. W ramionach rurki o kształcie litery U woda i rtęć znajdują się w stanie równowagi. Czy ten stan zmieni się, jeżeli na powierzchnię obu cieczy zostaną położone jednakowe kawałki drewna? Uzasadnij odpowiedź.

517. Płaskie naczynie o polu przekroju dna S_1 = 100 cm^2 i wysokości h = 1 cm zaopatrzone jest w rurkę pionową o polu przekroju poprzecznego S_2 = 1 cm^2 i wysokości 1 m. Do naczynia wlano m = 150 g wody *(p* = 1000$\frac{kg}{m^3}$). Ile razy parcie wody na dno naczynia jest większe od jej ciężaru (rys. 172)?



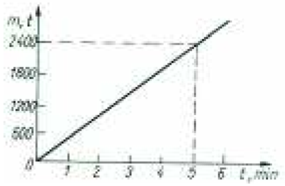
Rys. 172

518. Rurą wodociągową o średnicy wewnętrznej d = *5* cm płynie woda (p = 1000 $\frac{kg}{m^3}$) z prędkością v=4$\frac{m}{s}$. Jaka masa wody przepływa przez przekrój poprzeczny rury w czasie t = 1 min?

519. Z rury o polu przekroju poprzecznego S = 5 cm^2 wypływa woda w ilości q = *5*$\frac{dm^3}{s}$. Z jaką prędkością wypływa woda z wylotu rury?
s

520. W strzykawce pole przekroju poprzecznego tłoka wynosi S_1= 1 cm^2, a wylot ma pole przekroju poprzecznego wynoszące S_2 =*2* mm^2.Ile cieczy o gęstości ρ=1200$\frac{kg}{m^3}$ wypłynie ze strzykawki w czasie t = 10 s, jeżeli tłok porusza się z prędkością v = 5 $\frac{mm}{s}$? Z jaką prędkością wypływa ciecz z wylotu strzykawki?

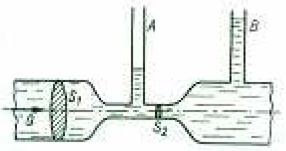
521. Zależność masy ropy naftowej o gęstości $p = 800\frac{kg}{m^3}$, przepływającej rurociągiem o polu przekroju poprzecznego $S = 0{,}4\ \mathrm{m}^2$, od czasu pokazano na rysunku 173. *Z jaką* prędkością płynie ropa w rurociągu?



Rys. 173

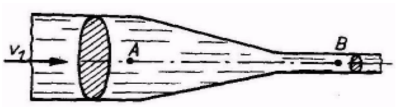
522. Z jaką prędkością wypływa idealna ciecz z naczynia przez mały otwór w dnie, jeśli wysokość słupa cieczy wynosi $h = 45$ cm?

523*. Pewien typ przepływomierza pokazany jest na rysunku 174.Oblicz różnicę poziomów wody w rurkach *A* i *B*, jeżeli przez przepływomierz płynie $q = 120\frac{m^3}{h}$ wody, a pola przekrojów rur wynoszą $S_1 = 0{,}1\ \mathrm{m}^2$, $S_2 = 0{,}01\ \mathrm{m}^2$.



Rys. 174

524. W zwężającej się rurze płynie ciecz idealna o gęstości $p = 800\ \frac{kg}{m^3}$.Oblicz różnicę ciśnienia między punktami *A* i *B* w cieczy, gdy w szerszej części rury płynie ona z prędkością $v_1 = 10\ \frac{m}{s}$, a stosunek średnic rury $k = 4$ (rys. 175).

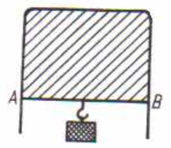


Rys. 175

525. W strzykawce o pojemności $V = 2\ \mathrm{cm}^3$ tłok ma pole przekroju $S_1 = 2\ \mathrm{cm}^2$, a otwór igły pole przekroju $S_2 = 2\ \mathrm{mm}^2$ (rys. 176). Jaką siłą trzeba przesuwać tłok strzykawki, aby opróżnić ją z idealnej cieczy o gęstości $p = 1000\ \frac{kg}{m^3}$, w czasie $t = 20$ s?

Rys. 176

526. Ramka z drutu wypełniona jest błonką wody mydlanej (rys. 177). Bok *AB* ramki długości l = 60 cm jest ruchomy. O jakiej masie obciążnik należy doczepić do boku *AB*, aby błonka pozostała w równowadze? Napięcie powierzchniowe wody z mydłem $\sigma = 0{,}005\ \frac{N}{m}$.

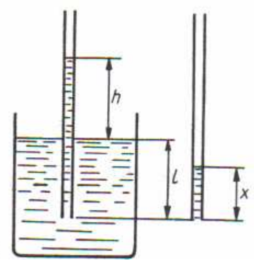


Rys. 177

527. Jaką pracę trzeba wykonać, aby rozciągnąć prostokątną błonkę powierzchniową cieczy od wymiarów $a = 5$ cm, $b_1 = 6$ cm do wymiarów $a = 5$ cm, $b_2 = 12$ cm? Napięcie powierzchniowe cieczy $\sigma = 0{,}1\ \frac{N}{m}$.

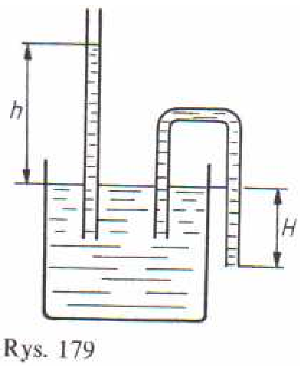
528. Na jaką wysokość wzniesie się ciecz o gęstości *p i* napięciu powierzchniowym σ w rurce kapilarnej o średnicy wewnętrznej *d*, jeżeli można przyjąć, że menisk tworzy powierzchnię półkuli?

529. W rurce włoskowatej zanurzonej pionowo do wody na głębokość l= 12 cm, woda podnosi się do wysokości $h = 8$ cm (rys. 178). Po zatkaniu dolnego końca rurki zostaje ona wyjęta z wody i dolny koniec zostaje zwolniony. Jakiej długości słupek wody *x* pozostanie w rurce? Menisk dolny i górny mają ten sam kształt.



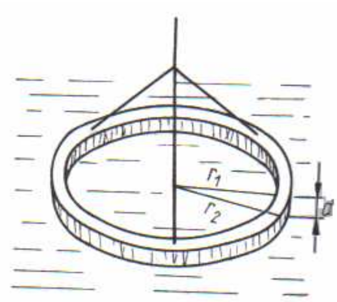
Rys. 178

530. Do naczynia z wodą wstawiono dwie rurki włoskowate o jednakowej średnicy wewnętrznej (rys. 179). W prostej rurce woda podnosi się do wysokości *h.* Jaki będzie menisk w drugiej, zagięty rurce i na jakim poziomie ustali się w następujących przypadkach: a) $H > h$, b) $H = h$, c) $0 < H < h$, d) $H = 0$, e) $H < 0$?



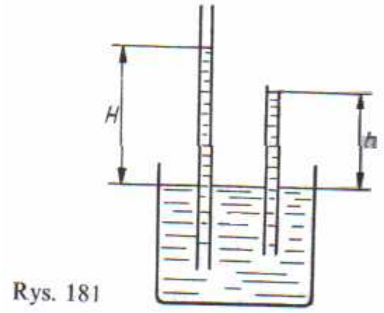
Rys. 179

531. Drewniany pierścień o wymiarach: $r_1 = 60$ mm, $r_2 = 62$ *mm* i $d = 2$ mm (rys. 180) pływa po powierzchni wody. Jaką siłę skierowaną pionowo do góry, trzeba przyłożyć do pierścienia aby oderwać go od powierzchni wody? Gęstość drewna $p = 0{,}8\ \frac{g}{cm^3}$,a napięcie powierzchniowe wody $\sigma = 0{,}07\ \frac{N}{m}$.



Rys. 180

532. W rurce kapilarnej woda podnosi się do wysokości H = 12 cm(rys.181).Dlaczego woda nie wypływa z rurki o mniejszej wysokości $h < H$ i takiej samej średnicy?



Rys. 181

533*. Oblicz dodatkowe (ponadatmosferyczne) ciśnienie wewnątrz bańki mydlanej o promieniu r=2cm. Napięcie powierzchniowe roztworu wody z mydłem wynosi $\sigma = 0{,}05 \frac{N}{m}$.

Termodynamika

19. Podstawy teorii kinetycznej gazów

534. Co stałoby się z gazem, gdyby jego cząsteczki zderzały się niesprężyście między sobą i ze ściankami naczynia?

535. Oblicz średnią prędkość cząsteczek tlenu, który pod ciśnieniem $p = 10^6$ Pa ma gęstość $\rho = 1{,}3 \frac{kg}{m^3}$.

536. Naczynie o objętości V= 1 cm^3 zawierające powietrze w warunkach normalnych zostało przeniesione w przestrzeń międzyplanetarną, gdzie ciśnienie jest równe zeru. W naczyniu zrobiono mały otwór. W jakim czasie cząsteczki powietrza opuszczą całkowicie naczynie, jeżeli w jednostce czasu z naczynia wylatuje średnio $n = 10^8 \frac{1}{s}$ cząsteczek powietrza?

537. Oblicz temperaturę gazu, którego cząsteczki o masie m= 4,140*10^{-26} kg poruszają się ze średnią prędkością $v_{śr} = 500 \frac{m}{s}$.

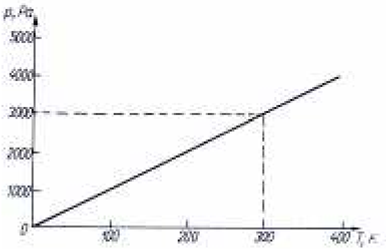
538. Oblicz masę molową gazu (w temperaturze T = 1120 K), którego cząsteczki poruszają się ze średnią prędkością $v_{śr} = 1 \frac{km}{s}$. Stała gazowa $R = 8{,}31 \frac{J}{mol * K}$.

539. Ile cząsteczek azotu znajduje się w naczyniu o pojemności V = 0,003 m^3, jeżeli temperatura gazu wynosi t = 27°C, a jego ciśnienie p = 0,0001 Pa?

540. W jakiej temperaturze średnia prędkość atomów helu o masie molowej $\mu_1 = 0{,}004\ \frac{kg}{mol}$ jest równa średniej prędkości cząsteczek wodoru o masie molowej $\mu_2 = 0{,}002 \frac{kg}{mol}$ o temperaturze $t = 27°C$?

541. Całkowita energia kinetyczna cząsteczek gazu doskonałego stanowi jego energię wewnętrzną. Oblicz tę energię dla gazu, który zajmuje objętość $V = 1\ m^3$ pod ciśnieniem $p = 10000$ Pa.

542. Na rysunku 182 pokazano zależność ciśnienia od temperatury dla gazu zajmującego stałą objętość $V = 1{,}38\ m^3$. Oblicz liczbę cząsteczek gazu w naczyniu ($k = 1{,}38 * 10^{-23} \frac{J}{K}$).



Rys. 182

543. Oblicz średnią prędkość cząsteczek azotu ($\mu = 0{,}028\ \frac{kg}{mol}$) w temperaturze $T = 282$ K. Uniwersalna stała gazowa $R = 8{,}31\ \frac{J}{mol * K}$.

544. W balonie o pojemności $V = 0{,}05\ m^3$ znajduje się 0,12 kmola gazu pod ciśnieniem $p = 6 * 10^6$ Pa. Wyznacz średnią energię kinetyczną ruchu cząsteczek. Liczba Avogadra $N_A = 6*10^{23} \frac{1}{mol}$.

545*. Oblicz średnie odległości między cząsteczkami gazu doskonałego pod ciśnieniem $p = 10^{-5}$ Pa w temperaturze $t = 57°C$; wartość stałej Boltzmanna $k = 1{,}38*10^{-23} \frac{J}{K}$.

546. Oblicz ciśnienie wywierane przez tlen, którego cząsteczki poruszają się ze średnią prędkością $v = 600 \frac{m}{s}$. Liczba cząsteczek w jednostce objętości wynosi $n = 3 * 10^{24} \frac{1}{m^3}$. Masa molowa tlenu $\mu = 32 \frac{g}{mol}$, liczba Avogadra $N_A = 6*10^{23} \frac{1}{mol}$.

547. W naczyniu znajduje się gaz pod ciśnieniem $p = 1{,}5 * 10^5$ Pa i temperaturze $t = 273°C$. Jaka liczba cząsteczek gazu znajduje się w jednostce objętości?

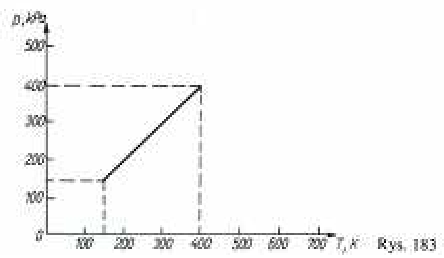
548. Oblicz ciśnienie tlenu (O_2) o masie $m = 16$ g zajmującego w temperaturze $t = 10°C$ objętość $V = 10\ dm^3$. Przyjmij, że w warunkach eksperymentu tlen zachowuje się jak gaz doskonały.

549. W jakiej temperaturze tlen znajdujący się pod ciśnieniem $p = 2*10^5$ Pa ma gęstość $\rho = 1{,}2 \frac{kg}{m^3}$?

550. Za pomocą pompy próżniowej można uzyskać ciśnienie $p = 10^{-10}$ Pa. Jaka liczba cząsteczek gazu znajduje się w jednostce objętości przy tym ciśnieniu i temperaturze $t = 27°C$?

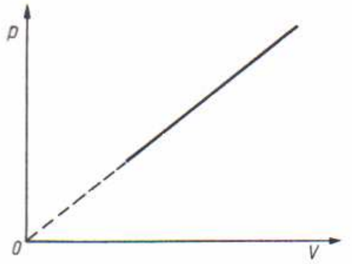
20. Równanie stanu gazu doskonałego

551. Na podstawie wykresu z rysunku 183 oblicz liczbę moli gazu doskonałego w objętości $V = 0{,}83\ m^3$ w tej przemianie gazowej.



Rys. 183

552. Jak zależą: ciśnienie *p(T)* i objętość V(T) od temperatury bezwzględnej w przemianie gazowej zilustrowanej na rysunku 184?
Wskazówka: $p = CV$, gdzie C — stała..



Rys. 184

553. Jaka jest temperatura gazu, znajdującego się pod ciśnieniem $p = 0{,}5 \cdot 10^5$ Pa, jeżeli w naczyniu o objętości $V = 150$ dm^3 znaduje się $n = 1{,}8 \cdot 10^{24}$ cząsteczek?

554. W otwartym naczyniu znajduje się powietrze w temperaturze $t_1 = 27°C$. Jaka część masy powietrza pozostanie w naczyniu, jeżeli podgrzejemy je do temperatury $t_2 = 450°C$. Rozszerzana naczynia pod wpływem temperatury można zaniedbać.

555. W kuli o średnicy wewnętrznej $d = 20$ cm znajduje się azot (N_2 o masie $m_1 = 4$ g i tlen (O_2) o masie $m_2 = 1$ g. Do jakiej temperatury można ogrzać gaz w tej kuli, jeżeli jej ścianki wytrzymują ciśnienie $p = 3 \cdot 10^5$ Pa? Masa molowa azotu $\mu_1 = 28 \frac{g}{mol}$, natomiast tlenu $\mu_2 = 32 \frac{g}{mol}$.

556. Nieznany gaz o masie $m_1 = 7$ g w temperaturze $t_1 = 27°C$ znajduje się w zamkniętym naczyniu pod ciśnieniem $p_1 = 50$ kPa. Wodór o masie $m_2 = 4$ g w temperaturze $t_2 = 60°C$, w tym samym naczyniu, znajduje się pod ciśnieniem $p_2 = 444$ kPa. Jaki jest masa molowa nieznanego gazu? Masa molowa wodór $\mu_2 = 2 \frac{g}{mol}$.

557. W dwu jednakowych naczyniach znajduje się powietrze: w jednym, w temperaturze $t_1 = 127°C$ i pod ciśnieniem $p_1 = 10^5$ Pa, w drugim — w temperaturze $t_2 = 327°C$ i pod ciśnieniem $p_2 = 6 \cdot 10^5$ Pa. Naczynia połączono i po wyrównaniu się temperatur i ciśnień podgrzano gaz do temperatury $T = 750$ K. Jakie ciśnienie będzie miało powietrze w tych naczyniach?

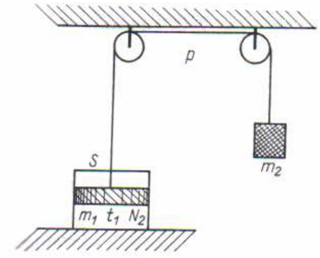
558*. Trzy naczynia o jednakowych objętościach połączone są ze sobą cienkimi rurkami z kranami. W pierwszym naczyniu znajduje się gaz o masie $m_1 = 3$ g, w drugim jest próżnia, a w trzecim — taki sam gaz jak w pierwszym, tylko jego masa wynosi $m_3 = 4\ g$. Najpierw otworzono kran między drugim i trzecim naczyniem, a po wyrównaniu się ciśnień kran został zamknięty. Następnie otworzono kran między pierwszym i drugim naczyniem tak, że ciśnienia w obu naczyniach wyrównały się osiągając wartość $p = 250$ kPa. Znaleźć ciśnienie początkowe p_1 w pierwszym naczyniu przyjmując, że temperatura podczas przepływu gazu z naczynia do naczynia nie zmieniła się.

559. Izolowane, od wymiany ciepła z otoczeniem, naczynie o objętości $V = 682$ dm^3 przedzielone jest cienką, przewodzącą ciepło przegrodą na dwie równe części. W jednej z nich znajduje się $m_1 = 12$ g azotu o temperaturze $t_1 = 20°C$, a w drugiej $m_2 = 18$ g azotu o temperaturze $t_2 = 100°C$. Jakie ciśnienia ustalą się w każdej części naczynia, po wyrównaniu temperatur azotu?

Masa molowa

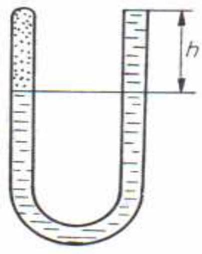
azotu $\mu = 28\frac{g}{mol}$.

560*. W cylindrze pod tłokiem o polu powierzchni S = l dm^2 znajduje się azot (N_2) o masie m_1 = 28 g i temperaturze t_1 = 100°C. Do tłoka, poprzez dwa bloczki, przyłączony jest obciążnik o masie m_2 = 50 kg (rys. 185). Na jaką wysokość, w stosunku do położenia początkowego podniesie się obciążnik, gdy cylinder zostanie ochłodzony do temperatury T_2 = 273C? Ciężar tłoka można pominąć; ciśnienie atmosferyczne wynosi p=1000 hPa.



Rys. 185

561. W rurce w kształcie litery U jedno z ramion jest zasklepione. W ramieniu tym znajduje się słup powietrza wysokości h = 4 cm, zamknięty rtęcią wypełniającą drugie, otwarte ramię rurki aż do poziomu zasklepienia ramienia pierwszego (rys. 186). Jaką temperaturę T_2 musiałoby mieć powietrze w rurce, aby różnica poziomów zmalała dwukrotnie? Ciśnienie atmosferyczne powietrza wynosi p = 1000 hPa, a gęstość rtęci $\rho = 13{,}6 * 10^3 \frac{kg}{m^3}$.



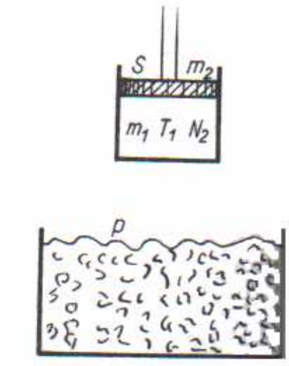
Rys. 186

562. Poziomy cylinder długości l = 85 cm podzielony jest na części ruchomym tłokiem przewodzącym ciepło. W jednej znajduje się pewna liczba cząsteczek tlenu($\mu_1=32\ \frac{g}{mol}$), a w drugiej znajduje się pewna liczba cząsteczek wodoru ($\mu_2=2\frac{g}{mol}$) o takiej samej masie. Jakie będzie położenie tłoka w warunkach równowagi?

563. Pionowy cylinder o pojemności V= 12 dm^3 i polu przekroju poprzecznego S = 0,6 dm^2 przedzielony jest ruchomym tłokiem, który nie przewodzi ciepła. Pod tłokiem znajduje się wodór o masie m_1=2 g, temperaturze T_1=300 K i masie molowej $\mu_1= 2\ \frac{g}{mol}$,a nad tłokiem hel o masie m_2 = 4 g, temperaturze T_2 = 280 K i masie molowej $\mu_2 = 4\ \frac{g}{mol}$. Oblicz masę tłoka wiedząc, że oba gazy zajmują jednakową objętość.

564. Ze zbiornika o pojemności V= 120 cm^3 ucieka przez nieszczelny zawór wodór. W temperaturze t_1 = 7°C manometr wskazuje ciśnienie p= $5*10^6$ Pa. Po pewnym czasie temperatura wzrosła do t_2 = 27°C, a manometr wskazywał to samo ciśnienie. Ile wodoru ubyło ze zbiornika przez nieszczelny zawór?

565*. W cylindrze pod tłokiem o polu powierzchni S = l dm^2 znajduje się azot (μ=28 $\frac{g}{mol}$) o masie m_1 = 28 g i temperaturze T_1 = 273 K. Cylinder zostaje wstawiony do naczynia z wrzącą wodą. O ile podniesie się do góry tłok o masie m_2 = 100 kg przy ciśnieniu atmosferycznym wynoszącym p = 1000 hPa (rys. 187).



Rys. 187

566. Dwa naczynia połączone są rurką z kranem. W jednym, o pojemności V= 150 cm^3, znajduje się gaz pod ciśnieniem p_1 = 1000 hPa, a w drugim taki sam gaz pod ciśnieniem p_2 = 4000 hPa. Tempe- ratury gazów w naczyniach są równe temperaturze otoczenia. Po otwarciu kranu i ustaleniu się równowagi cieplnej z otoczeniem ciśnienie w obu naczyniach wynosiło p_3 = 3000 hPa. Oblicz pojemność drugiego naczynia.

567. W zamkniętym cylindrze o pojemności V= 84 cm^3 znajduje się ruchomy, nieprzewodzący ciepła tłok o polu przekroju poprzecznego S = 7 cm^2, dzielący naczynie na dwie jednakowe części. Temperatura gazu w obu częściach naczynia wynosi T= 300 K. O ile stopni trzeba ogrzać gaz w jednej części cylindra (przy stałej temperaturze gazu w drugiej części), aby tłok przesunął się o l = 2 cm?

568. Objętość pęcherzyka metanu powiększa się trzykrotnie przy wypływaniu z dna jeziora na powierzchnię. Temperatura wody na dnie wynosi t_1 = 7°C, a na powierzchni t_2 = 17°C. Oblicz głębokość jeziora. Załóż, że metan można traktować jako gaz doskonały. Ciśnienie atmosferyczne wynosi p = 1 000 hPa. Gęstość wody ρ=1000 $\frac{kg}{m^3}$.

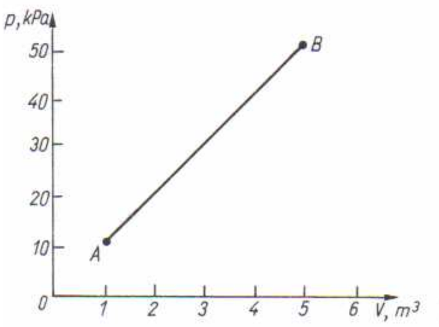
569. W naczyniu o wysokości h i polu przekroju poprzecznego S pod cienkim, nieważkim tłokiem znajduje się gaz o masie molowej μ. Gaz sprężano przez wciskanie tłoka do naczynia, a w wolne miejsce nad tłokiem nalano do pełna rtęci. Dla jakich temperatur gazu można znaleźć takie położenia równowagi tłoka, aby rtęć nie była wypychana przez gaz? Masa gazu w naczyniu wynosi m. Gęstość rtęci wynosi ρ. Ciśnienie atmosferyczne można pominąć.

570*. Jaką masę powinien mieć balast wyrzucony przez załogę z balonu o objętości V= 300 m^3, aby podniósł się on z wysokości, na której istnieje ciśnienie p_1 = 85 kPa i temperatura T_1 = -15°C, do wysokości, na której występują odpowiednio p_2 = 66,5 kPa i T_2= -30°C? Masę molową powietrza przyjmij μ= 29 $\frac{g}{mol}$.

571. Wewnątrz zamkniętego cylindra znajduje się ruchomy tłok. Z jednej strony tłoka jest wodór o masie m_1 = 3 g, a z drugiej strony azot o masie m_2 = 18 g. Jaką część cylindra zajmuje wodór? Masa molowa wodoru μ_1 = 2 $\frac{g}{mol}$, a azotu μ_2 = 28$\frac{g}{mol}$.

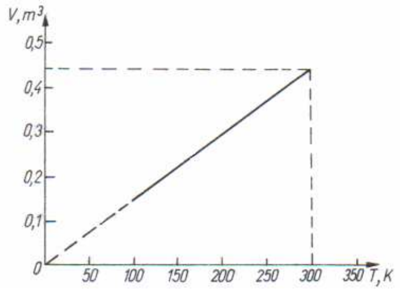
572. Długa szklana rurka mająca jeden koniec zasklepiony zanurzona jest otwartym końcem w naczyniu z rtęcią. W temperatura t_1 = 47°C poziomy rtęci w naczyniu i w rurce są jednakowe. Długość rurki wystającej nad poziom rtęci wynosi l = 76 cm. Na jaką wysokość podniesie się rtęć w rurce, jeżeli gaz zostanie ochłodzony do temperatury t_2 = -33°C? Ciśnienie atmosferyczne p= 1000 hPa ≈ 760 mmHg. Gaz potraktuj jako doskonały i pomiń rozszerzalność rtęci i szkła.

573. Na rysunku 188 pokazano wykres pewnej przemiany gazowej. Oblicz stosunek temperatur $\frac{T(B)}{T(A)}$.



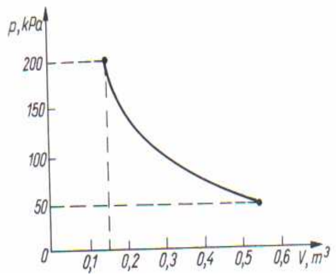
Rys. 188

574. Na podstawie wykresu z rysunku 189 oblicz ciśnienie z = 3 moli gazu doskonałego w tej przemianie gazowej.



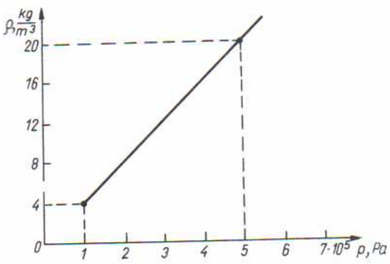
Rys. 189

575. Oblicz przyrost temperatury *z* = 0,5 mola gazu doskonałego poddanego pewnej przemianie przedstawionej na rysunku 190.



Rys. 190

576. Zależność gęstości pewnego gazu od ciśnienia (w stałej temperaturze *t* = 123°C) pokazano na wykresie (rys. 191). Jaki to gaz? Jaka jest jego masa cząsteczkowa? Przyjmij, że jest to gaz doskonały.

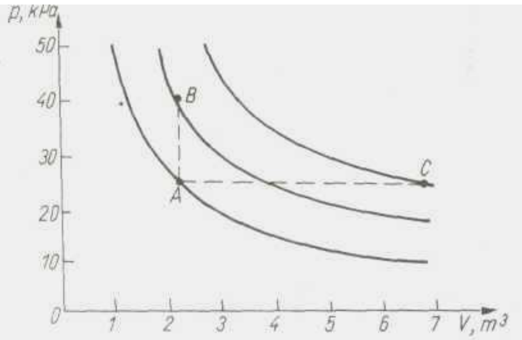


Rys. 191

21. Przemiana izotermiczna gazu doskonałego

577. Gaz o objętości $V_1 = 3 * 10^{-3}$ m^3 i pod ciśnieniem $p_1 = 100$ kPa został poddany przemianie izotermicznej tak, że jego ciśnienie zmniejszyło się do $p_2 = 60$ kPa. Jaką objętość zajmuje gaz po przemianie?

578. Na rysunku 192 pokazano trzy izotermy gazu doskonałego. Porównaj temperatury w punktach *A*, *B* i C.

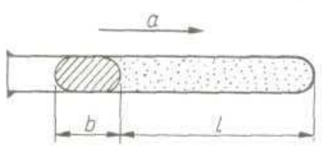


Rys. 192

579. Gaz doskonały poddano przemianie izotermicznej, w której ciśnienie zmalało n=1,5-krotnie. Jak zmieniła się objętość gazu?

580. Przedstaw proces izotermiczny na wykresach we współrzędnych: *p,V; p,T i V, T* dokonany z jednym molem gazu doskonałego przy dwóch różnych temperaturach $T = T_1$ i $T = 3T_1$

581*. Poziomo leżąca rurka Meldego porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem $a = 3\frac{m}{s^2}$ wzdłuż swojej osi symetrii w stronę pokazaną na rysunku 193. Długość słupka powietrza podczas ruchu wynosi l = 30 cm, a długość słupka rtęci b = 25 cm. Jaką długość będzie miał słupek powietrza po zatrzymaniu się rurki i wyrównaniu temperatur? Gęstość rtęci wynosi ρ = 13,6 $\frac{g}{cm^3}$, ciśnienie atmosferyczne p = 1040 hPa.



Rys. 193

582. Robocza pojemność pompki tłokowej wynosi V_1 = 100 cm^3. Za pomocą tej pompki wtłaczano powietrze do naczynia o pojemności V_2 = 10 dm^3 wykonując N = 15 cykli pompowania. Jakie ciśnienie panuje w naczyniu, jeżeli początkowe ciśnienie było równe ciśnieniu atmosferycznemu p = 1100 hPa? Przyjmij, że temperatura gazu jest stała.

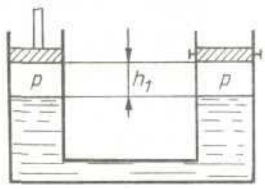
583*. Do barometru rtęciowego dostała się odrobina powietrza, wskutek czego wskazuje on ciśnienie mniejsze od rzeczywistego. Podczas sprawdzania barometru okazało się, że przy ciśnieniu atmosferycznym p_1 = 768 mm Hg wskazuje on ciśnienie p_2 = 748 mm Hg, przy czym odległość górnego poziomu rtęci od górnego, zasklepionego końca rurki wynosi h=8cm. Jakie jest rzeczywiste ciśnienie atmosferyczne, gdy barometr wskazuje ciśnienie p_3 = 734 mm Hg w tej samej temperaturze co poprzednio?

584. W balonie o objętości V= 2,5 dm^3 znajduje się gaz o temperaturze t_1 = 0°C. Masa balonu z gazem wynosi m_1 = 200 g. Do balonu wpuszczono jeszcze tego samego gazu zwiększając masę całkowitą do m_2 = 201 g. O ile zwiększy się ciśnienie w balonie, jeżeli gaz w warunkach normalnych ma gęstość $p = 1{,}2\frac{kg}{m^3}$? Temperatura gazu nie zmienia się.

585. Rurka długości l = 25 cm o promieniu przekroju poprzecznego r = 1 cm zatkana jest z jednej strony korkiem. Jeżeli do rurki z drugiej strony wpychać tłok, to korek wyskakuje z rurki po przejściu przez tłok drogi Δl = 5 cm. Zakładając, że temperatura powietrza w rurce nie ulega zmianie, znaleźć siłę tarcia korka o ścianki rurki. Ciśnienie atmosferyczne wynosi p = 1000 hPa.

586. Strzykawkę lekarską ze szczelnie zatkanym wylotem zanurzono do wody na głębokość h = 3 m. O ile przesunął się tłok strzykawki, jeżeli początkowo objętość zamkniętego powietrza wynosiła V= 20 cm^3, a przekrój poprzeczny tłoka S = 1 cm^2? Temperatura wody i powietrza jest jednakowa, ciśnienie atmosferyczne wynosi p = 1100 hPa. Tarcie tłoka o strzykawkę można pominąć.

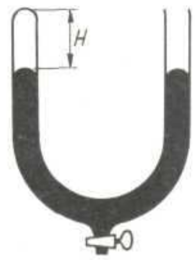
587. Do jednakowych, połączonych ze sobą naczyń nalano cieczy o gęstości $\rho = 800 \frac{kg}{m^3}$. Na wysokości



Rys. 194

h_1 = 0,2 m nad poziomem cieczy znajdują się tłoki, z których jeden nie może się przesuwać (rys. 194). O jaką wysokość h należy podnieść tłok ruchomy, aby różnica poziomów cieczy wynosiła h_1? Początkowe ciśnienie powietrza pod tłokami wynosiło p = 10^5 Pa.

588. Do naczynia o kształcie przedstawionym na rysunku 195 nalano rtęci tak, że jej poziom w obydwu ramionach znajdował się w jednakowej odległości H=0,3 m od górnych krawędzi rurek. Na jakiej wysokości h_2 licząc od pierwotnego poziomu ustali się poziom rtęci w otwartym ramieniu naczynia, jeżeli po wypuszczeniu części rtęci przez dolny zawór, poziom rtęci w zamkniętym ramieniu opuści się o h_1 = 0,2 m? Gęstość rtęci $p = 13\,600 \frac{kg}{m^3}$ a ciśnienie atmosferyczne p_0 = 1000 hPa.



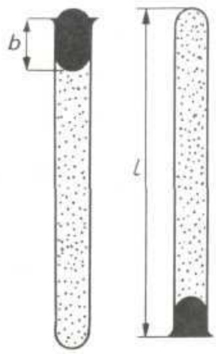
Rys. 195

588. W rurce Meldego leżącej poziomo znajduje się słupek powietrza długości l_o = 0,70 m, zamknięty słupkiem rtęci długości b = 0,05 m. Jeżeli ustawić tę rurkę pionowo, otworem do dołu, to wysokość słupa powietrza wynosi l_d = 76 cm.

a. Jaką długość l_q będzie miał słupek powietrza, gdy ustawimy rurkę pionowo, otworem do góry?
b. Ile wynosiło ciśnienie atmosferyczne? Załóż, że po zmianie położenia rurki temperatura powietrza w rurce bardzo szybko wyrównuje się do temperatury otoczenia.

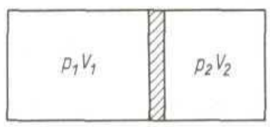
590. Pojemność dętki samochodowej wynosi V_1 = 0,08 m^3, a pojemność roboczej części pompki V_2=0,001 m^3. Ile ruchów należy wykonać pompką, aby ciśnienie w dętce równe atmosferycznemu, wzrosło od p_1 = 1000 hPa do p_2 = 3500 hPa? Załóż, że temperatura powietrza w dętce jest równa temperaturze otaczającego powietrza.

591. Rurka szklana długości l = 0,8 m jest zamknięta słupkiem rtęci b = 0,2 m sięgającym górnego poziomu rurki (rys. 196). Jeżeli rurkę przekręcić wylotem do dołu, to część rtęci wycieknie. Jakiej długości słupek rtęci zostanie w rurce, jeżeli ciśnienie atmosferyczne wynosi p = 98,6 kPa? Temperatura gazu nie zmieniła się. Gęstość rtęci $\rho = 13\,600 \frac{kg}{m^3}$.



Rys. 196

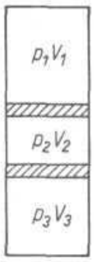
592*. Cylindryczne naczynie z gazem podzielone jest unieruchomionym tłokiem na dwie części (rys. 197), w których znajduje się gaz doskonały. Oblicz ciśnienie i objętość gazu w obu częściach po odblokowaniu tłoka i wyrównaniu się temperatur. Dane są p_1, p_2, V_1, V_2.



Rys. 197

593*. Cylindryczne naczynie z gazem podzielone jest unieruchomionymi tłokami na trzy komory (rys. 198), w których znajduje się gaz doskonały. Oblicz objętość i ciśnienie gazu w każdej z trzech komór po odblokowaniu tłoków. Temperatura gazu nie zmienia się. Objętości i ciśnienia dane jak na rysunku. Ciężar tłoków - można pominąć.

7

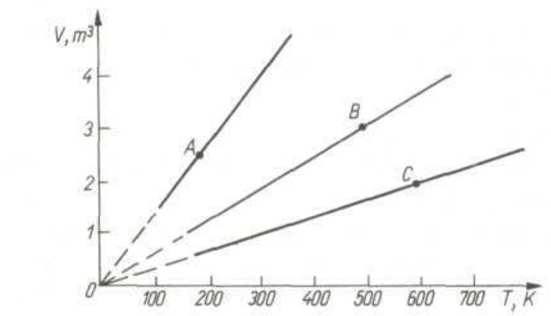


Rys. 198

22. Przemiana izobaryczna gazu doskonałego

594. Gaz o objętości V_1= 0,1 m^3 i temperaturze T_1= 290 K poddano przemianie izobarycznej, po której objętość jego wzrosła do V_2 = 0,12 m^3. O ile stopni podgrzano gaz?

595. Na rysunku 199 pokazano wykresy trzech przemian izobarycznych we współrzędnych *V, T.* Porównaj ciśnienia (tej samej masy tego samego gazu) w punktach *A, B, C.*



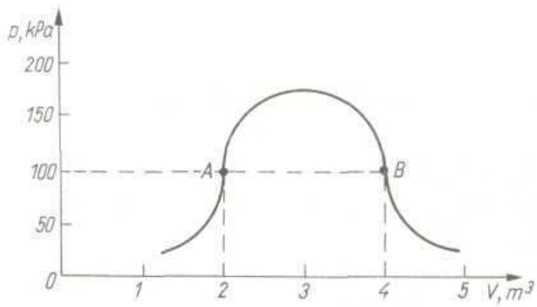
Rys. 199

596. W pewnej przemianie izobarycznej gazu doskonałego objętość gazu wzrosła n = 3-krotnie. Jak zmieniła się temperatura bez względna tego gazu?

597. W pionowo ustawionym cylindrycznym naczyniu, pod lekkim tłokiem o polu przekroju poprzecznego S = 0,01 m^2, znajduje się gaz doskonały o temperaturze T_1 = 300 K i objętości $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3. O ile przesunie się tłok po ogrzaniu gazu do T_2 = 330 K?

598. Objętość pewnej ilości gazu doskonałego, przy ogrzaniu go o ΔT = 1 K, zwiększa się o $n = \frac{1}{305}$ wartości objętości początkowej. Oblicz temperaturę początkową gazu przy założeniu, że jego ciśnienie było stale.

599. Na rysunku 200 zilustrowano pewną przemianę gazową we współ rzędnych p, V. Temperatura gazu w punkcie A wynosiła $T(A)$ = 200 K. Ile wynosiła temperatura gazu w punkcie B?



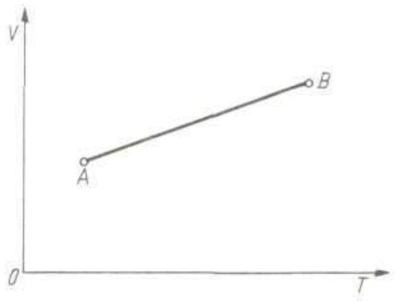
Rys. 200

600. Podczas podgrzewania gazu o ΔT = 300 K, przy stałym ciśnieniu, jego objętość zwiększyła się dwa razy. Wyznacz temperaturę początkową i końcową gazu.

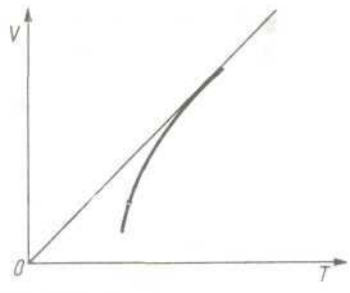
601. Przedstaw proces izobaryczny na wykresach we współrzędnych: p,V; p,T; V,T dokonany z jednym molem gazu doskonałego przy dwóch różnych ciśnieniach: p_0 i $3p_0$.

602. Na rysunku 201 pokazano wykres obrazujący zmiany objętości gazu w zależności od temperatury dla pewnej przemiany gazowej, w której temperatura, ciśnienie i objętość ulegały zmianie jednocześnie.

Stan początkowy oznaczono literą A, a stan końcowy literą B. Kiedy ciśnienie gazu było większe: na początku czy pod koniec przemiany? Uzasadnij odpowiedź.



Rys. 201



Rys. 202

603. Podczas ogrzewania pewnej masy gazu otrzymano wykres zależności objętości od temperatury, jak na rysunku 202. Czy ciśnienie gazu rosło, czy malało podczas ogrzewania? Uzasadnij odpowiedź.

604. Pionowa rurka, zasklepiona u dołu, zawiera słupek rtęci wysokości h = 12 cm zamykający słupek powietrza wysokości H = 304 mm. Temperatura otoczenia wynosi t_1 = 37°C. O ile obniży się poziom rtęci w rurce, gdy temperatura zmniejszy się do t_2 = 7°C?

605. W pracowni fizycznej przeprowadzono doświadczenie mające na celu wyznaczenie temperatury zera bezwzględnego. W tym celu kolbę szklaną o znanej pojemności, zakończoną wyskalowaną rurką szklaną z koreczkiem rtęciowym, zanurzono do wody z lodem, a potem do wrzącej wody. W wyniku pomiarów otrzymano: objętości gazu w kolbie: V_1 = 40 cm^3, V_2 = 54 cm^3.

a. Na podstawie tych danych wyznacz temperaturę zera bez względnego w stopniach Celsjusza.

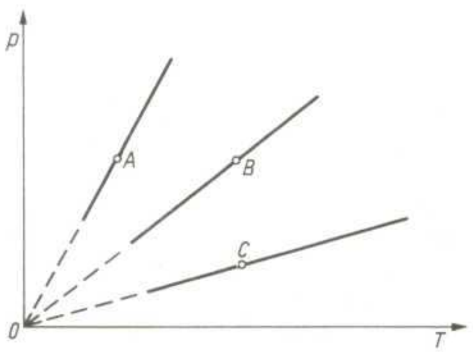
b. Jakie mogą być przyczyny błędu pomiaru?

23. Przemiana izochoryczna gazu doskonałego

606. Przedstaw proces izochoryczny na wykresach we współrzędnych: *p,V; p,T; V,T* dokonany z jednym molem gazu doskonałego przy dwóch różnych objętościach: V i 3V.

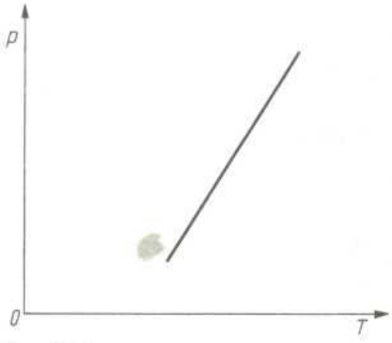
607. W szczelnie zamkniętej butli znajduje się gaz pod ciśnieniem $p = 2$ MPa. O ile wzrośnie ciśnienie gazu, jeżeli jego temperatura bezwzględna wzrośnie n = 1,2 raza?

608. Na rysunku 203 pokazano trzy izochory tej samej masy gazu. Porównaj objętości gazu w punktach *A*, *B*, i *C*.

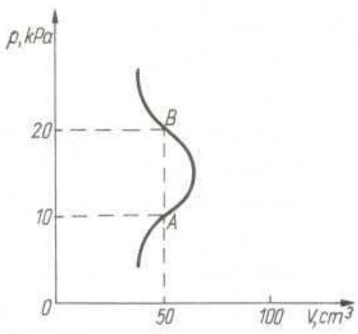


Rys. 203

609. Podczas ogrzewania pewnej ilości gazu otrzymano wykres zależności ciśnienia od temperatury jak na rysunku 204. Czy objętość gazu wzrosła, czy zmalała? Uzasadnij odpowiedź.



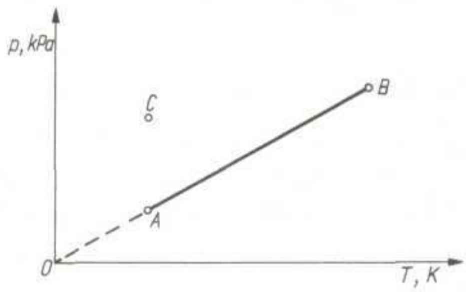
Rys. 204



Rys. 205

610. Na rysunku 205 zilustrowano pewną przemianę gazową we współrzędnych *p,V*. Temperatura gazu w punkcie *A* wynosiła *T(A)* = 300 K. Ile wynosiła temperatura gazu w punkcie B?

611*. Gaz poddano przemianie izochorycznej tak, że przeszedł on ze stanu określonego przez punkt *A* do stanu *B* (rys. 206). W drugim naczyniu poddano gaz również przemianie izochorycznej zaczynając od stanu określonego przez punkt C, przy czym $p_B—p_c = \frac{1}{4}(p_B - p_A)$ $Pc=3p_A$. O ile stopni ogrzano drugi gaz, jeżeli ciśnienia obu gazów w rezultacie przemian były jednakowe, a pierwszy gaz ogrzano o ΔT = 300 K?



Rys. 206

612. Przy ogrzewaniu gazu doskonałego w stałej objętości jego ciśnie nie wzrasta o k = 2%, przy zwiększeniu temperatury o ΔT=1 K. W jakiej temperaturze znajdował się gaz?

613. Ciśnienie w dętce samochodowej podczas jazdy powinno wynosić p = 250 kPa. Do jakiego ciśnienia należy napompować dętki w temperaturze otoczenia t_1 = 20°C, jeżeli podczas jazdy opony ogrzewają się wskutek tarcia o ΔT= 25°C powyżej temperatury otoczenia (20°C)?

614. Narysuj wykres przemiany: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej na trzech wykresach we współrzędnych *(V,T)*, *(p,T)* i *(p,V)*. Pierwsza litera oznacza rzędną.

24. Przemiana adiabatyczna gazu doskonałego. Złożone przemiany gazowe

615. Pewną ilość gazu doskonałego poddano przemianie adiabatycznej zmniejszając jego objętość n= 4 krotnic Ile razy wzrosło ciśnienie gazu? Wykładnik adiabaty $\kappa = \frac{3}{2}$.

616. Wyprowadź wzór wyrażający zależność objętości gazu doskonałego od temperatury bezwzględnej *V(T)* dla przemiany adiabatycznej.

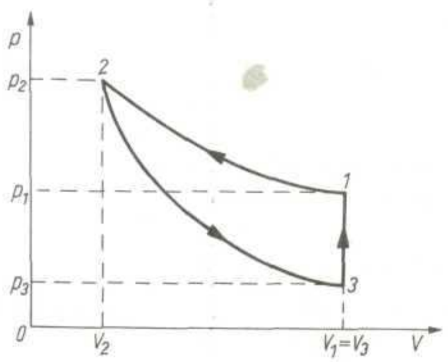
617. Dwuatomowy gaz o objętości V_1 = 6 dm^3, ciśnieniu p_1 = 2-10^6 Pa i temperaturze t_1 = 27°C zostaje sprężony bez wymiany ciepła z otoczeniem do objętości V_2 = 3 dm^3. Oblicz ciśnienie i temperaturę gazu po procesie. Wykładnik adiabaty dla gazu dwuatomowego wynosi $\kappa = 1{,}4$.

618. Dla pewnego gazu doskonałego wykładnik adiabaty wynosi $\kappa = \frac{3}{2}$.

Gaz ten rozpręża się od ciśnienia $p_1 = 10^6$ Pa i objętości $V_1 = 2\ m^3$ izotermicznie do objętości $V_2 = 8\ m^3$. O ile mniejsze ciśnienie miałby ten gaz po rozprężeniu się adiabatycznym do tej samej objętości?

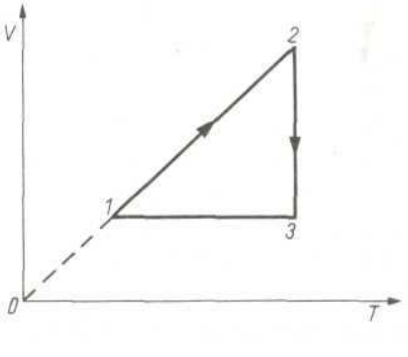
619. Przemianą politropową gazu doskonałego nazywamy taką przemianę, dla której wartość wyrażenia pV^n jest stała (n — tzw. wykładnik politropy). Wykaż, że proces, w którym objętość gazu jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury, jest procesem politropowym o wykładniku $n = 2$.

620*. Na rysunku 207 zilustrowano cykl przemian tlenu o masie m = 1 kg składający się z trzech gałęzi: *2-3* adiabata, *3-1* izochora, *1-2* izoterma; $p_3 = 10^7$ Pa, $p_2 = 2{,}6\text{-}10^7$ Pa, $V_1 = 10\ dm^3$, $V_2 = 5\ dm^3$. Oblicz $T_1 T_2$, T_3, p_1, V_3.



Rys. 207

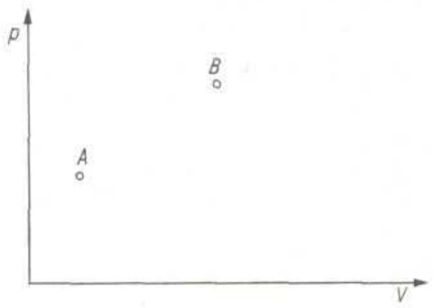
621. Na rysunku 208 przedstawiono wykres zmiany stanu gazu doskonałego we współrzędnych V,T. Przedstaw ten proces na wykresach we współrzędnych p,V i p,T.



Rys. 208

622. W jaki sposób można gaz ze stanu *A* przeprowadzić do stanu *B* pokazanego na rysunku

209? Podaj przynajmniej dwa sposoby z zastosowaniem znanych ci przemian gazowych.

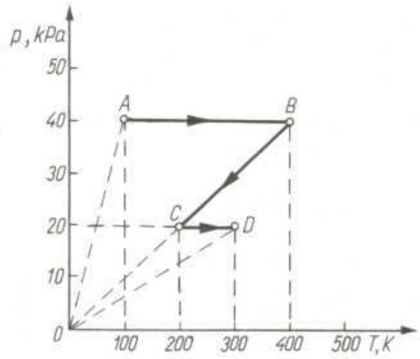


Rys. 209

623. N = 0,2 mola gazu doskonałego o objętości V_1 = 1 dm^3 pod ciśnieniem p_1 = 100 kPa rozszerza się izotermicznie do objętości V_2 = 2 dm^3, a następnie — izobarycznie do objętości V_3 = 4 dm^3. Narysuj wykres zależności ciśnienia gazu od objętości i oblicz końcową temperaturę gazu.

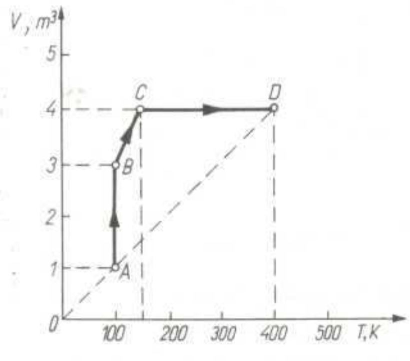
624. Gaz doskonały pod ciśnieniem p_0 = 200 kPa poddano kolejno przemianom: izotermicznej, rozprężając gaz do objętości dwukrotnie większej, a następnie izochorycznej, zwiększając dwukrotnie jego temperaturę bezwzględną. Oblicz ciśnienie gazu po obu przemianach.

625. Gaz doskonały poddano kolejno trzem przemianom przedstawionym na rysunku 210. W stanie *A* gaz zajmował objętość *V(A)* = 1 m^3. Oblicz objętość gazu w stanach *B, C, D.*



Rys. 210

626. Rysunek 211 przedstawia wykres trzech kolejnych przemian dokonanych z gazem doskonałym, we współrzędnych *V, T.* Narysuj te przemiany we współrzędnych *p,T.* Ciśnienie *p(A)* = 300 kPa. Przyjmij skalę ciśnienia 100 kPa — 1 cm.



Rys. 211

627. W którym przypadku zmiana ciśnienia tej samej ilości gazu będzie większa:

a) przy sprężaniu go od objętości V_1 do objętości V_2 w naczyniu nieprzewodzącym ciepła, czy

b)przy przemianie izotermicznej w tym samym zakresie objętości?

628*. Pewna ilość gazu o temperaturze t_1 = 10°C zajmuje pod ciśnieniem p_1 = 100 kPa objętość V_1=10 dm^3. Gaz ten najpierw sprężono izotermicznie do objętości V_2 = 5 dm^3, a następnie rozprężono izobarycznie do poprzedniej objętości. Naszkicuj wykres zależności objętości od temperatury oraz ciśnienia od objętości dla obydwu przemian. Oblicz temperaturę końcową gazu.

629. Gaz o temperaturze t_1 = 10°C i ciśnieniu p_1 = 200 kPa poddano najpierw przemianie izotermicznej, po której jego ciśnienie wzrosło do p_2 = 400 kPa, a następnie przemianie izochorycznej, po której ciśnienie gazu powróciło do stanu początkowego. Naszkicuj wykres zależności ciśnienia gazu od temperatury i wykres zależności ciśnienia od objętości. Oblicz temperaturę końcową gazu.

630*. Gaz, zajmujący w temperaturze T_1 = 400 K i ciśnieniu p_1 =100 kPa objętość V_1=2dm^3, został izotermicznie sprężony do objętości V_2 i ciśnienia p_2, następnie izobarycznie ochłodzony do temperatury T_3 = 200 K i w końcu izotermicznie rozprężony do objętości V_4 =1 dm^3. Przedstaw na wykresach we współrzędnych *p,V; V,T* i *p,T* powyższą przemianę gazową i na ich podstawie podaj wartość ciśnienia p_4 w końcowym punkcie przemiany.

25. Wstęp do pierwszej zasady termodynamiki

631. Wagon tramwajowy o masie m = 15 t jedzie z prędkością v =36 $\frac{km}{h}$

Ile ciepła wydzieli się w hamulcach i kołach podczas hamowania, aż do zatrzymania wagonu?

632. Ile ciepła wydzieli się podczas spadku i doskonale niesprężystym zderzeniu z ziemią ciała o masie m = 200 kg, spadającego z wysokości h = 25 m?

633. W dół, po wiszącym sznurze długości l = 3 m, zsuwa się pierścień o masie m = 250 g. Przy końcu sznura pierścień ma prędkość trzy razy mniejszą, niż miałby, gdyby spadał swobodnie. Ile ciepła wydzielało się przy zsuwaniu pierścienia?

634. Ile ciepła wydzieli się przy doskonale niesprężystym zderzeniu kul o masach m_1 = 20 g i m_2 = 50 g, poruszających się przed zderzeniem z prędkościami $v_1 = 2\frac{m}{s}$ i $v_2 = 5\frac{m}{s}$, po tej samej prostej?

635. Dwa ciała o masach m i $2m$ posiadające odpowiednio pędy $\vec{p}$ *i* $0{,}5\vec{p}$ zderzają się centralnie. Po zderzeniu ciało o masie m posiada pęd 0,5 $\vec{p}$ a ciało o masie 2m pęd $\vec{p}$ .Jaka część energii mechanicznej przemieniła się w ciepło?

636. Na jaką wysokość można by podnieść ciało o masie m_1 = 20 kg wykonując przy tym pracę równą ciepłu uzyskanemu ze spalenia m_2 = 0,1 kg benzyny? Ciepło spalania benzyny c=50$\frac{MJ}{kg}$.

637. Z równi pochyłej wysokości h = 1 m i kącie nachylenia do poziomu a = 30°, zsuwa się ciało o masie m = 2 kg. Współczynnik tarcia dynamicznego ciała o równię f= 0,3. Ile ciepła wydzieli się wskutek tarcia?

638. Celuloidowa piłeczka o masie m = 2 g i promieniu r = 2 cm jest zanurzona w wodzie na głębokości h = 10 m. Ile ciepła wydzieli się podczas wypływania piłeczki, jeśli jej prędkość jest do pominięcia? Gęstość wody $\rho = 1000\frac{kg}{m^3}$

639. Dwie kulki: stalowa o masie m i ołowiana o masie 0,25 m zawieszone są na niciach jednakowej długości tak, że stykają się. Ołowianą kulkę odchylono od pionu tak, że podniosła się ona na wysokość H od pierwotnego położenia, a następnie puszczono.
Ile energii mechanicznej przemieniło się w ciepło, jeśli kulka ołowiana po zderzeniu, ze stalową odskoczyła do wysokości *h?*

640. O ile ogrzeje się kropla deszczu spadająca ruchem jednostajnym z wysokości h =1 km? Zakładamy, że 50% ciepła powoduje zwiększenie energii wewnętrznej kropli. Ciepło właściwe wody $c=4{,}19\frac{J}{kg\cdot K}$

641. Kula o masie m_1 = 10 g uderza prostopadle, z prędkością $v_1 = 600\frac{m}{s}$, w wiszącą na sznurku deskę i przebiwszy ją wylatuje z drugiej strony z prędkością $v_2 = 400\frac{m}{s}$. Jaka część energii kuli zamieniła się na ciepło, a jaka na energię kinetyczną deski? Masa deski wynosi m_2 = 1 kg.

642. Z jaką prędkością powinna poruszać się ołowiana kula, aby uległa stopieniu na skutek niesprężystego uderzenia o ścianę? Zakładamy, że 50% energii pobrała ściana i otoczenie. Temperatura kuli wynosi t = 50°C. Ciepło właściwe ołowiu $c = 125\frac{J}{kg\cdot K}$, a ciepło topnienia $c_t = 2{,}5\cdot 10^4\frac{J}{kg}$.Temperatura topnienia ołowiu t_1 = 327°C.

643. Oblicz sprawność motoroweru zużywającego $m = 2$ kg benzyny w czasie t = 1 h, rozwijając przy tym moc użyteczną P = 5 kW.
Ciepło spalania benzyny $c_s = 50\frac{MJ}{kg}$.

644. Oblicz średnią moc silnika samochodowego, rozwijającego prędkość $v = 90\frac{km}{h}$, przy zużyciu benzyny $k = 0{,}08\frac{kg}{km}$ Sprawność silnika wynosi η = 0,35, a ciepło spalania benzyny $c_s=50\frac{MJ}{kg}$.

645. Silnik spalinowy małolitrażowego samochodu spala m = 6 kg benzyny na każde 100 km drogi. Średnia siła oporów ruchu wynosi F = 1000 M. Ciepło spalania benzyny $c_s = 50\frac{MJ}{kg}$
Jaka część energii powstającej ze spalania benzyny zamienia się na pracę użytkową?

646. Do idealnego kalorymetru zawierającego m_1 = 100 g wody o temperaturze t_1 = 20°C wlano m_2 = 40 g wody o temperaturze t_2 = 60°C. Oblicz temperaturę końcową wody w kalorymetrze.

647. Do idealnego kalorymetru wlano dwie mieszające się ciecze. Pierwszą o masie m_1 = 50 g, temperaturze t_1 = 20°C i cieple właściwym $c_1 = 2\frac{kJ}{kg\cdot K}$, oraz drugą o masie m_2 = 30 g, temperaturze t_2 = 80°C i cieple właściwym $c_2 = 2{,}4\frac{kJ}{kg\cdot K}$. Oblicz temperaturę końcową mieszaniny cieczy.

* Jaki zasięg ma samolot odrzutowy o pojemności zbiorników paliwa V= 5000 dm³, rozwijający prędkość $v = 900\ \frac{km}{h}$ przy mocy silników P = 2500 kW. Gęstość paliwa $d=0{,}8\frac{g}{cm^3}$, ciepło spalania $c_s = 50\frac{kJ}{kg}$ sprawność silników η = 40%.

649. Do kalorymetru zawierającego m_x = 100 g wody o temperaturze t_1 = 40°C i cieple właściwym c = $4{,}2\dfrac{kJ}{kg\cdot K}$ wrzucono m_2 = 50 g lodu o temperaturze 0°C. Po stopieniu lodu, wymieszana woda w kalorymetrze miała temperaturę t_2 = 0,67°C. Oblicz ciepło topnienia lodu.

650. Do kalorymetru zawierającego wodę o temperaturze t_1 = 0°C i cieple krzepnięcia $c_t=334\cdot10^3$ $\dfrac{kJ}{kg}$ wrzucono kawałek lodu o temperaturze t_2 = - 30°C i masie m_2 = 50 g oraz cieple właściwym c_2 $= 2000\dfrac{J}{kg}$. Ile lodu będzie w kalorymetrze po wyrównaniu temperatur?

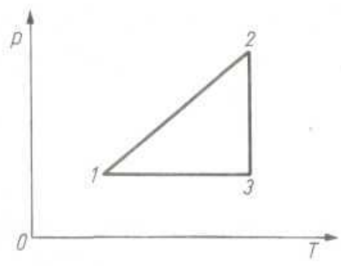
651. Podczas obróbki skrawaniem temperatura ciała wzrasta; podczas ogrzewania w płomieniu palnika, temperatura także wzrasta.
a. Wyjaśnij oba zjawiska na podstawie I zasady termodynamiki.
b. Na czym polega różnica sposobu podwyższania temperatury w obu przypadkach?

652. Energia kinetyczna cząsteczek gazu doskonałego stanowi jego energię wewnętrzną. Oblicz energię wewnętrzną gazu, którego 1 mol pod ciśnieniem p = 100 kPa zajmuje objętość V=1m^3.

653. Jeśli energia wewnętrzna ciała nie zmienia się, to zawsze:
a) praca wykonana przez ciało jest większa od ciepła dostarczonego ciału,
b) praca wykonana jest równa zeru,
c) energia dostarczona ciału przez wykonanie pracy jest w całości oddana otoczeniu przez odpływ ciepła od ciała. Wybierz i uzasadnij odpowiedź.

654. Wskutek czego zachodzi zmiana energii wewnętrznej gazu:
a) przy ogrzewaniu go płomieniem palnika,
b) przy sprężaniu go za pomocą tłoka? Podaj znak (+ , —, 0) ciepła, pracy i zmiany energii wewnętrznej w obu przypadkach.

655. Z pewną ilością gazu doskonałego wykonano zamknięty cykl przemian 1—2—3—1 pokazany na rysunku 212. Przerysuj ten wykres we współrzędnych p,V i zaznacz znakami + i — odpowiednie etapy procesu, w których gaz pobierał lub oddawał ciepło otoczeniu.



Rys. 212

656. Idealny gaz został rozszerzony izotermicznie wykonując pracę W= 20 J. Jaką ilość ciepła dostarczono do gazu?

657. Przy sprężaniu gazu wykonano pracę W= 100 J. Energia wewnętrzna gazu wzrosła o ΔU=70J. Ile ciepła wydzieliło się w tym procesie?

658. Gaz w cylindrze pod tłokiem otrzymał Q = 100 J ciepła. Energia gazu wzrosła o ΔU=70 J. Jaka część ciepła zamieniła się na pracę wykonaną przez gaz przeciwko siłom zewnętrznym?

659. Jeżeli energia wewnętrzna gazu doskonałego wzrosła o ΔU = 100 J podczas wykonania nad gazem pracy W= 120 J, to
a. Temperatura gazu wzrosła i ciepło zostało oddane otoczeniu.
b. Temperatura gazu zmalała i ciepło zostało oddane otoczeniu.
c. Temperatura gazu wzrosła i ciepło zostało pobrane od otoczenia.
d. Temperatura gazu zmalała i ciepło zostało pobrane od otoczenia.
Wybierz i uzasadnij odpowiedź.

660. Oblicz energię wewnętrzną jednoatomowego gazu doskonałego zawierającego N = $2\cdot10^{22}$

cząsteczek o masie m = $6\cdot10^{-26}$ kg każda, poruszających się ze średnią prędkością $v = 800 \frac{J}{kg}$.

661. Oblicz energię wewnętrzną $n = 2$ moli jednoatomowego gazu doskonałego o temperaturze T=300K. Stała gazowa $R = 8{,}3 \frac{J}{mol \cdot K}$

662. Oblicz zmianę energii wewnętrznej m = 0,1 kg gazu doskonałego przy zmianie jego temperatury o $\Delta T = 50$ K. Ciepło właściwe gazu przy stałej objętości $C_v = 500 \frac{J}{mol \cdot K}$

663. Gaz doskonały o masie m = 0,25 kg został poddany przemianie, w której otrzymał ciepło Q=3000 J i pracę W= 9500 J, wskutek czego jego temperatura wzrosła o ΔT = 100 K. Oblicz ciepło właściwe gazu w stałej objętości.

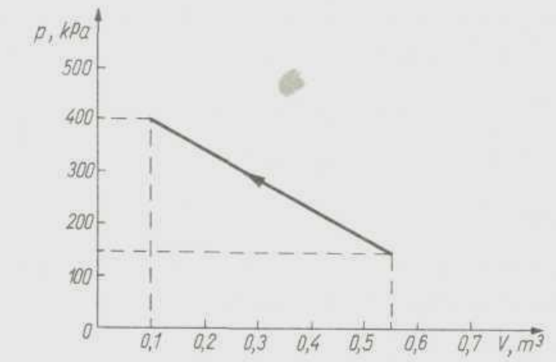
26. Ciepło, energia wewnętrzna i praca w przemianach gazowych

664. Tlen w stałej objętości V= 10 dm^3 zwiększył swoje ciśnienie od p_1 = 152 kPa do p_2=355kPa. Jaką ilość ciepła pobrał tlen w tej przemianie? Ciepło molowe tlenu w stałej objętości $C_v = 20{,}9 \frac{J}{mol \cdot K}$

665. Przy ogrzaniu tlenku węgla (CO) o Δt_1 = 25°C pod stałym ciśnieniem pochłania on Q_1=500 J ciepła, a przy ochładzaniu go o Δt = 75°C w stałej objętości oddaje on otoczeniu Q_2 = 1070 J ciepła. Oblicz stosunek $\frac{C_p}{C_v}$ dla tlenku węgla.

666. Oblicz zmianę energii wewnętrznej n = 3 moli gazu doskonałego przy ogrzaniu go o ΔT=80K. Wykładnik adiabaty dla tego gazu κ= 1,5.

667. Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu poddanego przemianie przedstawionej na rysunku 213. Gaz w tym procesie otrzymał ciepło Q = 41 250 J.



Rys. 213

668. Oblicz ciepło otrzymane przez gaz w przemianie izobarycznej. Masa gazu m = 1,2 kg, ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu $C_p = 600 \frac{kJ}{kg \cdot K}$, a przyrost temperatury ΔT=160K.

669. Zmiana energii wewnętrznej pewnej ilości gazu doskonałego w przemianie izochorycznej wynosi ΔU = 30 kJ. Ile ciepła pobrał gaz w tej przemianie?

670. Wodór o nieznanej masie ulega przemianie izobarycznej. Wyznacz masę wodoru, jeśli wiadomo, że podczas ogrzania go od T_1 =300 K do T_2 =700 K, została wykonana praca W=200 J.Masa molowa wodoru $\mu = 2 \frac{g}{mol}$

671. Powietrze o masie m = 5 g ogrzewane jest przy stałym ciśnieniu od temperatury T_1 = 290 K. Jaką ilość ciepła Q należy dostarczyć, aby objętość powietrza wzrosła n = 2 razy. Ciepło właściwe powietrza przy stałym ciśnieniu wynosi $C_p = 1 \dfrac{kJ}{kg \cdot K}$

672. Jeden mol azotu pod stałym ciśnieniem normalnym ochłodzono tak, że zmniejszył on swoją objętość od V_1 = 200 cm^3 do V_2 = 100 cm^3. Jaką ilość ciepła oddał gaz otoczeniu? Ciepło molowe azotu pod stałym ciśnieniem $C_p = 29 \dfrac{kJ}{kg \cdot K}$

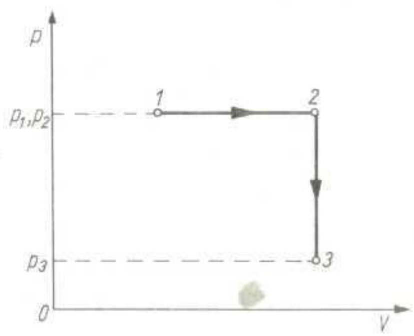
673. W cylindrze pod tłokiem znajdują się m = 2 mole powietrza. Wyznacz temperaturę początkową, jeżeli wiadomo, że po dostarczeniu Q = 29,31 kJ ciepła, objętość powietrza zwiększyła się n = 3 razy. Ciepło właściwe jednego mola powietrza przy stałym ciśnieniu $C_p = 29{,}31 \dfrac{J}{mol \cdot K}$

674. Aby podwyższyć temperaturę gazu doskonałego o masie m = 2,8 g o ΔT= 50 K, przy stałym ciśnieniu, należy dostarczyć Q_p = 17,5 J ciepła. Jaką ilość ciepła trzeba dostarczyć tej samej masie gazu, aby w stałej objętości jego temperatura wzrosła o ΔT= 50 K? Masa molowa gazu wynosi $\mu = 28 \dfrac{g}{mol}$.

675. W hermetycznie zamkniętym naczyniu o objętości V= 4,16 dm^3 znajduje się powietrze pod ciśnieniem p = 100 kPa. Jakie ciśnienie powietrza ustali się w naczyniu, jeżeli dostarczymy mu ciepła Q = 1050 J? Ciepło molowe powietrza przy stałej objętości $C_v = 21 \dfrac{J}{mol \cdot K}$ Potraktuj powietrze jako gaz doskonały.

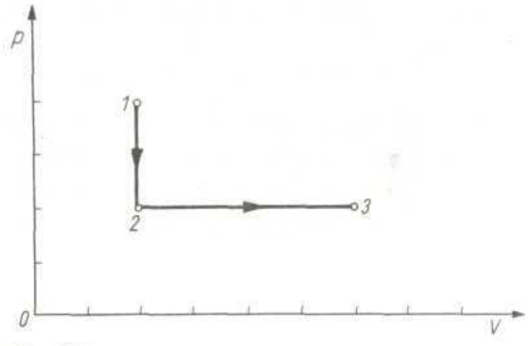
676. Pewną ilość gazu doskonałego podgrzano od temperatury T_1 = 300 K do temperatury T_2=450 K stwierdzając, że objętość gazu zmieniła się proporcjonalnie do zmiany temperatury. Początkowa objętość gazu wynosiła V_1 =10 dm^3. Ciśnienie gazu po przemianie wynosiło p_0 = 200 kPa. Jaką pracę wykonał gaz w tym procesie?

677*. Mol idealnego gazu został poddany najpierw przemianie izobarycznej wzdłuż prostej *1-2*, a następnie przemianie izochorycznej wzdłuż prostej *2-3* (rys. 214), przy czym gaz wykonał pracę W. Stosunek ciśnienia $p_2 : p_3 = n$, a ponadto wiadomo, że temperatura T_3 w punkcie końcowym przemiany równa jest temperaturze T_1 w punkcie początkowym przemiany. Wyznacz tę temperaturę.



Rys. 214

678*. Mol gazu doskonałego został poddany najpierw przemianie izochorycznej wzdłuż prostej *1-2*, a następnie przemianie izobarycznej wzdłuż prostej *2-3* (rys. 215). Gaz wykonał pracę W, a ponadto wiadomo, że temperatura gazu w punkcie *3* równa jest temperaturze w punkcie *1* przemiany i wynosi T. Wyznacz stosunek ciśnień $p_1 : p_2$.



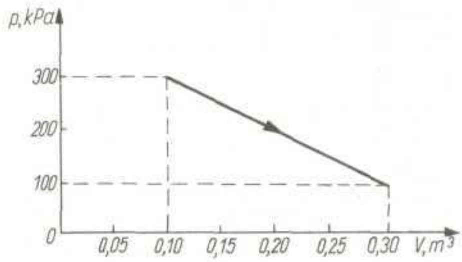
Rys. 215

579. W cylindrze pod tłokiem znajduje się pewna ilość powietrza, którą ogrzewano przy stałym ciśnieniu dostarczając ilość ciepła Q = 1000 J. Jaką pracę wykona gaz? Ciepło właściwe powietrza przy stałym ciśnieniu $C_p = 1000 \frac{J}{kg \cdot K}$. Masa molowa powietrza μ=29 $\frac{J}{kg \cdot K}$. Potraktuj powietrze jako gaz doskonały.

680. Oblicz ciepło dostarczone gazowi doskonałemu w przemianie izotermicznej, podczas której gaz wykonał pracę W= 52 kJ.

27. Pierwsza i druga zasada termodynamiki

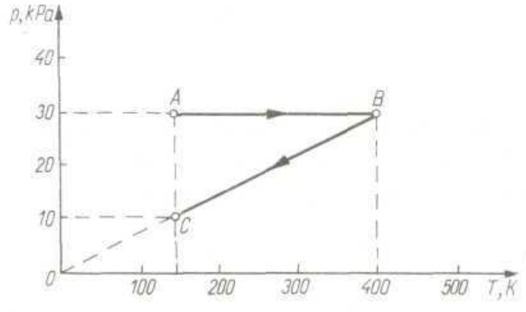
681. O ile stopni zmieniła się temperatura gazu, który w przemianie gazowej pokazanej na rysunku 216 pobrał ciepło Q = 40 kJ?



Rys. 216

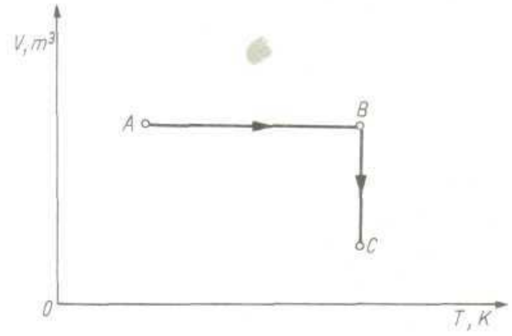
682. Oblicz ciepła właściwe C_p i C_v gazu doskonałego, którego wykładnik adiabaty wynosi κ = 1,66, a masa molowa $\mu = 28 \frac{g}{mol}$.

683. Gaz doskonały został poddany przemianom AB i BC pokazanym na rysunku 217. Oblicz w całej przemianie: a) zmianę energii wewnętrznej gazu, b) pracę wykonaną przez gaz, c) ciepło otrzymane przez gaz, jeżeli zmiana objętości wynosiła $\Delta V = 0{,}2$ m^3.



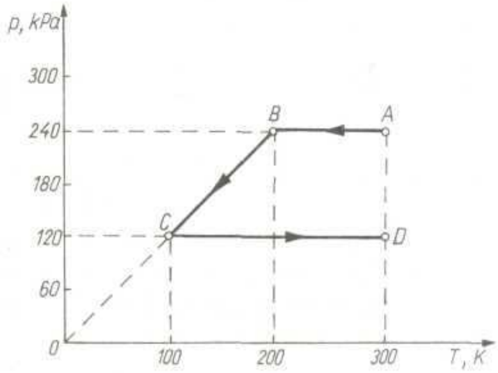
Rys. 217

684. Na rysunku 218 pokazano wykres pewnej przemiany gazowej we współrzędnych V,T. Na odcinku AB gaz otrzymał ciepło Q = 100 kJ, a na odcinku BC nad gazem wykonano pracę W= 60 kJ. Oblicz zmianę energii wewnętrznej w całej przemianie i ciepło otrzymane przez gaz w całej przemianie.



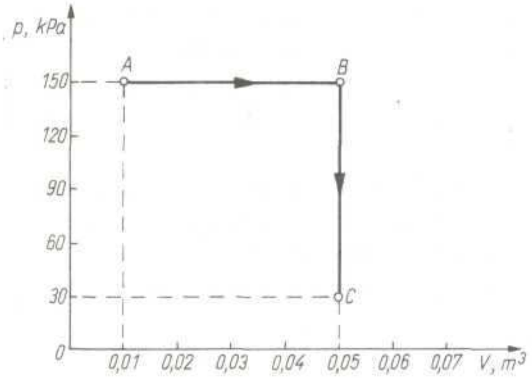
Rys. 218

685. Oblicz pracę, ciepło i zmianę energii wewnętrznej z = 1 mola gazu doskonałego w przemianie *ABCD* pokazanej na rysunku 219.



Rys. 219

686. Oblicz ciepło otrzymane przez gaz w przemianie pokazanej na rysunku 220.



Rys. 220

687. Gaz doskonały o wykładniku adiabaty κ = 1,4 poddano izobarycznemu rozprężaniu, przy ciśnieniu p = 200 kPa takim, że jego objętość wzrosła o ΔV= 0,5 m^3. Oblicz ciepło pobrane przez gaz, pracę wykonaną przez gaz i zmianę jego energii wewnętrznej.

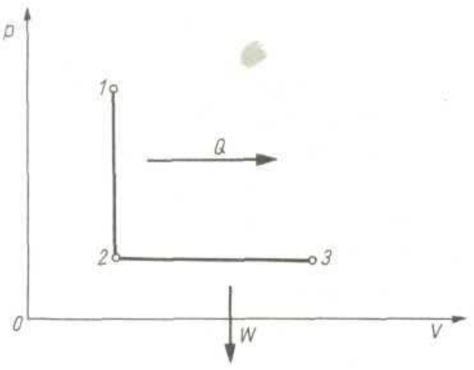
688. Mol gazu doskonałego powoli podgrzewano tak, że przeszedł ze stanu p_o,V_o do stanu $2p_0$, $2V_0$. W jaki sposób zmienia się temperatura gazu w zależności od objętości, jeżeli zależność ciśnienia od objętości wyrażona jest na wykresie we współrzędnych *p, V*— linią prostą? Wyznacz pracę, jaką wykonał gaz.

689. W cylindrze o polu przekroju poprzecznego *S* znajduje się *m* = 5,6 g azotu zamkniętego nieważkim tłokiem, na którym postawiono dodatkowo odważnik o masie *M*. Jaką pracę wykona gaz, jeżeli go ogrzejemy od temperatury t_1 = 27°C do temperatury t_2 = 527°C? Masa molowa azotu $\mu = 0{,}028\,\frac{g}{mol}$ Potraktuj azot jako gaz doskonały.

690*. Mol gazu doskonałego znajduje się w cylindrze pod tłokiem w temperaturze T_1 = 300 K. Przy stałym ciśnieniu gaz został podgrzany do temperatury T_2 = 600 K, a następnie przy stałej objętości podgrzany do temperatury T_3 = 800 K. Potem ochłodzono gaz przy stałym ciśnieniu tak, że jego objętość powróciła do objętości początkowej i przy tej objętości ochłodzono go ponownie tak, że znalazł się w warunkach początkowych. W ten sposób został wykonany cykl zamknięty. Jaką pracę wykonał gaz w ciągu tego cyklu?

691. W cylindrze o polu przekroju poprzecznego *S* znajduje się azot o masie m, temperaturze *T* i ciśnieniu *p*, zamknięty tłokiem o masie *M*. Oblicz siłę tarcia tłoka o ścianki cylindra, jeżeli do podniesienia tłoka azot musiał pobrać ilość ciepła *Q*. Ciśnienie atmosferyczne wynosi p_0, a ciepło właściwe azotu w stałej objętości wynosi C_v.

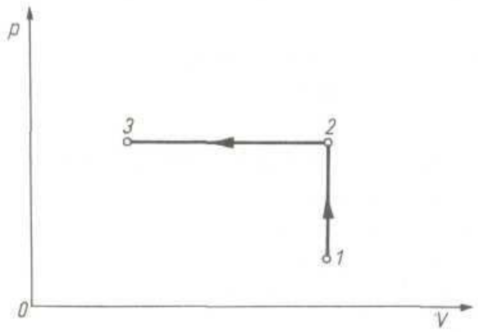
692*. Jeden mol powietrza pod ciśnieniem p_1 = 1 MPa o temperaturze początkowej T_1 = 390 K został izochorycznie oziębiony tak, że jego energia wewnętrzna zmieniła się o ΔU = -7,17KJ, a następnie rozprężając się izobarycznie wykonał pracę W= 745 J



Rys. 221

(rys. 221). Oblicz p_2, V_1, V_3. Ciepło molowe gazu w stałej objętości wynosi C_v = 21,63 $\frac{J}{mol \cdot K}$; praca w procesie izobarycznym wyrażą się wzorem $W= p[V(k) - V(p)]$ gdzie $V(k)$ oznacza objętość końcową gazu, a $V(p)$ — objętość początkową gazu.

693*. Mol gazu doskonałego podlega przemianie ze stanu *1* do stanu 3, najpierw izochorycznie wzdłuż prostej *1-2*, a następnie izobarycznie wzdłuż prostej *2-3* (rys. 222). Podczas przemiany izochorycznej gaz pobiera ilość ciepła Q = 6,16 kJ, którą oddaje przy przemianie izochorycznej. Jaką temperaturę będzie miał gaz w stanie końcowym, jeżeli w stanie początkowym miał temperaturę t_1 = 27°C? Ciepło molowe gazu, przy stałej objętości, wynosi C_y = 21 $\frac{J}{mol \cdot K}$



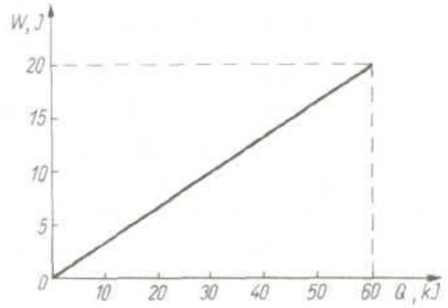
Rys. 222

694. Silnik cieplny pobiera ze źródła w jednym cyklu ciepło Q = 20 kJ i wykonuje pracę użyteczną W= 6 kJ. Ile wynosi termodynamiczna sprawność tego silnika?

695. Silnik cieplny o sprawności termodynamicznej η= 0,25 oddaje do chłodnicy w jednym cyklu ciepło Q_2 = 750 J. Ile ciepła pobiera ten silnik ze źródła w czasie jednego cyklu? Jaką pracę wykonuje silnik w jednym cyklu?

696. Silnik cieplny oddaje do chłodnicy k = 3 razy więcej ciepła, niż wykonuje użytecznej pracy, w każdym cyklu. Oblicz termodynamiczną sprawność tego silnika.

697. Zależność pracy wykonanej przez pewien silnik cieplny od ciepła oddanego do chłodnicy *(Q)* przedstawiono na rysunku 223. Ile wynosi sprawność tego silnika?



Rys. 223

698. Oblicz temperaturę źródła idealnego silnika cieplnego (Carnota), o sprawności termodynamicznej μ= 0,6, jeżeli temperatura chłodnicy wynosi T_2 = 600 K.

699. Oblicz sprawność idealnego silnika cieplnego, którego źródło ciepła ma temperaturę t_1=1500°C, a temperatura chłodnicy t_2 = 400°C.

700. Ile pracy wykonuje idealny silnik termodynamiczny pobierający ze źródła ciepło Q_1= 60 kJ, jeżeli temperatura źródła jest n = 3 razy większa od temperatury chłodnicy?

701. Idealny silnik cieplny o temperaturze chłodnicy T_2 = 400 K pobiera ze źródła $k = 5$ razy więcej ciepła niż wykonana praca. Oblicz temperaturę źródła ciepła.

Odpowiedzi do zadań

Ruch i siła

1. Ruch jednostajny punktu materialnego

6. a) 0 m, b) 6 m.

8. a) $1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, b) $0{,}75\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

9. a) $84\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$, b) $120\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

10. $880\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

11. $s = 1000$ m.

12. $v = 6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

13. $v_k = 6{,}7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

14. $x = 240$ m.

15. $\alpha \approx 27^\circ$, $v = 22\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$.

16. $\sin\alpha = 0{,}8$.

17. $v = 125\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\alpha \approx 16^\circ 15'$.

18. $v_m = 69\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

19. a) $\alpha = 90^\circ$, $v = 746\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$, b) $\alpha = 176^\circ$, $v = 798\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$, c) $\alpha = 4^\circ$, $v = 798\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

20. $v_p = 0{,}57\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t = 4^{\text{m}}21^{\text{s}}$.

21. $v_w = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v' = 17{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

22. $\alpha = 38^\circ 41'$; $v = 0{,}624\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

23. $u = \dfrac{vl}{\sqrt{l^2+s^2}}$.

24. a) $t_1 > t$, b) $t_2 = t$, c) $t_3 < t$.

27. $v(3) = 2{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v(5) = 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_{\text{śr}} = 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

32. $t = \dfrac{d}{c} = 8^{m}20^{s}$.

33. $l = 0{,}5ct = 380\,000$ km.

34. motocykl.

35. $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = 6\ \dfrac{\text{km}}{\text{s}}$.

36. nie.

37. $x = vt - l = 1200$ m.

38. $v_{\text{śr}} = \dfrac{12v_1v_2v_3}{7v_1v_2 + 4v_2v_3 + v_1v_3} = 20\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

39. $v_{\text{śr}} = \dfrac{l_1 + l_2}{vt_1 + l_2}v = 75\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

41. $h = v\sin\alpha\Delta t = 205$ m.

42. $h = v\sin\alpha\Delta t = 12$ m.

43. $\dfrac{t_2}{t_1} = 1{,}5$.

44. $t_1 = \dfrac{t}{n-1}$.

45. $v_1 = \dfrac{s}{t} = 40\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_2 = \dfrac{s}{t - t_1} = 45\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

46. $t_1 = t$.

47. $0{,}1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

48. $t = \dfrac{l}{v_2 + v_1} + t + \dfrac{l}{v_2 - v_1} = 7$ min 48 s.

49. $t_1 = \dfrac{t(n+1)}{n} = 27$ s.

50. $t_1 = \dfrac{v_1 t}{v_1 - v_2} = 15$ s; $l_1 = v_1 t = 50$ m; $l_2 = \dfrac{v_1^2 t}{v_1 - v_2} = 300$ m.

51. $t = \dfrac{2t_1t_2}{t_2 - t_1} = 32$ h.

52. $v_s = \dfrac{l(2t + \Delta t)}{2t(t + \Delta t)} = 36\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_p = \dfrac{l\Delta t}{2t(t + \Delta t)} = 2\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

53. $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{2s}{l} = 0{,}75$; $v = \dfrac{\sqrt{4s^2 + l^2}}{t} = 6\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

54. $\Delta t_2 = \dfrac{l_1+l_2}{v_{śr}} - \Delta t_1 = 3$ h; $v_{śr} = \dfrac{3v_{1śr}v_{2śr}}{2v_{1śr}+v_{2śr}}$; $v_{2śr} = \dfrac{l_2 v_{śr}}{l_1+l_2-v_{śr}\Delta t_1} = 120\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

55. a) $u = \dfrac{l}{2t} = 60\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_A = \dfrac{l}{2t}+v = 78\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_B = \dfrac{l}{2t}-v = 42\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$,

b) $l_1 = \dfrac{l}{2}+vt = 195$ km, c) $t_{BA} = \dfrac{2lt}{l-2vt} = 7$ h 8 min 34 s. $t_{AB} = \dfrac{2lt}{l+2vt} = 3$ h 50 min 46 s.

56. a) $v_{AB} = \dfrac{2v_1v_2}{v_1+v_2} = 72\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$, b) $v_{BA} = \dfrac{v_3+v_4}{2} = 75\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$,

c) $v_{ABA} = \dfrac{4v_1v_2(v_3+v_4)}{4v_1v_2+(v_1+v_2)(v_3+v_4)} = 73{,}5\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$, d) $v_{ABA} = \dfrac{2v_{AB}v_{BA}}{v_{AB}+v_{BA}} = 72{,}7\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

57. $\dfrac{l}{n(t_1+t_2+t_3)+t_1} < v < \dfrac{l}{n(t_1+t_2+t_3)}$; $n = 1,2,3,\ldots$

58. $\operatorname{tg}\alpha_m = \dfrac{v_2}{\sqrt{v_1^2-v_2^2}}$; $\alpha_m = 56°27'$; $t = \dfrac{dv_1}{v_2\sqrt{v_1^2-v_2^2}} = 10$ min 51 s.

59. $v_2 = v_1\dfrac{\sin\beta}{\sin\alpha} = 6{,}4\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

60. $x_{\min} = l\sin\gamma$; $t = \dfrac{l\cos\gamma}{v'}$.

61. $d = 20$ m.

62. $\vec{v} = \left[1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}},\ 2\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right]$; $v = \sqrt{5}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

63. $\vec{v}_{B/A} = \left[-6\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}},\ 0\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right]$; $|v| = 6\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

2. Ruch jednostajnie zmienny punktu materialnego

64. $a_A = \dfrac{2}{3}\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_B = \dfrac{2}{3}\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_C = 0\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_D = -\dfrac{3}{7}\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

65. $a_1 = 1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_2 = -0{,}25\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_3 = \dfrac{5}{3}\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

66. $t_1 = 3$ s; $t_2 = 7$ s.

73. $t_B = 3{,}6$ s.

74. $v_k = 0$.

75. a) 0 m, b) 0,5 $v_{\max}\ t_0$.

77. $t = \dfrac{v}{a} = 20$ s; $s = \dfrac{v^2}{2a} = 1000$ m.

78. $s = 0{,}5(v_1 + v_2)t = 120$ m.

79. $t_1 = \frac{2l}{v} = 1{,}6$ ms; $a = \frac{v^2}{2l} = 5\cdot 10^5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

80. $h_k = \frac{v_k^2}{2a} = 10$ km; $t_k = \frac{v_k}{a} = 25$ s.

81. $a = \frac{2\Delta s}{(\Delta t)^2} = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $v = \frac{2\Delta s}{\Delta t} = 20\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

82. $v_0 = \frac{2\Delta s}{\Delta t} = 7{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$; $a = \frac{2\Delta s}{(\Delta t)^2} = 0{,}75\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

83. $t = \frac{v}{a} = 4$ s; $s = \frac{vt}{2} = 40$ m.

84. $t = \frac{2s}{v} = 0{,}2$ ms; $a = \frac{v^2}{2s} = 2{,}5\cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

85. $v_2 = \frac{2s}{t} - v_1 = 5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

86. $s_1 = \frac{v^2 - v_1^2}{2a} = 67$ m.

87. $t = \frac{v_0}{2a}$; $s = \frac{3v_0^2}{8a}$.

88. $h = \frac{1}{2}a_1 t_1(t_1 + 2t_2 + 2t_3) - \frac{1}{2}a_2 t_3^2 = 13$ m; $v_k = a_1 t_1 - a_2 t_3 = 0$.

89. $\Delta v = |a_1 - a_2|\Delta t = 9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$; $\Delta s = \frac{|a_1 - a_2|(\Delta t)^2}{2} = 45$ m.

90. $s = (v_1 + v_2)t - \frac{1}{2}(a_1 - a_2)t^2 = 443$ m; $s_z = \frac{v_2^2}{2a} = 521$ m.

91. $a' = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} = 5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $t = \frac{a_2 v_2 - a_1 v_1 + \sqrt{(a_1^2 + a_2^2)v'^2 - (a_1 v_2 + a_2 v_1)^2}}{a_1^2 + a_2^2} = 5{,}34$ s.

92. Tak.

93. $s = 7$ m.

94. $v(7) = 4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

95. 72 m; 216 m.

96. $t = 12{,}5$ s; $x = 103$ m.

97. $\Delta t = 60$ s.

98. $a = \frac{v^2}{s} = \frac{1}{12}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $s_w = \frac{s}{2} = 600$ m.

99. $t_s = \frac{2(v_2 - v_1)}{a_1 - a_2} = \frac{2}{3}\,\mathrm{s}; \quad s = 1{,}54\ \mathrm{m}.$

100. $v_0 = 14\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}; \quad a = -2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

102. $t = 12{,}5\ \mathrm{s}.$

103. $t_1 = \frac{v_1 + \sqrt{v_1^2 + 2a\Delta t(v_1 - v_2)}}{a} = 6{,}5\ \mathrm{s};$

$v_2 = v_1 + \sqrt{v_1^2 + 2a\Delta t(v_1 - v_2)} = 20{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

104. $a = \frac{2s(n-1)}{(n+1)t^2}.$

107. $s = at + \frac{bt^2}{2} = 44\ \mathrm{m}.$

108. $a = 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2};$ a) $3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, b) $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, c) $7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

109. $\vec{r}(8\ \mathrm{s}) = [97\ \mathrm{m},\ 48\ \mathrm{m}]; \quad \vec{v}(8\ \mathrm{s}) = \left[24\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}},\ 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right].$

110. $\vec{v}(t) = \left[1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}},\ 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right] + \left[1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2},\ 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]t.$

111. $\vec{r}(t) = \left[v_0 t\cos\alpha,\ v_0 t\sin\alpha - \frac{gt^2}{2}\right].$

112. $v_0 = \sqrt{5}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}; \quad a = 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

114. $\Delta t = \left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{5}}{2}\right)\mathrm{s} \approx 0{,}3\ \mathrm{s}.$

3. Ruch punktu po okręgu

115. $v = \frac{2\pi R}{T} \approx 30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}.$

116. $v = \frac{2\pi R}{T} = 463\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

117. $\alpha = \frac{2\pi t}{T} = \frac{\pi}{12}\,\mathrm{rad}\ (15^\circ).$

118. $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(R+h)}{T}.$

119. $T = \dfrac{2\pi l}{v} = 12$ s.

120. $v = \pi d n = 12{,}6\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

121. $v_A = 0;\quad v_B = 4\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

122. $\nu = \dfrac{v}{\pi d} = 8\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

123. $R = \dfrac{v_2 l}{v_1 - v_2} = 4{,}8$ m.

124. $v = \dfrac{2\pi f n_1 r}{n_2} = 13{,}1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

125. $v = \dfrac{(r_2 - r_1) r_2 \omega}{s}$.

126. $v_A = \dfrac{s(r-x)}{tx} = 0{,}2\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}};\quad v_B = \dfrac{s(r+x)}{tx} = 1{,}4\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}};\quad x = \sqrt{r^2 - \dfrac{d^2}{4}}$.

127. $\omega = \dfrac{v_0 - v_1}{l} = 0{,}833\ \dfrac{1}{\text{s}};\qquad v_{\text{śr}} = 0{,}5(v_1 + v_2) = 2{,}25\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

4. Dynamika punktu materialnego (I)

128. $F_3 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 5$ N.

129. $Q = 1{,}5$ N.

133. jednocześnie.

134. nie zmieni.

135. $F_1 = 5$ N; 10 N.

136. $F(1) = 6$ N; $F(3) = 1{,}33$ N; $F(6) = -3$ N.

137. $F = \rho S v^2 = 25$ kN.

138. $p = \rho v^2 = 290$ Pa.

139. $F = \dfrac{mv}{\Delta t} = 6$ kN.

140. $\Delta v = \dfrac{Ft}{m} = 20\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

141. $v_1 = 2{,}5\ v$.

142. $F = \dfrac{2mv}{\Delta t} = 100$ N.

143. $M = nm = 60$ kg.

144. a) $v_k = \dfrac{m_1 v}{m_1 + m_2} = 0{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$; b) $v_k = \dfrac{m_1 v + m_2 v}{m_1 + m_2} = 1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$;

c) $v_k = \dfrac{m_1 v - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = 0{,}53\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

146. $v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1} = 4{,}42\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

147. $v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = -0{,}333\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

148. $p = 5\cdot 10^{-3}\ \text{kg}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

149. $M = \frac{m(v_1 - v_2)}{v_2} = 2\cdot 10^6\ \text{kg}$.

150. $v = \frac{m_2(v_2 - v_1)}{m_1} = 1{,}75\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

151. $u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} + \frac{m_4 v_4}{m_3 + m_4} = \frac{50}{21}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

152. $v = \frac{(n+1)v_1 - v_2}{n} = 136\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

153. $u_{\text{ostat}} = v_1 - \frac{m_1 v}{m + m_1} = 1{,}63\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $u_{\text{pierw}} = v_1 + \frac{m_1 v}{m + m_1} = 2{,}37\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $u_{\text{środ}} = 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

154. $v_d = \frac{mv\cos\alpha}{M} = 2{,}21\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

155. $m = \frac{0{,}01\,M}{3} = 0{,}003\,M$.

156. $F = \frac{m_1}{1s}(v_2 - v_1) + \frac{m_2}{1s}v_2 = 4800\ \text{N}$.

157. $l = \frac{m_2 v}{m_1 + m_2}\sqrt{\frac{2h}{g}} = 25{,}3\ \text{cm}$.

158. $l = \frac{M(v_0 - v_1) + m v_0}{m}\sqrt{\frac{2h}{g}} = 16{,}6\ \text{m}$.

160. $x(t) = \frac{At}{m} - \frac{Bt^2}{2m} = 67{,}5\ \text{m}$.

161. $v = \frac{k}{k+1}\sqrt{\frac{lg\,\text{ctg}\,\alpha}{2}} = 0{,}76\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

162. $s = l + t\sqrt{2gH} = 200\ \text{m}$.

5. Dynamika punktu materialnego (II)

165. $F = ma = 0{,}48\ \text{N}$.

166. $a = \frac{F}{m} = 9\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

167. $m = \dfrac{F}{g+a} = 2$ kg.

168. $F_2 = \sqrt{m^2a^2 - F_1^2} = 27$ N.

169. $a = 2g \approx 20\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

170. wózek B.

171. $F = \dfrac{mv}{t_2} = 3$ kN.

172. $t = \dfrac{mv}{F} = 12$ s.

173. $F = \dfrac{mv^2}{2l} = 5$ kN; $t = \dfrac{2l}{v} = 0{,}4$ ms.

174. $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{k}{n}$.

175. $m = \left|\dfrac{F\,\Delta t}{v_1 - v_2}\right| = 400$ kg.

176. $x = \dfrac{(F_1 - F_2)t^2}{2m} = 60$ m.

177. $a_1 = \dfrac{m_2 a}{m_1} = 0{,}067\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

178. $s = \dfrac{(4F - T)t^2}{2m} = 54$ m.

179. $s_1 = \dfrac{4}{5}l = 44$ m.

180. $u = \dfrac{Fg\Delta t(P_1 + P_2)}{P_1 P_2} = 4{,}12\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

181. $a = g - \dfrac{P}{m} = 2\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

182. $F_1 = 3$ kN; $F_2 = 30$ kN; $F_3 = 300$ kN.

183. $F_x = \dfrac{2m(s_1 - vt_1)}{t_1^2} = 10$ N.

184. 12 N, 36 N.

185. $a = g\left(\dfrac{M}{m} - 1\right) = 2{,}5\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

186. $a_A = 2g$ (w górę); $a_B = 2g$ (w dół); $a_C = 0$.

187. $a_1 = \dfrac{m_2 a}{m_1 + m_2}$; $a_2 = \dfrac{m_1 a}{m_1 + m_2}$.

188. $F_{\text{śr}} = \dfrac{mv^2}{2l} = 2{,}5$ kN.

189. $m = \dfrac{Ft^2}{2h+gt^2} = 100$ kg.

190. $N_1 = P\left(1 \pm \dfrac{a}{g}\right)$; 21 N; 3 N.

191. 15 N; 10 N; 5 N; 5 N; 10 N; 15 N.

192. 20 N; 20 N; 380 N.

193. $\dfrac{m_2 g}{m_1} = 3{,}33\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

194. $a_{\max} = 2a+g = 13{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

195. $a_2 = \dfrac{g(2m_1-m_2)}{4m_1+m_2}$; $a_1 = 2a_2$; $T = \dfrac{3m_1m_2}{4m_1+m_2}$.

196. $a_1 = \dfrac{|m_1(m_2+m_3)-4m_2m_3|}{m_1(m_2+m_3)-4m_2m_3}g = 0{,}58\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

197. $v = \sqrt{2gh} = 7{,}7\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$; $t = l\sqrt{\dfrac{2}{gh}} = 5{,}2$ s.

198. $s = \dfrac{mv^2}{2(F\cos\beta - mg\sin\alpha)} = 1$ m.

199. $a = g\dfrac{m_2-m_1\sin\alpha}{m_1+m_2}$; $T = \dfrac{m_1m_2g(1+\sin\alpha)}{m_1+m_2}$.

200. $\alpha = 45^\circ$.

201. $a = g\dfrac{|m_1\sin\alpha - m_3\sin\beta|}{m_1+m_2+m_3}$; $T_{1,2} = (m_1+m_3)a+m_3g\sin\alpha$; $T_{2,3} = m_3(a+g\sin\beta)$.

6. Rzuty pionowe w polu grawitacyjnym

202. $v_0 = \dfrac{g\Delta t}{2} = 20$ m.

203. $n = \Delta t\sqrt{\dfrac{g}{2h}} = 15$.

204. $v_0 = \dfrac{h}{\Delta t}+g\dfrac{\Delta t}{2} = 19\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

205. $h = \Delta t\left(\dfrac{g\Delta t}{2}-v\right) \approx 1200$ m.

206. $v = \dfrac{v_0^2}{2(g\Delta t - v_0)} = 0{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

207. $t_d = \dfrac{d}{g\Delta t} + \dfrac{\Delta t}{2} = 5{,}2$ s.

208. $t_1 = \dfrac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g};\quad t_2 = \dfrac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}.$

209. $h_2 - h_1 = (v_2 - v_1)\,t = 3$ m.

210. $v_0 = \dfrac{1}{2}\sqrt{8gh + g^2(\Delta t)^2} = 36\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

211. $h = \dfrac{(n+1)gt^2}{2(n-1)} = 66{,}5$ m; $\quad v_0 = \dfrac{gt}{n-1} = 7{,}5\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

212. $20\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

213. $v_1 = v_2\sqrt{n} = 16\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

214. $t_n = \sqrt{\dfrac{2hn}{g}} - \sqrt{\dfrac{2(n-1)h}{g}}.$

215. $t_s = (\sqrt{2} + 2)\,\Delta t = 3{,}42$ s; $\quad h_s = g(\Delta t)^2\,(3 + 2\sqrt{2}) = 60$ m.

216. $h = \dfrac{3(\sqrt{3}+1)g(\Delta t)^2}{16} \approx 27$ m.

217. $t = \dfrac{v_0}{g} - \dfrac{\Delta t}{2} = 2{,}25$ s; $\quad h = \dfrac{v_0^2}{2g} - \dfrac{g(\Delta t)^2}{2} \approx 30$ m.

218. $h_s = h_1\left(1 - \dfrac{h_1}{4h_2}\right) = 9{,}6$ m; $\quad t_B - t_A = 2\sqrt{\dfrac{2h_2}{g}} - \sqrt{\dfrac{2h_1}{g}} = 1{,}9$ s.

219. $d_{AB} = |h - v_0 t|.$

220. $v_0 = (h_1 + h_2)\sqrt{\dfrac{g}{2h_1}}.$

221. $t_c = (3 - 2k)\sqrt{\dfrac{2h}{g}} \approx 1{,}7$ s.

222. $t = \sqrt{\dfrac{2h}{(g-a)}} = 0{,}7$ s; $\quad v = \sqrt{2h(g-a)} = 2{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}};\quad s = \dfrac{gh}{g-a} = 2{,}5$ m.

223. $x = \dfrac{4l^2 + g(\Delta t)^2\,[g(\Delta t)^2 - 4l]}{8g(\Delta t)^2} = 0{,}206$ m.

224. $h_n = \dfrac{n^2 g(\Delta t)^2}{2}.$

7. Rzut poziomy i ukośny w polu grawitacyjnym

226. $t = \frac{l}{v_0} = 0{,}5$ s; $h = \frac{gl^2}{2v_0^2} = 1{,}25$ m.

228. $h = \frac{gl^2}{2v_0^2} = 31$ m.

229. $v = \sqrt{v_0^2 + (g\Delta t)^2} \approx 41\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\alpha \approx 75°$.

230. $t = \frac{v_0 \operatorname{tg}\alpha}{g} \approx 1$ s.

231. $v_0 = l\sqrt{\frac{g}{2s}} = 200\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

232. $h = \frac{l \operatorname{tg}\alpha}{2} = 86{,}6$ m; $v_0 = \sqrt{gl \operatorname{ctg}\alpha} = 23{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

233. $v_0 = \frac{g\Delta t}{\sqrt{n^2-1}} = 5{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

234. $v_0 = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{g}{2h}} = 1{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

235. $v = \sqrt{\frac{gl}{2\sin\alpha}} \cos\alpha \approx 14{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

237. $t_m = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} \approx 7{,}8$s.

238. $v_0 = \sqrt{\frac{5gl}{\sin 2\alpha}} \approx 780\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

239. $\sin\alpha = \frac{g\Delta t}{2v_0} \approx 0{,}5$; $\alpha \approx 30°$.

240. $\frac{z}{H} = 4\operatorname{ctg}\alpha = \frac{4}{\sqrt{3}}$.

241. $\operatorname{tg}\alpha = 2$.

242. $h = \frac{v_0^2(\sin 2\alpha)^2}{2g} \approx 7{,}3$ m.

243. $t = \frac{v_0 \cos\alpha\,(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta)}{g} = 0{,}61$ s; $h = v_0 t \sin\alpha - \frac{gt^2}{2} \approx 6{,}7$ m.

245. $v_0 = \sqrt{\pi R g}$.

246. $h = l\operatorname{tg}\alpha - \frac{gl^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} = 2{,}1$ m; $v_1 = 7{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

247. $x = 2l - \dfrac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \approx 9{,}5$ m.

248. $l = \dfrac{2v_0^2 \sin(\alpha - \beta)}{g \cos^2 \beta} \approx 1{,}75$ m.

249. $\Delta h = v_0 t(\sin\alpha + \sin\beta) = 50$ m.

250. $t = \dfrac{l}{v \cos\alpha} = 4{,}24$ s.

251. $l = 2v_0 \cos\alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2\alpha + 2gh} = 5$ m.

252. $l = 8h \sin\alpha = 0{,}8$ m.

253. $\mathrm{tg}\,\alpha = \dfrac{mg}{F} \approx 0{,}5$.

8. Tarcie a ruch

255. $F_{\mathrm{op}} = mg = 850$ N.

257. $F = mg(f_1 - f_2)$.

258. $f = \dfrac{F}{P}$; $f_1 = 0{,}31$; $f_2 = 0{,}12$.

259. $a_{\min} = gf \approx 1\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

263. $t = \dfrac{Pv}{(F - fP)g} = 15$ s.

264. $v = \dfrac{Ft\cos\alpha}{m} = 3\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

265. $s = \dfrac{(F - mg\sin\alpha)t^2}{2m} = 4{,}5$ m.

266. $F = T + P\sin\alpha + \dfrac{Pv^2}{2gl} = 4{,}35$ kN.

267. $a = \dfrac{(m_1 - m_2)g - T}{m_1 + m_2} = 1{,}6\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $N = \dfrac{m_1(2m_2 g + T)}{m_1 + m_2} = 4{,}1$ N.

268. $f = \dfrac{v_0^2}{2lg} = 0{,}1$.

269. $s = \dfrac{v^2}{2g(f_2 - f_1)} \approx 13$ m.

270. $f = \dfrac{F - (m_1 + m_2)a}{(m_1 + m_2)g} = 7 \cdot 10^{-3}$; $F_n = \dfrac{m_1 F}{m_1 + m_2} = 1 \cdot 10^{-3}$N.

271. $a = \dfrac{P_4 - f(P_1+P_2+P_3)}{P_1+P_2+P_3+P_4}g = 1{,}4\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $T_1 = 11$ N, $T_2 = 33$ N, $T_3 = 65$ N.

272. $F_{\min} = \dfrac{1}{2}[3T - mg(f_A + f_B - 2f_C)] = 52{,}5$ N;

$F'_{\min} = \dfrac{1}{2}[3T - mg(2f_A - f_B - f_C) = 52{,}5$ N.

273. $t = \dfrac{2mv_0F}{F^2 - (fmg)^2} = 13{,}5$ s.

274. $a = \dfrac{m_1 - m_2 f}{m_1 + m_2}g \approx 2{,}5\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $N = \dfrac{m_1 m_2 g(1+f)}{m_1 + m_2} = 22{,}5$ N.

275. $F = (m_1 + m_2)a + 2m_2gf = 15$ N.

276. $a = \dfrac{m_1 - m_2(\sin\alpha + f\cos\alpha)}{m_1 + m_2}g = 5{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

277. $a = \dfrac{m_1[\sin\alpha - f\cos\alpha] - m_2[\sin\beta + f\cos\beta]}{m_1 + m_2}g = 0{,}87\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

278. $v = 1{,}25\ v_0$.

279. $t = \sqrt{\dfrac{2h\cos\alpha}{g\sin\beta\sin(\beta - \alpha)}}$.

280. $y = \dfrac{h(\operatorname{tg}\alpha - f)}{\operatorname{tg}\alpha + f} = 1{,}2$ m.

9. Dynamika ruchu po okręgu

281. $a_r = \dfrac{16\pi^2 n^2 R}{t^2} \approx 120\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

282. $g = 4\pi^2 f^2 \sqrt{l^2 - R^2} = 9{,}8\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

283. $v_{\max} = \sqrt{Rgf} \approx 70\ \dfrac{\text{km}}{\text{h}}$.

284. $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{d}} = 3{,}2\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

285. $R = \dfrac{v^2}{g} \approx 5$ m.

286. $a = \dfrac{v^2}{R}$; $a_1 = 6{,}67\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_2 = 6{,}25\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a = \omega^2 R$; $a_3 = 6{,}67\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_4 = 7{,}1\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

289. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{mr}{F}} = 1{,}26$ s; $v = 2\pi\sqrt{\dfrac{Fr}{m}} \approx 10\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

290. $a_r = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2} = 9{,}6\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

291. $a = 4\pi^2 f^2 R = 2\cdot 10^4\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

292. $f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{ng}{R}} \approx 50\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

293. $E_k = \dfrac{FR}{2} = 30$ J.

294. $\dfrac{4\pi^2 n_1^2 r}{g} \leqslant f < \dfrac{4\pi^2 n_2^2 r}{g}$; $0{,}22 \leqslant f < 0{,}41$.

295. $R_{\max} = \dfrac{fg}{\omega^2} \approx 1$ cm.

296. $v_{\min} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{Rf}} \approx 0{,}78\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

297. $\cos\alpha = \dfrac{3}{2} - \dfrac{F}{2mg} \approx 0{,}5$; $\alpha \approx 60°$.

298. podczas hamowania.

299. a) $F_n = mg = 8$ kN; b) $F_n = mg - \dfrac{mv^2}{R} = 7{,}25$ kN; c) $F_n = mg + \dfrac{mv^2}{R} = 8{,}75$ kN.

300. $\dfrac{l_1}{l_2} = \dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{1}{3}$.

301. $\sqrt{\dfrac{g\,\mathrm{tg}\,\alpha}{r + l\sin\alpha}} = 4{,}6\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

302. $\omega > \sqrt{\dfrac{g\,\mathrm{ctg}\,\alpha}{R}} = 18\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

303. $\omega = \sqrt[4]{\dfrac{g^2}{R^2 - r^2}} \approx 3{,}36\ \dfrac{1}{\text{s}}$.

304. $h = \dfrac{2R}{3}$.

305. a) $v = \sqrt{Rg\,\mathrm{tg}\,\alpha} = 19\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$;

b) $v = \sqrt{Rg\dfrac{f + \mathrm{tg}\,\alpha}{1 - f\,\mathrm{tg}\,\alpha}} \approx 29\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

306. $d = 0{,}6$ m.

307. $h = 2{,}5\ R = 2$ m.

308. $v_k = \dfrac{m_1}{m_2}\sqrt{5gl} = 58\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

10. Siły bezwładności

309. równolegle do równi.

310. $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{g}$.

311. $R = \frac{v^2 \operatorname{ctg}\alpha}{g} = 195$ m.

312. $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 1^h 24^m$.

313. $N = Q\left(1 - \frac{a}{g}\right) \approx 350$ N.

314. $a_p = a - fg = 1{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

315. a) $m_1 = m_2 f$; b) $a' = \frac{m_1 + m_3 - fm_2}{m_1 + m_2 + m_3}(g + a) = 0{,}62\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

316. $m_2 = fm_1$; $a > g\frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2} = 7{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

317. $W = ml(fg - a) = 590$ J; $W = ml(fg + a) = 640$ J.

318. $a = \frac{gf}{f^2 + 2}$.

319. $a = g\operatorname{tg}\alpha + \frac{2l}{(\Delta t)^2\cos\alpha} = 5{,}7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

320. $a = g\frac{f + \operatorname{tg}\alpha}{1 - f\operatorname{tg}\alpha} = 22\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

11. Praca, energia, moc mechaniczna

321. $W = Qh = 3$ kJ.

322. $W = \frac{mv^2}{2} = 100$ MJ.

323. $E_k = \frac{F^2 t^2}{2m}$.

326. $t = \sqrt{\frac{2W}{m}\frac{2\sin\alpha}{g}} = 1{,}5$ s; $l = \frac{2W\sin 2\alpha}{mg} = 19$ m.

327. $W = Fh = 24$ kJ.

328. $W = Ph\left(1+\frac{a}{g}\right) = 39$ kJ.

329. $f_d = \mathrm{tg}\,\alpha - \frac{2l}{gt^2\cos\alpha} = 0{,}97$; $f_s = \mathrm{tg}\,\alpha = 1$.

330. $l_{\min} = \frac{v^2}{2gf} = 19$ m.

331. $l = \frac{s(\sin\alpha - f\cos\alpha)}{f} = 162$ m.

332. $f = \frac{v_0^2}{2gs\cos\alpha} - \mathrm{tg}\,\alpha \approx 0{,}15$.

333. $s = \frac{W}{F\cos\alpha} = 10$ m.

334. $W = Qh = 30$ kJ.

335. $W = l(F + mg\sin\alpha) = 165$ J.

336. $W = mgl\,\frac{fl-h}{l+fh} = 2$ kJ.

337. 180 J.

338. $a_A = 0{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $a_B = 0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $a_C = 0{,}267\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

339. 450 J.

340. a) $W = \frac{F^2(\Delta t)^2}{2(m_1+m_2)}$; b) $W = \frac{F^2(\Delta t)^2(m_1+m_2+m_3)}{2(m_1+m_2)m_3}$.

341. 3,6 MJ.

342. 28 kJ.

343. 306 MJ.

344. $F = \frac{P}{v} = 10$ kN.

345. $P_1 = \frac{F_1 l\cos\alpha}{t} = 2{,}67$ kW; $P_2 = \frac{F_2 l\cos\beta}{t} = 1{,}5$ kW.

346. $F = \frac{P}{v}$; $F_1 = 100$ kN; $F_2 = 25$ kN.

347. $\sin\alpha_m = \frac{P}{Fv} = 0{,}0375$.

348. $P = 2Qv\sin\alpha \approx 19$ kW.

349. $v = \frac{P}{Q\sin\alpha + F} \approx 4{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

350. a) nie zmieni się, b) nie zmieni się.

352. $F_1 = 48$ N; $F_2 = 0$; $F_3 = 12$ N; $F_4 = -30$ N; $P = 192$ W.

353. $P = m_w v^2 = 40$ kW

354. $E_k = \frac{p^2}{2m} = 25{,}6$ J.

355. $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{n}{k}} = 4.$

356. $u_1 = 0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}};\ \ u_2 = 3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

357. $\Delta E = Ql;\ \ 0$ J; $\ 0{,}1$ J.

358. $E = \frac{Ql}{2} = 50$ J.

12. Zasada zachowania energii mechanicznej

359. $\frac{E_p}{E_k} = \frac{2gh}{v^2} = 10.$

360. $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \approx 5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

361. $v = \frac{1}{2}\sqrt{2}\, v_0 = 11{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

362. $h = \frac{v_0^2}{2g} = 40$ m; $\ t = \frac{v_0}{g} = 2{,}8$ s.

363. $E_p = E_k = \frac{Qgt^2}{4} = 100$ J.

364. $W = mgh \approx 600$ J.

365. $\frac{h_1}{h_2} = \frac{n}{k} = 1{,}2.$

366. $W = l(mg + 0{,}5Q) = 8400$ J.

367. $k = 1 - \frac{v_1^2}{v_0^2 + 2gh} = 0{,}196.$

368. $F_{\text{śr}} = mg - \frac{mv^2}{2h} = 9{,}65$ N.

369. $v = \sqrt{2gR\sin\varphi}.$

370. $s = \frac{E}{F} = 140$ m.

371. $F = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2d} = 35$ kN.

372. $s = \frac{mv^2}{2(F\cos\beta - mg\sin\alpha)} = 1{,}05$ m.

374. mniejsza przy przesuwaniu, gdy $f < \dfrac{\sqrt{2}-1}{2} = 0{,}207$.

375. $h = \dfrac{2m_2 H}{m_1 + m_2} = 4$ m.

376. $F = Q\left(1 + \dfrac{h}{b}\right) = 16$ kN.

377. $v_1 = m_2\sqrt{\dfrac{2gh}{m_1(m_1+m_2)}} = 0{,}062\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_2 = \sqrt{\dfrac{2ghm_1}{m_1+m_2}} = 2{,}47\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

378. $v = \dfrac{m_1+m_2}{m_2}\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)} = 1200\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

379. $u_1 = v_2$; $u_2 = v_1$.

381. $v' = 2u + v = 12\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

382. $u = 2v = 0{,}6\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

383. $\dfrac{m_1}{m_2} = 1$.

384. $v = 6v_1 + 4v_2 = 42\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

385. $k = \dfrac{4m_1 m_2}{(m_1+m_2)^2} = 0{,}125$.

386. $v = v_0\sqrt{\dfrac{m_2}{m_1+m_2}}$.

387. $v = \sqrt{\dfrac{2gH(n+1)}{n}} = 0{,}7\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

388. $h = \dfrac{v^2}{18g} - \dfrac{5l}{9} = 0{,}75$ m.

389. $h = h_0\left(\dfrac{m_1}{m_1+m_2}\right)^2 = 0{,}37$ cm.

390. $h = R\dfrac{(k-1)^2}{(k+1)^2} = 6{,}7$ cm.

391. $f < \dfrac{m^2v^2}{8M^2gl} = 0{,}23$.

392. $H = \dfrac{(m_2 v - m_1\sqrt{2gh})^2}{2m_2^2 g} \approx 22{,}4$ m.

393. $v = \sqrt{(v_0+u)^2 - \frac{2Fd}{m}} - u.$

394. $v = m_2\sqrt{\frac{2gH}{m_1(m_1+m_2)}} \approx 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

395. $h = \frac{m_1(m_1-m_2)v^2}{2m_2^2 g} \approx 25\ \text{cm}.$

396. $h = \frac{m_2 v^2}{2(m_1+m_2)g} = 16\ \text{cm}.$

397. $\frac{m_1}{m_2} > 3.$

398. $k = \left(\frac{n+1}{n-1}\right)^N \approx 5{,}5.$

399. $v_2 = \frac{2\sqrt{3}}{5} v_0;\quad v_1 = -\frac{1}{5} v_0.$

Bryła sztywna

13. Ruch obrotowy bryły sztywnej (kinematyka)

400. $\omega_m = \frac{\pi}{1800\ \text{s}} = 1{,}75\cdot 10^{-3}\ \frac{1}{\text{s}};\quad \omega_s = \frac{\pi}{30\ \text{s}} = 0{,}105\ \frac{1}{\text{s}}.$

401. $\varphi = \omega t = 45\ \text{rad}.$

402. $\varepsilon = \frac{4\pi n}{t^2} = 280\ \frac{1}{\text{s}^2};\quad \omega = \frac{4\pi n}{t} = 1100\ \frac{1}{\text{s}}.$

403. $\varepsilon = \frac{\omega}{t} = 4000\ \frac{1}{\text{s}^2}.$

404. $n = \frac{ft}{2} = 4500.$

405. $t = \frac{2n}{f} = 6\ \text{s};\quad \varepsilon = -\frac{\pi f^2}{n} \approx -200\ \frac{1}{\text{s}^2}.$

406. $\varepsilon = 100\frac{1}{\text{s}^2};\quad \varphi = 450\ \text{rad}.$

407. $\omega = \frac{2\varphi}{t} - \omega_0 = 10\ \frac{1}{\text{s}}.$

408. $v_A = 2v = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}};\quad v_B = \sqrt{2}v = 7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

409. $v_A = v - \frac{\omega l}{2} = -1{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$; $v_B = v + \frac{\omega l}{2} = 3{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

410. $n = \frac{v_0 t}{4\pi R} = 20$.

411. $a = \frac{(\omega_2 - \omega_1)R}{\Delta t} = 0{,}06\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

14. Ruch obrotowy bryły sztywnej (dynamika)

412. $I = my^2 = 4\ \mathrm{kg \cdot m^2}$.

413. $I = \frac{1}{12} m_1 l^2 + m_2 \left[\frac{4R^2}{5} + \frac{1}{2}(l+2R)^2 \right] = 0{,}0238\ \mathrm{kg \cdot m^2}$.

414. $I = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2) = 0{,}125\ \mathrm{kg \cdot m^2}$.

415. $M = \frac{1}{2} a (F_2 - F_1) = 0{,}3\ \mathrm{N \cdot m}$.

416. $M = F_2 b + F_3 a \sin\alpha = 3{,}7\ \mathrm{N \cdot m}$.

417. $M = 2FR = 40\ \mathrm{N \cdot m}$.

418. $\vec{M} = [0, 0, -2\ \mathrm{N \cdot m}]$.

419. $K = \frac{2\pi m R^2}{T} = 3 \cdot 10^9\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

420. $K = \frac{k}{\omega} = 1{,}6\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

421. $K = 9 \cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

422. $K = \frac{2\pi m R^2}{T} = 1{,}44 \cdot 10^{-4}\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

423. $K = \pi m f R^2 = 37{,}7\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

424. $K = v \sqrt{\frac{2mI}{5}} = 2{,}4\ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$.

425. $\varepsilon = \frac{2F}{mR} = 25\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}$.

426. $a = \frac{mgR^2}{I + mR^2} \approx 4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; $\varepsilon = \frac{mgR}{I + mR^2} = 40\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}$.

427. $M = I \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 2\ \mathrm{N \cdot m}$.

428. $a = \frac{3}{2} g \sin\varphi$.

429. $t = \dfrac{2\pi f I}{M} = 12{,}6\ \mathrm{s}.$

430. $n = \dfrac{t}{2T} = 45\,000;\ \ M = -\dfrac{2\pi I}{Tt} = 470\ \mathrm{N \cdot m}.$

431. $\varepsilon = -\dfrac{4\pi n}{t^2} = -1{,}12\ \dfrac{1}{\mathrm{s}^2};\ \ M = \dfrac{4\pi n I}{t^2} = 11{,}2\ \mathrm{N \cdot m}.$

432. $I = \dfrac{7}{5} m R^2 = 0{,}056\ \mathrm{kg \cdot m^2}.$

433. $a = \dfrac{FR\,(r+R)}{I + mR^2} = 0{,}114\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

434. $\omega = \dfrac{gt \sin\alpha}{2R} = 245\ \dfrac{1}{\mathrm{s}}.$

435. $f = \dfrac{ar}{g(R-r)}.$

436. $a = \dfrac{(m_2 - m_1)\,R^2}{I + (m_1 + m_2)R^2}\, g = 1{,}6\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

437. $a = \dfrac{(m_1 - f m_2)\,R^2}{I + (m_1 + m_2)R^2}\, g \approx 0{,}7\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

438. $a = \dfrac{2}{3} g \sin\alpha.$

439. $a_{0_{\max}} = \dfrac{7}{2} g f = 10{,}5\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$

440. $v = \sqrt{gh} \approx 5\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

441. $E = \dfrac{K^2}{2I}.$

442. $s = \dfrac{v^2(I + mR^2)}{2FR^2} = 15\ \mathrm{m}.$

443. $v = 2\sqrt{\dfrac{E}{m}} = 10\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

444. $v_u = \sqrt{v^2 + \dfrac{4}{7} gh}.$

15. Zasada zachowania momentu pędu

445. $v_2 = v_1 \dfrac{|\overline{OA}|}{|\overline{OB}|} = 15\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$

446. $K = mv_0(l_0 + \alpha R) = 0{,}0104 \ \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s}}$; $E_k = \frac{mv_0^2}{2} = 0{,}04$ J.

447. $\Delta E_k = \frac{I_1 I_2(\omega_1 - \omega_2)^2}{2(I_1 + I_2)}$.

448. $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = 2{,}25$.

449. $t = \frac{\pi l_2}{\omega_0 l_1} = 0{,}1$ s.

450. $T = \frac{2\pi I_1}{\omega I} = 3$ s.

451. $f = \frac{\pi I v^2}{nRF} = 0{,}785$.

452. $R = \sqrt{\frac{I_0(n-1)}{m}} = 4$ m.

16. Statyka

453. $N = \sqrt{Q^2 + F^2} = 50$ N.

454. $N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 50$ N.

455. $F_1 = \frac{Q \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)} = 1500$ N; $F_2 = \frac{Q \sin\alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = 2100$ N.

456. $T = Q \sin\alpha = 60$ N; $N = Q \cos\alpha = 100$ N.

457. $M = \frac{2}{3} m = 1{,}2$ kg.

458. $m = \frac{F}{g} \approx 40$ kg.

459. $F_1 = \frac{1}{3} Q = 300$ N; $F_2 = \frac{2}{3} Q = 600$ N.

460. $F_{\min} = mg\sqrt{\frac{h(2r-h)}{r-h}}$.

461. $F = \frac{mgr}{\sqrt{l(l+2r)}} = 0{,}13$ N.

462. $a = g\frac{\sqrt{H(2R-H)}}{R-H}$.

463. $F_A = \dfrac{mr(gR + a\sqrt{4r^2 - R^2})}{R\sqrt{4r^2 - R^2}} \approx 34$ mN;

$F_B = \dfrac{mr(gR - a\sqrt{4r^2 - R^2})}{R\sqrt{4r^2 - R^2}} \approx 29$ mN.

464. $F_1 = \dfrac{Q}{2} + \dfrac{Fl}{d} = 700$ N; $F_2 = \dfrac{Q}{2} - \dfrac{Fl}{d} = 100$ N.

465. $\sin\alpha_{\max} \leqslant \dfrac{a}{R} = 0{,}6$; $f_{\min} = \dfrac{a}{\sqrt{R^2 - a^2}} = 0{,}75$.

466. $\operatorname{tg}\alpha_{\max} = 2f$; $\alpha_{\max} = 45°$.

467. $m = \sqrt{m_1 m_2}$.

468. $\operatorname{ctg}\alpha = 2f$; $\alpha = 59°$.

Ośrodki ciągłe

17. Sprężystość ciał (prawo Hooke'a)

471. $k = \dfrac{mg}{l - l_0} = 10\ \dfrac{\text{N}}{\text{m}}$.

472. $x = \dfrac{mg(k_1 + k_2)}{k_1 k_2} \approx 0{,}1$ m.

473. $x = \dfrac{mg}{k_1 + k_2} = 2{,}35$ cm.

474. $x_1 = 0{,}25x$.

475. $l_{\max} = \dfrac{W}{\rho g} = 180$ m.

476. $a_{\max} = \dfrac{W}{\rho l} - g \approx 700\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

477. $E = \dfrac{4F}{\pi d^2}\left(\dfrac{\Delta l}{l}\right)^{-1} = 8{,}85 \cdot 10^{10}\ \dfrac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

478. $\dfrac{d_1}{d_2} = \sqrt{\dfrac{E_2}{E_1}} = 0{,}577$.

479. $|\Delta V| = \dfrac{na^4\rho g}{E} = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3$.

480. $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\rho l a}{E} = 1{,}2 \cdot 10^{-6}$.

481. $N_a = \frac{mg}{n+2} = 200$ N; $N_s = \frac{nmg}{n+2} = 600$ N.

482. $\frac{\Delta l}{l} = \frac{W}{E} = 0{,}71\%$.

483. $\Delta l = \frac{4gl\Delta m}{\pi E d^2} \approx 9$ mm.

484. $x = \frac{\Delta l}{\cos\alpha} = 2$ cm.

485. $\Delta l = \frac{m\omega^2 l_0{}^2}{SE - m\omega^2 l_0}$; zerwie się.

486. $\alpha = \frac{Rmg}{kr^2} = 1{,}5$ rad.

487. $E_p = \frac{1}{24}$ J.

488. $x = a + \sqrt{a(a+2h)} \approx 1$ m.

489. $\frac{\Delta l}{l} = \sqrt{\frac{2W}{ESl}} = 10^{-4}$.

490. $x = v\sqrt{\frac{m\Delta l}{2F}} = 0{,}1$ m.

491. $x = \frac{m_1 v_0}{\sqrt{k(m_1+m_2)}} = 0{,}9$ m.

492. $l = \frac{2W}{F} = 6$ mm.

493. $x = \frac{E_1 l}{E_1 + E_2} = 0{,}51$ m.

18. Ciecze

494. $F = Q\frac{S_1}{S_2} = 100$ N.

495. $p = \rho g\left(\frac{V}{\pi R^2} - h\right) \approx 3$ kPa.

496. $h = \frac{p}{\rho g} \approx 10$ m.

497. $p = \dfrac{2\rho_1\rho_2 gh}{\rho_1+\rho_2} \approx 27$ kPa.

498. $h = 2a = 20$ cm.

499. $F = 3Q$.

500. $\rho = 1530\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

501. $h = \dfrac{mg+Q}{\rho g S} = 7$ cm.

502. $x = h + \dfrac{p_2-p_1}{\rho g} \approx 37$ cm.

503. $\rho_B = \dfrac{h}{H}\rho_A = 833\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

504. $k = \dfrac{\rho_g[\rho_w H - \rho_a(H+h)]}{\rho_a[\rho_g(H+h)-\rho_w H]} = 0{,}38$.

505. $\rho_n = \dfrac{h\rho_w - H\rho_r}{h-H} = 800\ \dfrac{\text{kg}^3}{\text{m}}$.

506. $p = p_0 + (\rho_w H - \rho h)g = 102$ kPa.

507. obniży się.

508. $N = Q - S\rho_w g(h_1-h_2) = 5$ N.

509. $x = \dfrac{2d\rho_2}{3\rho_1-\rho_2}$.

510. $H = \dfrac{D^2(\rho-\rho_w)}{d^2\rho_w}h = 34$ cm.

511. a) $x_1 = \dfrac{h}{2}$, b) $x_2 = \dfrac{h(\rho_w-\rho_n)}{2\rho_w} = 0{,}6$ cm.

512. $H_1 = H - x = 90$ cm; $H_2 = H + x = 110$ cm; $x = \dfrac{(\rho_1-\rho_2)H}{2\rho_1} = 10$ cm.

513. $T = \dfrac{2\pi l}{\sqrt{2gh}} = 0{,}174$ s.

514. $a > g\left(\dfrac{l_3}{l_1}-1\right) \approx 5\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

515. $x = \dfrac{al}{g} \approx 8$ mm.

516. nie zmieni się.

517. $\dfrac{P}{Q} = \dfrac{S_1[m-\rho h(S_1-S_2)]}{mS_2} = 34$.

518. $m = \dfrac{1}{4}\pi d^2\rho v t = 470$ kg.

519. $v = \frac{q}{S} = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

520. $v_2 = v\frac{S_1}{S_2} = 0{,}25\ \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad m = 6\ \text{g}$.

521. $v = 25\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

522. $v = \sqrt{2gh} = 3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

523. $\Delta h = \frac{q^2}{2g}\left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2}\right) = 50\ \text{cm}$.

524. $\Delta p = \frac{\rho v_1^2}{2}(k^4 - 1) = 10{,}2\ \text{MPa}$.

525. $F = \frac{\rho v^2}{2t^2}\left(\frac{S_1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1}\right) = 2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{N}$.

526. $m = \frac{2\sigma l}{g} \approx 0{,}6\ \text{mg}$.

527. $W = 2\sigma a(b_2 - b_1) = 0{,}6\ \text{mJ}$.

528. $H = \frac{4\sigma}{d\rho g}$.

529. $x = 2h = 16\ \text{cm}$.

530. a, b, c – wypukły; d — płaski; e — wklęsły.

531. $F = \pi(r_1 + r_2)[(r_2 - r_1)\rho g d + 2\sigma] = 0{,}07\ \text{N}$.

533. $p = \frac{2\sigma}{r} = 5\ \text{Pa}$.

Termodynamika

19. Podstawy teorii kinetycznej gazów

535. $v_{\text{śr}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = 1520\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

536. $t = \frac{N_A v p_n}{nRT_n} \approx 8520$ lat, gdzie N_A — liczba Avogadra, p_n — ciśnienie normalne wynoszące 101 325 Pa, T_n — temperatura normalna 273 K.

537. $T = \frac{m v_{\text{śr}}^2}{3k} = 250\ \text{K}$.

538. $\mu = \frac{3RT}{v_{śr}^2} = 0{,}028\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}$.

539. $n = \frac{pV}{k(t+273\ \mathrm{K})} = 7{,}24\cdot 10^{13}$, gdzie $k = \frac{R}{N_A}$.

540. $T_1 = T_2\frac{\mu_1}{\mu_2} = 600\ \mathrm{K}$.

541. $U = \frac{3}{2}pV = 15\ \mathrm{kJ}$.

542. $N = 10^{24}$.

543. $v_{śr} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 500\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

544. $E_{śr} = \frac{3pV}{2nN_A} = 6{,}3\cdot 10^{-21}\ \mathrm{J}$.

545. $a = \sqrt[3]{\frac{k(t+273\ \mathrm{K})}{p}} = 7{,}7\cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}$.

546. $p = \frac{n\mu v_{śr}^2}{3N_A} = 19\ \mathrm{kPa}$.

547. $n = \frac{p}{k(t+273\ \mathrm{K})} = 2\cdot 10^{25}\ \mathrm{m}^{-3}$

548. $p = \frac{mR(t+273\ \mathrm{K})}{\mu V} = 118\ \mathrm{kPa}$.

549. $T = \frac{\mu p}{\rho R} = 640\ \mathrm{K}$.

550. $n = \frac{pN_A}{R(t+273\ \mathrm{K})} = 2{,}42\cdot 10^{10}\ \mathrm{m}^{-3}$.

20. Równanie stanu gazu doskonałego

551. $z = 100$ moli

552. $V = B\sqrt{T}$; $p = A\sqrt{T}$, gdzie $B = \sqrt{\frac{nR}{C}}$, $A = \sqrt{nRC}$.

553. $T = \frac{pVN_A}{nR} = 300\ \mathrm{K}$.

554. $\frac{m_2}{m_1} = \frac{t_1+273\ \mathrm{K}}{t_2+273\ \mathrm{K}} = 0{,}415$.

555. $T = \frac{\pi p d^3}{6R\left(\frac{m_1}{\mu_1}+\frac{m_2}{\mu_2}\right)} = 870\ \mathrm{K}$.

556. $\mu_1 = \dfrac{p_2\mu_2 m_1(t_1 + 273\text{ K})}{p_1 m_2(t_2 + 273\text{ K})} = 28\,\dfrac{\text{kg}}{\text{kmol}}.$

557. $p = \left(\dfrac{p_1}{t_1 + 273\,\text{K}} + \dfrac{p_2}{t_2 + 273\,\text{K}}\right)\dfrac{T}{2} = 4{,}7\cdot 10^5\ \text{Pa}.$

558. $p_1 = \dfrac{4pm_1}{2m_1 + m_3} = 300\ \text{kPa}.$

559. $T = \dfrac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} + 273\ \text{K};\quad p_1 = \dfrac{2m_1 RT}{\mu V} = 3{,}56\ \text{kPa};$

$p_2 = \dfrac{2m_2 RT}{\mu V} = 5{,}34\ \text{kPa}.$

560. $h = \dfrac{m_1 R(t_1 + 273\ \text{K} - T_2)}{\mu(pS - m_2 g)} = 1{,}63\ \text{m}.$

561. $T_2 = T_1\dfrac{3(2p + \rho gh)}{2(p + \rho gh)};\quad T_2 \approx \dfrac{3}{4}T_1.$

562. $x = \dfrac{\mu_2 l}{\mu_1 + \mu_2} = 5\ \text{cm}.$

563. $m = \dfrac{2RS(m_1 T_1\mu_2 - m_2 T_2\mu_1)}{\mu_1\mu_2 gV} = 16{,}6\ \text{kg}.$

564. $\Delta m = \dfrac{\mu pV}{RT_1}\left(1 - \dfrac{T_1}{T_2}\right) = 0{,}34\ \text{mg}.$

565. $x = \dfrac{m_1 R(T_2 - T_1)}{\mu(pS + m_2 g)} = 42\ \text{cm}.$

566. $x = \dfrac{(p_3 - p_1)}{(p_2 - p_3)}V = 300\ \text{cm}^3.$

567. $\Delta T = \dfrac{4lST}{V - 2lS} = 300\ \text{K}.$

568. $h = \dfrac{p(3t_1 - t_2 + 546\ \text{K})}{\rho g(t_2 + 273\ \text{K})} = 19\ \text{m}.$

569. $T < \dfrac{\rho g\mu Sh^2}{4mR}.$

570. $\Delta m = \dfrac{\mu V}{R}\left(\dfrac{p_1}{T_1} - \dfrac{p_2}{T_2}\right) = 58\ \text{kg}.$

571. $\dfrac{V_1}{V_1 + V_2} = \dfrac{m_1\mu_2}{m_1\mu_2 + m_2\mu_1} = 0{,}7.$

572. $h \approx l\left(1 - \sqrt{\dfrac{T_2}{T_1}}\right) \approx 10\ \text{cm}.$

573. $\dfrac{T_B}{T_A} = \dfrac{p_B V_B}{p_A V_A} = 25.$

574. $p = 16{,}7$ kPa.

575. $\Delta T = 600$ K.

576. Xenon.

21. Przemiana izotermiczna gazu doskonałego

577. $V_2 = \dfrac{p_1 V_1}{p_2} = 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^3.$

578. $T_A < T_B < T_C.$

579. $\dfrac{V_2}{V_1} = n = 1{,}5.$

581. $x = l\left(1 - \dfrac{\rho b a}{p}\right) = 27$ cm.

582. $p_2 = p\left(1 + N\dfrac{V_1}{V_2}\right) = 127$ kPa.

583. $p = p_3 + \dfrac{h(p_1 - p_2)}{h + p_2 - p_3} \approx 750$ mmHg.

584. $\Delta p = \dfrac{(m_2 - m_1)p_n}{V\rho} = 34$ kPa, gdzie p_n — ciśnienie normalne.

585. $F = \dfrac{\pi r^2 p \Delta l}{l - \Delta l} = 8$ N.

586. $x = \dfrac{\rho g h V}{S(p + \rho g h)} = 4{,}2$ cm.

587. $h = \dfrac{h_1(4p + 3\rho g h_1)}{2(2p - 3\rho g h_1)} = 21$ cm.

588. $h_2 = h_1\left(1 + \dfrac{p_0}{\rho g(H + h_1)}\right) = 49$ cm.

589. $p_a = \dfrac{\rho g b l_d}{l_d - l_0} = 86$ kPa; $l_g = \dfrac{l_d l_0}{2l_d - l_0} = 65$ cm.

590. $k = \dfrac{V_1(p_2 - p_1)}{p_1 V_2} = 200.$

591. $x = \dfrac{1}{2}\left[\dfrac{p}{\rho g} + l - \sqrt{\left(\dfrac{p}{\rho g} + l\right)^2 - 4b\left(\dfrac{p}{\rho g} + b - l\right)}\right] = 1{,}8$ cm.

592. $p = \dfrac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2}$; $V_1' = \dfrac{p_1V_1(V_1 + V_2)}{p_1V_1 + p_2V_2}$; $V_2' = \dfrac{p_2V_2(V_1 + V_2)}{p_1V_1 + p_2V_2}$.

593. $p = \dfrac{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$; $V_1' = \dfrac{p_1V_1(V_1 + V_2 + V_3)}{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3}$;

$V_2' = \dfrac{p_2V_2(V_1 + V_2 + V_3)}{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3}$; $V_3' = \dfrac{p_3V_3(V_1 + V_2 + V_3)}{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3}$.

22. Przemiana izobaryczna gazu doskonałego

594. $\Delta T = \dfrac{T_1(V_2 - V_1)}{V_1} = 58$ K.

595. $p_A < p_B < p_C$.

596. $\dfrac{T_2}{T_1} = n = 3$.

597. $x = \dfrac{V_1}{S}\left(\dfrac{T_2}{T_1} - 1\right) = 2$ cm.

598. $T_1 = \dfrac{\Delta T}{n} = 305$ K.

599. $T_B = T_A \dfrac{p_BV_B}{p_AV_A} = 400$ K.

600. $T_1 = \Delta T = 300$ K; $T_2 = 2\Delta T = 600$ K.

602. $p_B > p_A$.

603. ciśnienie malało.

604. $x = \dfrac{H(t_1 - t_2)}{t_1 + 273\text{ K}} = 2{,}94$ cm.

605. $t_0 = \dfrac{V_2t_1 - V_1t_2}{V_2 - V_1} = -285{,}7°\text{C}$.

23. Przemiana izochoryczna gazu doskonałego

607. $\Delta p = p(n-1) = 400$ kPa.

608. $V_A < V_B < V_C$.

609. zmalała.

610. $T_B = T_A \dfrac{p_BV_B}{p_AV_A} = 600$ K.

611. $\Delta T_1 = 25$ K.

612. $T_0 = \frac{\Delta T}{k} = 50$ K.

613. $p_1 = p\frac{t_1 + 273\ \text{K}}{t_1 + \Delta T + 273\ \text{K}} = 230$ kPa.

24. Przemiana adiabatyczna gazu doskonałego. Złożone przemiany gazowe

615. $\frac{p_2}{p_1} = n^{\kappa} = 8.$

616. $V(T) = AT^{-\frac{1}{1-\kappa}}$

617. $p_2 = 5{,}28$ MPa; $T_2 = (t_1 + 273\ \text{K})\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} = 396$ K.

618. $p_2' - p_2 = p_1\frac{V_1}{V_2}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1}\right] = 188$ kPa.

620. $T_2 = T_1 = \frac{\mu p_2 V_2}{mR} = 500$ K; $T_3 = \frac{\mu p_3 V_3}{mR} = 385$ K; $p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_1} = 13$ MPa; $V_3 = V_1 = 10\ \text{dm}^3$.

623. $T_3 = \frac{p_1 V_1 V_3}{NRV_2} = 120$ K.

624. $p_2 = 200$ kPa.

625. $V_C = V_B = 4V_A = 4\ \text{m}^3$; $V_D = 6\ \text{m}^3$.

628. $T_3 = \frac{V_1(t_1 + 273\ \text{K})}{V_2} = 566$ K.

629. $T_3 = \frac{p_1(t_1 + 273\ \text{K})}{p_2} = 142$ K.

630. $p_4 = p_1 = 100$ kPa.

25. Wstęp do pierwszej zasady termodynamiki

631. $Q = \frac{mv^2}{2} = 750$ kJ.

632. $Q = mgh \approx 50$ kJ.

633. $Q = \frac{8}{9}mgl = 6{,}65$ J.

634. $Q = \frac{m_1 m_2(v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} = 0{,}35$ J.

635. $\dfrac{Q}{E}=\dfrac{1}{3}.$

636. $h=\dfrac{m_2 c}{m_1 g}=25\ \text{km}.$

637. $Q=fmgh\operatorname{ctg}\alpha.$

638. $Q=\dfrac{4\pi r^3 h\rho g}{3}-mgh=3{,}15\ \text{J}.$

639. $Q=\dfrac{mg(3H-5h-2\sqrt{Hh})}{16}.$

640. $\Delta T=\dfrac{hg}{2c}=1{,}2\ \text{K}.$

641. $\dfrac{Q}{E}=1-\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right)^2-\dfrac{m_1}{m_2}\left(1-\dfrac{v_2}{v_1}\right)^2=0{,}55;$

$\dfrac{E_k}{E}=\dfrac{m_1}{m_2}\left(1-\dfrac{v_2}{v_1}\right)^2=0{,}0011.$

642. $v=2\sqrt{c_t+c(t_t-t)}\approx 490\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

643. $\eta=\dfrac{Pt}{mc_s}=0{,}18.$

644. $P=\eta k c_s v=35\ \text{kW}.$

645. $\eta=\dfrac{Fs}{mc_s}=0{,}33.$

646. $t=\dfrac{m_1 t_1+m_2 t_2}{m_1+m_2}=31{,}4°\text{C}.$

647. $t=\dfrac{m_1 c_1 t_1+m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1+m_2 c_2}=45{,}1°\text{C}.$

648. $s=\eta\dfrac{vdc_s V}{p}=8000\ \text{km}.$

649. $c_t=\dfrac{c(m_1 t_1-m_1 t_2-m_2 t_2)}{m_2}=328\ \dfrac{\text{J}}{\text{g}}.$

650. $x=m_2\left(1-\dfrac{c_2 t_2}{c_t}\right)=59\ \text{g}.$

652. $U=\dfrac{3pV}{2}=150\ \text{kJ}.$

656. $Q=20\ \text{J}.$

657. $Q=30\ \text{J}.$

658. $\dfrac{W}{Q}=0{,}3.$

659. a).

660. $U = N\frac{mv_{\text{śr}}^2}{2} = 380$ J.

661. $U = \frac{3}{2}nRT = 7{,}5$ kJ.

662. $\Delta U = mC_V\Delta T = 2{,}5$ kJ.

663. $C_V = \frac{Q+W}{m\Delta T} = 500\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

26. Ciepło, energia wewnętrzna i praca w przemianach gazowych

664. $Q = \frac{C_V V(p_2 - p_1)}{R} = 5{,}1$ kJ.

665. $\frac{C_p}{C_V} = \frac{\Delta t_2 Q_1}{\Delta t_1 Q_2} = 1{,}4$

666. $\Delta U = \frac{nR\Delta T}{\kappa - 1} = 4$ kJ.

667. $\Delta U = 165$ kJ.

668. $Q = mC_p\Delta T = 115$ kJ.

669. $\Delta U = 30$ kJ.

670. $m = \frac{\mu W}{R(T_2 - T_1)} = 0{,}12$ g.

671. $Q = mC_pT_1(n-1) = 1{,}45$ kJ.

672. $\frac{C_p p_n(V_1 - V_2)}{R} = 35{,}4$ J, gdzie p_n — ciśnienie normalne.

673. $T_1 = \frac{Q}{mC_p(n-1)} = 250$ K.

674. $Q_V = Q_p - \frac{mR\Delta T}{\mu} = 12{,}5$ J.

675. $p_1 = p + \frac{RQ}{VC_V} \approx 200$ kPa.

676. $W = p_0V_1\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) \approx 1$ kJ.

677. $T = \frac{W}{zR(n-1)}$, gdzie z — liczba moli.

678. $\frac{p_1}{p_2} = \frac{nRT_1}{nRT_1 - W}$.

679. $W = \dfrac{RQ}{\mu C_p} = 287$ J.

680. $Q = 52$ kJ.

27. Pierwsza i druga zasada termodynamiki

681. $\Delta T = 0$.

682. $C_V = \dfrac{R}{\mu(\kappa - 1)} = 450 \dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$; $C_p = \dfrac{\kappa R}{\mu(\kappa - 1)} = 747 \dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.

683. $\Delta U = 0$; $W = 6$ kJ; $Q = 6$ kJ.

684. $\Delta U = 100$ kJ; $\Delta Q = 40$ kJ.

685. $W = 831$ J; $Q = 831$ J; $\Delta U = 0$.

686. $Q = 6$ kJ.

687. $Q = \dfrac{\kappa p \Delta V}{\kappa - 1} = 250$ kJ; $U = 150$ kJ; $W = p\Delta V = 100$ kJ.

688. $W = \dfrac{3p_0 V_0}{2}$.

689. $W = \dfrac{mR(\mathrm{t}_2 - \mathrm{t}_1)}{\mu} = 831$ J.

690. $W = nR\left(T_2 - T_1 - T_3 + \dfrac{T_1 T_3}{T_2}\right) = -830$ J.

691. $F = S\left[p\left(1 + \dfrac{Q}{mC_V T}\right) - p_0\right] - Mg$.

692. $V_1 = \dfrac{nRT_1}{p_1} = 3{,}24\ \mathrm{dm}^3$; $p_2 = p_1\left(1 + \dfrac{\Delta U}{nC_V T_1}\right) = 150$ kPa;

$$V_3 = \frac{nRT_1}{p_1} + \frac{W}{p_1\left(1 + \dfrac{\Delta U}{nC_V T_1}\right)} = 8{,}21\ \mathrm{dm}^3.$$

693. $T_3 = T_1 + \dfrac{Q}{nC_V} - \dfrac{Q}{n(C_V + R)} = 383$ K.

694. $\eta = \dfrac{W}{Q} = 0{,}3$.

695. $Q_1 = \dfrac{Q}{1 - \eta} = 1$ kJ; $W = 250$ kJ.

696. $\eta = \dfrac{1}{1 + k} = 0{,}25$.

697. $\eta = 0{,}25$.

698. $T_1 = \dfrac{T_2}{1-\eta} = 1500\ \text{K}.$

699. $\eta = 1 - \dfrac{t_2 + 273\ \text{K}}{t_1 + 273\ \text{K}} = 0{,}62.$

700. $W = \dfrac{Q_1(n-1)}{n} = 40\ \text{kJ}.$

701. $T_1 = \dfrac{\kappa T_2}{\kappa - 1} = 500\ \text{K}.$