

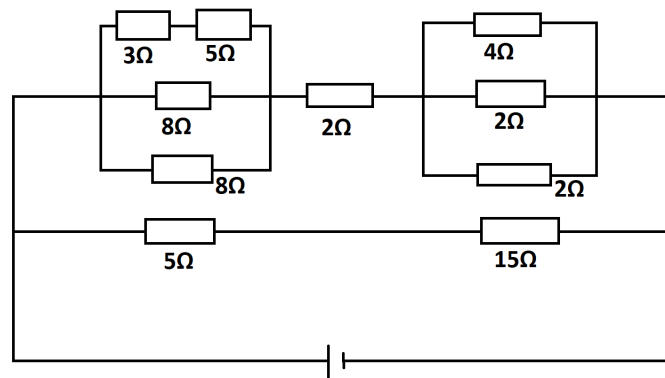
1. Wymień, podaj oznaczenia i definicje jednostek podstawowych układu SI.
2. Wyraż w jednostkach podstawowych układu SI następujące wielkości: petagodzina, rok, miliherc, giganiuton, hekto-paskal, milidżul, megawat, kilowatogodzina, mikrokulomb, kilowolt, nanotesla, mikrogauss, parsek, jednostka astronomiczna
3. Zależność drogi pokonywanej przez pewne ciało od czasu przedstawia się następująco:  $s(t) = 3t^2 - 5t + 2$ 
  - a) wyznacz prędkość tego ciała w chwili  $t = 0$
  - b) wyznacz zależność przyspieszenia od czasu dla tego ciała
4. Ciało porusza się w linii prostej z przyspieszeniem  $2 \text{ m/s}^2$ . Prędkość w chwili  $t=0$  wynosiła  $5 \text{ m/s}$ .
  - a) Wyznacz zależność drogi od czasu.
  - b) Narysuj wykres prędkości od czasu i drogi od czasu.
  - c) Ile czasu od chwili początkowej zajmie ciało pokonanie drogi równej  $100 \text{ m}$ ?
5. Wykonaj przybliżenie liniowe funkcji:
  - a)  $A \sin(ax)$  wokół  $0$  i wokół  $\frac{\pi}{2}$
  - b)  $e^{-ax^2}$  wokół  $1$
  - c)  $\ln x$  wokół  $1$
6. Reguła Leibniza. Jak będą wyglądały pochodne następujących funkcji:
  - a)  $x \ln x$
  - b)  $\frac{\sin x}{x^2}$
  - c)  $x \sin(x) \ln(x)$
7. Przydatne w fizyce jest rozważanie zagadnień w biegunowym układzie współrzędnych  $(r, \phi)$  gdzie  $r$  jest odległością punktu od początku układu współrzędnych, a  $\phi$  to kąt, jaki tworzy wektor położenia cząstki  $\vec{x}$  z dodatnią półosią  $\hat{x}$ . Wyznacz wzory transformujące współrzędne między układem kartezjańskim, a biegunowym.
8. Proszę wyznaczyć sumę, różnicę, iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy i kąt między wektorami:
  - a)  $r_1 = 3\hat{x} + 5\hat{y}$   $r_2 = 5\hat{x} + 3\hat{y} + 1\hat{z}$
  - b)  $r_1 = \hat{y}$   $r_2 = \hat{x}$
  - c)  $r_1 = \hat{x} + 2\hat{y} + 3\hat{z}$   $r_2 = -2\hat{x} - 4\hat{y} - 6\hat{z}$
9. Dwie cząstki o położeniach początkowych  $r_{1p} = (3 \ 0 \ 0)$   $r_{2p} = (0 \ 1 \ 0)$  poruszają się z prędkościami  $v_1 = (-1 \ 0 \ 0)$   $v_2 = (0 \ 3 \ 0)$ . Wyznacz zależność położenia obydwu cząstek i odległości między nimi od czasu. Jak będą wyglądały wektory  $r_{1p}$  i  $v_1$  przepisane do układu, w którym cząstka 2 spoczywa w początku układu współrzędnych.
10. W ciągu ilu sekund mijają się dwa pociągi jadące w przeciwnych kierunkach po równoległych torach z prędkościami  $v_1 = 63 \text{ km/h}$  oraz  $v_2 = 54 \text{ km/h}$ , jeżeli długości pociągów są  $l_1 = 90 \text{ m}$  i  $l_2 = 105 \text{ m}$ . W ciągu jakiego czasu mijająby się te pociągi, gdyby jechały w jednym kierunku? Jaka jest prędkość jednego z tych pociągów względem drugiego?
11. Kajakarz usiłuje przepłynąć w poprzek rzeki o szerokości  $100 \text{ m}$ . Jest w stanie rozwinąć prędkość  $v_1 = 5 \text{ m/s}$ , ale nurt rzeki  $v_2 = 1 \text{ m/s}$  będzie go znosił. Pod jakim kątem do kierunku nurtu musi się ustawić, aby dopłynąć do punktu znajdującego się dokładnie po drugiej stronie rzeki od miejsca, w którym startował? Ile czasu mu to zajmie?
12. Ciężarówka, poruszając się ze stałą prędkością  $50 \text{ km/h}$  przejeżdża na czerwonym świetle.  $5 \text{ s}$  później spod światła w tę samą stronę rusza z przyspieszeniem  $2 \text{ m/s}^2$  samochód osobowy. Po jakim czasie dogoni ciężarówkę?
13. Samochód osobowy wyprzedza z przyspieszeniem  $3 \text{ m/s}^2$  autobus o długości  $l=8 \text{ m}$ , który również przyspiesza ( $1 \text{ m/s}^2$ ). W chwili, gdy przody pojazdów zrównały się, samochód miał prędkość  $25 \text{ m/s}$ .
  - a) Jaka była prędkość samochodu, gdy jego przód znajdował się w linii z tyłem autobusu, jeśli prędkość autobusu wynosiła w tym momencie  $15 \text{ m/s}$ ?
  - b) Ile czasu minęło od momentu, kiedy przód samochodu zrównał się z tyłem autobusu do momentu, w którym przody obydwu pojazdów się zrównały?
  - c) Sporządź w jednym układzie współrzędnych wykresy prędkości od czasu samochodu i autobusu.

14. Z dachów sąsiadujących ze sobą bloków (wysokość  $h=30$  m, odległość między nimi  $D=15$  m) wyrzucono poziomo dwie piłki. Pierwsza ma prędkość  $15$  m/s, druga  $-25$  m/s.
  - a) po jakim czasie, na jakiej wysokości i w jakiej odległości od obydwu bloków się zderzą?
  - b) po jakim czasie spadną na ziemię?
15. Z wieży o wysokości  $13$  m oddano strzał w kierunku poziomym z prędkością  $v_{01} = 14$  m/s w kierunku rzutki wyrzuczonej z punktu położonego u podnóża wieży z prędkością  $v_{02} = 30$  m/s i pod pewnym kątem  $\alpha$ . Pocisk i rzutka rozpoczęły ruch w tej samej chwili i poruszają się w tej samej płaszczyźnie.
  - a) Ułóż równania położenia od czasu rzutki i pocisku
  - b) Dla jakiego  $\alpha$  rzutka doleci dalej niż pocisk?
  - c) Dla jakiego  $\alpha$  pocisk trafi w rzutkę? Na jakiej wysokości się to stanie?
16. Z armaty stojącej na wzniesieniu o względnej wysokości  $30$  m wyrzuciono z prędkością  $200$  m/s kulę w kierunku oddalonych o kilometr murów miejskich, których wysokość to  $10$  m.
  - a) Czy kula ma szansę dosięgnąć murów?
  - b) W jakim zakresie kątów nachylenia należy ustawić armatę, żeby trafić w mury?
17. Co ile minut wskazówka minutowa zegara mija wskazówkę godzinową (zakładamy, że wskazówka godzinowa porusza się między godzinami w sposób ciągły)?
18. Wyznacz względne położenie i prędkość liniową końców wskazówek minutowej (długość  $l_1=20$  cm) i godzinowej ( $l_2=10$  cm) zegara o godzinie:
  - a) 12:00
  - b) 10:30
  - c) 15:00
19. Rowerzysta pedałuje ze stałą częstotliwością  $1$  Hz. Ilość zębów w przedniej zębatce to  $32$ , a w tylnej  $16$ . Koła w jego rowerze mają średnicę  $70$  cm.
  - a) Z jaką prędkością jedzie?
  - b) Rowerzysta zmienił bieg i teraz tylna przerzutka ma  $12$  zębów. Z jaką prędkością jedzie?
20. Człowiek o masie  $80$  kg wspina się po linie z przyspieszeniem  $1$  m/s<sup>2</sup>. Oblicz siłę naprężenia liny.
21. Kula o masie  $1$  kg została zawieszona na dwóch sznurkach przyczepionych do haków oddalonych od siebie o  $50$  cm. Długości sznurków to  $l_1=100$  cm i  $l_2=60$  cm.
  - a) Narysuj siły działające na kulę, sznurki i haki.
  - b) Jakie jest naprężenie na każdym ze sznurków?
22. Dziecko zjeżdża na sankach (łączna masa to  $30$  kg) z góry o nachyleniu  $30^\circ$  do poziomu. Długość stoku to  $100$  m. Przyjmijmy, że siły oporów są stałe i równe  $50$  N.
  - a) Jaką prędkość osiągnie dziecko u podnóża góry?
  - b) Jak daleko "po płaskim" przejedzie zanim się zatrzyma?
23. Kłosek położono na równi pochyłej i stopniowo zaczęto zwiększać kąt jej nachylenia. Początkowo nieruchomy ze względu na występowanie siły tarcia klocek, w pewnym momencie ześlizguje się. Wyznacz zależność między kątem nachylenia równi w momencie ruszenia klocka, a współczynnikiem tarcia materiałów z których są wykonane.
24. Kawałek sznurka o długości  $L$  położono na stole tak, że jego część zwisa z krawędzi. Współczynnik tarcia wynosi  $f$ . Przy jakiej długości  $x$  zwisającej części sznurek zacznie się ześlizgiwać?
25. Walizka o masie  $10$  kg leży na półce w pociągu (wsp. tarcia statycznego  $0.9$ ). Z jakim maksymalnym przyspieszeniem może poruszać się pociąg, aby walizka się nie ześlizgnęła?
26. Gdy samochód rusza spod świateł, zawieszona na lusterku wstecznym choinka zapachowa odchyła się od pionu o  $30^\circ$ . Z jakim przyspieszeniem porusza się samochód? Narysuj schematycznie siły działające na wszystkie elementy tego układu.
27. Wyprowadź wzór na siłę dośrodkową w ruchu ciała po okręgu.

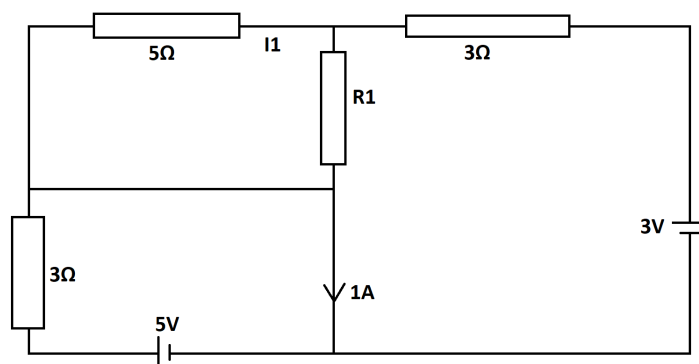
28. Wielki Zderzacz Hadronów ma kształt okręgu o długości 27 km i potrafi przyspieszyć protony do prędkości  $0.99c$ .
- Jaki jest okres obiegu cząstki w akceleratorze?
  - Cząstka jest jednostajnie przyspieszana od zera do prędkości maksymalnej w ciągu trzech obiegów. Jaka jest wartość przyspieszenia kąтового i liniowego?
  - Jaka siła musi oddziaływać na proton, aby poruszał się w akceleratorze? Na jakie przyspieszenie dośrodkowe się przekłada?
29. Siła Coriolisa. Stojący metr od środka obracającej się platformy o średnicy 10 m człowiek puszcza wzdłuż promienia, w kierunku krawędzi kulkę. Platforma obraca się z częstotliwością 50 mHz. Jak zachowa się kulka? Jak zachowałyby się kulka, gdyby osoba stała na krawędzi i puściła ją do środka?
30. Z jaką prędkością samochód musi przejechać przez wzniesienie o promieniu krzywizny 20 m, aby polecieć?
31. Jaką pracę trzeba wykonać, aby podnieść klocek o masie  $m$  na wysokość  $h$  w jednorodnym polu grawitacyjnym o przyspieszeniu  $g$ ?
32. Rozważając spadek swobodny ciała w jednorodnym polu grawitacyjnym i wiedząc, że energia mechaniczna jest w tym procesie zachowana, wyznacz wzór na energię kinetyczną.
33. Klocek o masie 1 kg spuszczone z równi pochyłej osiągnął u jej podstawy prędkość 30 m/s. Z jakiej wysokości się zsunął, jeśli:
- nadano mu prędkość początkową 5 m/s w górę równi. Na jaką maksymalną wysokość dojechał, zanim zaczął się zsuwać?
  - początkowo był nieruchomy?
  - początkowo był nieruchomy, ale siły oporu ruchu rozproszyły 25% jego energii mechanicznej?
34. Dźwig unosi materiał budowlany o masie 500 kg na wysokość 30 m. Jaką pracę wykona, jeśli ruch ładunku jest:
- Jednostajny
  - Jednostajnie przyspieszony  $a=1\text{m/s}^2$
35. Siła którą trzeba przyłożyć aby rozciągnąć gumkę-recepturkę o długość  $\Delta x$  jest dana wzorem  $F = k\Delta x$ .
- Narysuj wykres  $F(\Delta x)$
  - Jaką pracę trzeba włożyć w rozciągnięcie gumki o 5 cm?
  - Z gumki sporządzono procę, z której wystrzelono pionowo w górę kulkę papieru o masie 1 g. Jaka będzie "prędkość wylotowa" tego pocisku i na jaką wysokość doleci, jeśli gumkę naciągnięto o 10 cm, a  $k=100\text{ N/m}$ ?
  - Opisz przemiany energii mechanicznej zachodzące w przykładzie z podpunktu c
36. Człowiek ciągnie po śniegu sanie z załadunkiem (łączna masa 10 kg). W ciągu 2 s rozpędził je ze spoczynku do prędkości 2 m/s. Jaka jest moc człowieka?
37. Turbina hydroelektrowni ma moc 70 MW. Oblicz zużycie wody w ciągu godziny, jeśli sprawność turbiny to 80%, a wysokość, z której jest spuszczana to 60 m.
38. Samolot o masie 100 t porusza się ze stałą prędkością  $v=800\text{ km/h}$  na stałej wysokości. Nazwij i zaznacz na rysunku siły które na niego działają. Uwzględnij siłę oporu aerodynamicznego  $F_A = \frac{\rho C_x}{2} v^2$ . Wiedząc, że efektywna powierzchnia przekroju samolotu  $S=50\text{m}^2$ , współczynnik oporu  $C_x = 0.5$  i gęstość powietrza  $\rho = 1.3\text{kgm}^{-3}$ , wyznacz:
- siłę ciągu i moc silników
  - siłę nośną
39. Z armaty o masie 30 kg wystrzelono kulę o masie 1 kg pod kątem  $60^\circ$  do poziomu z prędkością 250 m/s. Z jaką prędkością armata odjedzie w tył?
40. Kula o masie 20 g poruszająca się z prędkością 3 m/s uderza sprężysto w spoczywającą kulę o masie 10 g. Wyznacz prędkości kul po zderzeniu, jeśli
- było ono centralne
  - kąt między wektorem prędkości pierwszej kuli, a osią łączącą środki mas kul wynosi  $45^\circ$
41. Kamień o masie 100 g lecący z prędkością 10 m/s rozpada się w locie na pół. Jedna część leci dalej w tą samą stronę z prędkością 25 m/s. Co dzieje się z drugą?

42. Rakieta w chwili startu waży 100 t, z czego 80% to paliwo. Prędkość spalania paliwa to 800 kg/s. Spaliny wyrzucane są z prędkością 1500 m/s. Oblicz przyspieszenie rakiety w chwili startu i w chwili wyczerpania paliwa. Jak wysoko może dolecieć rakieta? Przyjmij jednorodne pole grawitacyjne.
43. Siła odśrodkowa na powierzchni rotującej bryły. Masa drewnianego klocka zważonego na równiku wynosi 1 kg. Ile będzie ważył ten sam klocek w Polsce (szer. około  $50^\circ\text{N}$ )? Ile na biegunie północnym?
44. Oblicz moment bezwładności układu dwóch kul odległych od siebie o 1 m, z których jedna ma rozmiar i masę  $r_1 = 1\text{ cm}$ ,  $m_1 = 10\text{ g}$ , a druga  $r_2 = 2\text{ cm}$ ,  $m_2 = 20\text{ g}$ , jeśli oś obrotu:
  - a) przechodzi przez środek masy układu i jest prostopadła do osi łączącej obie kule
  - b) przechodzi przez środek masy pierwszej kuli
  - c) przechodzi przez środek masy drugiej kuli
  - d) przechodzi przez środki mas obydwu kul
45. Tyczkarka podczas rozbiegu utrzymuje w pozycji poziomej tyczkę o masie 5 kg i długości 6 m. Jedną ręką dociska tyczkę w dół 30 cm od jej końca, a drugą ręką podtrzymuje tyczkę 50 cm dalej. Oblicz siły działające na ręce tyczkarki.
46. Wyprowadź wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły sztywnej.
47. Z równi pochyłej stacza się bez poślizgu walec o promieniu 5 cm i masie 1 kg. Jaką prędkość liniową uzyska walec u podstawy równi, jeżeli jej wysokość to 50 cm?
48. Na rozciągliwej gumce ( $k=100\text{ N/m}$ ) nawiniętej na bloczek o masie 1 kg i promieniu 5 cm zawieszono odważnik o masie 100 g. Jaka będzie prędkość liniowa odważnika po opadnięciu o 1 m?
49. Gwiazda masie  $M = 2M_\odot$  i promieniu równym promieniowi Słońca zapada się do gwiazdy neutronowej o promieniu 10 km. Z jaką prędkością będzie wirowała, jeśli na początku okres obrotu wynosił 1 miesiąc?
50. Do sprężyny o pewnym  $k$  przyczepiono odważnik o pewnej masie  $m$ , naciągnięto układ o pewną długość  $\Delta x$  i puszczone w ruch. Wyznacz zależność położenia odważnika od czasu.
51. Kulkę o pewnej masie  $m$  zawieszono na nici o pewnej długości  $l$ . Odchyłono układ od pionu o niewielki kąt  $\alpha$  i puszczone. Wyznacz zależność położenia kulki od czasu.
52. Wahadło zegara mające kształt cienkiego pręta o długości  $l$  i masie  $m$ , z umieszczoną na jego końcu kulką o masie  $M$  i promieniu  $R$ , odchyłono od pionu o niewielki kąt  $\alpha$  i puszczone. Wyznacz zależność wychylenia wahadła od czasu.
53. Z jaką siłą Ziemia przyciąga Księżyc? Z jaką siłą Słońce przyciąga Księżyc?
54. Jakie jest przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Ziemi?
55. Jaką pracę należy wykonać aby oddalić z powierzchni Ziemi do nieskończoności odważnik o masie 1 kg?
56. Wykonaj przybliżenie liniowe potencjału grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi.
57. Wyznacz wartość pierwszej prędkości kosmicznej na wysokości 200 km nad powierzchnią Ziemi.
58. Wyprowadź trzecie prawo Keplera.
59. Wyznacz wartość drugiej prędkości kosmicznej na powierzchni Ziemi.
60. Wyznacz wartość trzeciej prędkości kosmicznej w odległości od Słońca równej 1 AU. O ile trzeba zwiększyć prędkość ciała, które już porusza się po orbicie o promieniu 1 AU?
61. Wyznacz promień orbity geostacjonarnej.
62. Jaki jest stosunek energii kinetycznej do energii potencjalnej ciała krążącego wokół Ziemi po orbicie kołowej?
63. Jaka jest wypadkowa siła działająca na ciało o masie 1 kg, które zostało wkopane w Ziemię na głębokość 3000 km?
64. Przez środek Ziemi wydrążono wąski tunel. Z jednego końca upuszczono do niego ciężarek o masie  $m$ . Zakładając, że Ziemia jest jednorodną kulą, policz jak długo zajmie ciężarkowi przelecenie na drugą stronę planety i jaką będzie miał prędkość na wylocie.
65. Pewien układ planetarny składa się z gwiazdy o masie  $1M_\odot$  i planety odległej od niej o 0.1 AU o masie równej 1 masie Jowisza. Ciała okrążają wspólny środek masy po orbitach kołowych. Wyznacz obserwowane przesunięcie dopplerowskie linii spektralnych w widmie gwiazdy.

66. Korzystając z zasady zachowania energii mechanicznej i zasady zachowania momentu pędu wyznacz wzór na orbitę planety wokół gwiazdy.
67. Dwie kulki o identycznych masach  $m$  wiszą na sznurkach o długości  $l$  po naładowaniu ich jednoimiennymi ładunkami  $q$ , kulki oddaliły się na odległość  $d$ . Wyznacz  $q$ .
68. Wyznacz stosunek siły elektrostatycznej i siły grawitacyjnej, z jaką przyciągają się elektron i proton w atomie wodoru. Zaniedbując siłę grawitacji, oblicz prędkość z jaką porusza się elektron na pierwszej orbicie, przy założeniu, że jest kołowa ( $r = 10^{-10}$  m).
69. Jaką pracę trzeba wykonać, żeby od nieruchomego ładunku  $+1$  C z pewnej odległości  $r$  oddalić do nieskończoności:
- ładunek  $+1$  C
  - ładunek  $-1$  C
70. Kulę o promieniu 5 cm naładowano ładunkiem  $-1$  C.
- Wyznacz potencjał przy jej powierzchni. Wyznacz gęstość powierzchniową ładunku.
  - Kulę połączono przewodem z drugą, nienaładowaną o promieniu 3 cm. Wyznacz potencjał przy powierzchni obydwu kul. Wyznacz gęstości powierzchniowe ładunku na obydwu kulach.
71. Model Bohra. W tym modelu wokół jądra atomu wodoru o ładunku elementarnym  $e^+$  po orbitach o ściśle określonych promieniach krąży elektron o ładunku przeciwnym. Częstki oddziałują siłą Coulomba. Przyjmując za słuszny postulat Bohra  $mvr = \frac{n\hbar}{2\pi}$ , gdzie  $n$  jest dowolną liczbą naturalną dodatnią, wyznacz:
- promień orbity elektronowej, która znajduje się najbliżej jądra
  - energię wiązania na tej orbicie
  - różnicę energii między pierwszą, a drugą orbitą. Gdzie podziewa się nadmiar energii przy przejściu z drugiej orbity na pierwszą?
72. Na kondensatorze o pojemności 1 mF zgromadzono ładunek 1 mC.
- Jakie napięcie się na nim wytworzy?
  - Podłączono do niego równolegle rozładowany kondensator o pojemności 2 mF. Jakie napięcie ustali się na okładkach po przepłynięciu ładunku?
73. Elektron wleciał z prędkością 500 m/s między okładki kondensatora (dł. 5 cm, szer. 5 cm, separacja 1 cm), na którym zgromadzono ładunek 1 mC, w połowie odległości między nimi i równolegle do nich. Pomiedzy okładkami występuje jednorodne pole elektryczne.
- Jaka jest pojemność kondensatora?
  - Jakie jest natężenie pola elektrycznego między okładkami?
  - Czy elektron uderzy w okładki?
  - Jak słabe musi być pole elektryczne, żeby elektron przeleciał przez kondensator? Jakiemu ładunkowi to odpowiada?
74. Jak opór przewodnika zależy od jego wymiarów? Wyznacz opór zastępczy układu oporników połączonych:
- równolegle
  - szeregowo
75. Oblicz opór zastępczy układu oporników (rys. 1)
76. Wyznacz natężenie prądu  $I_1$  (rys. 2). Jaka moc wydziela się na oporniku  $R_1$ ?
77. Elektron porusza się z prędkością 500 m/s w polu magnetycznym o indukcji 10 mT.
- Wyznacz promień krzywizny łuku, który zatoczy elektron.
  - Wyznacz czas potrzebny do zawrócenia cząstki o  $180^\circ$ .
  - Wyznacz pracę jaką wykona nad cząstką siła Lorentza w czasie zawracania jej o  $180^\circ$ .
78. Elektron porusza się w jednorodnym polu magnetycznym  $B=10\mu\text{G}$  z prędkością  $v=1000\text{ km/s}$ . Wyznacz promień okręgu, który zatacza i częstotliwość jego oscylacji azymutalnych, jeśli:
- porusza się w kierunku prostopadłym do linii B
  - równoległym
  - wektor prędkości tworzy z liniami pola kąt  $30^\circ$ .

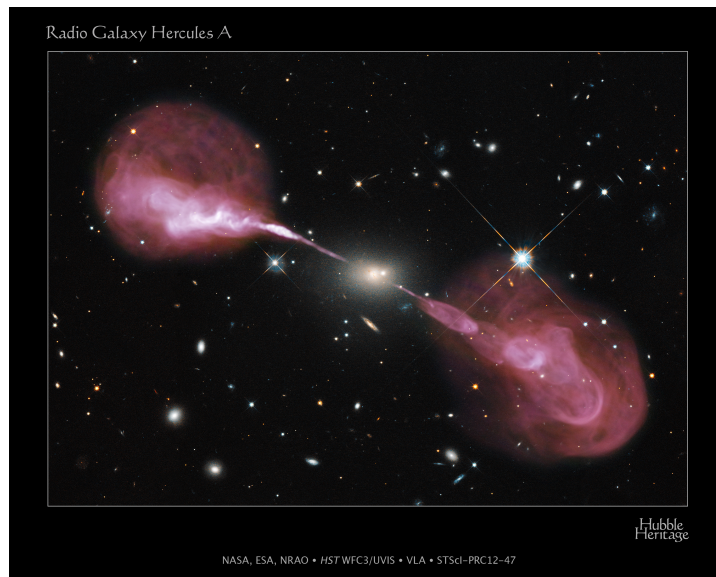


Rysunek 1: Ilustracja do zadania 75



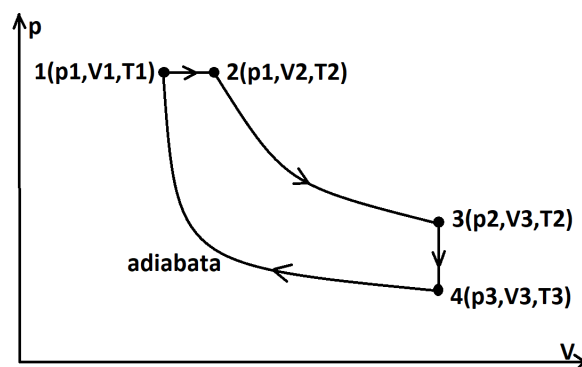
Rysunek 2: Ilustracja do zadania 76

79. Wyznacz wzór na siłę działającą fragment przewodnika o długości  $l$ , w którym płynie prąd o natężeniu  $I$ , umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym  $B$ .
80. Dane mamy jednorodne pole magnetyczne o indukcji  $B$  i jednorodne pole o natężeniu  $E$  równoległe do pola magnetycznego. Do układu wprowadzamy cząstkę o ładunku  $q$ , masie  $m$  i prędkości  $v$  prostopadłej do kierunku linii pól. Wyznacz zależność drogi od czasu.
81. Korzystając ze wzorów na transformacje Lorentza, wyznacz jak transformuje się między układami odniesienia prędkość.
82. Foton porusza się z prędkością światła w pewnym układzie odniesienia. Jaką prędkość będzie miał w układzie obserwatora, którego wektor prędkości  $\vec{V}$  jest równoległy do kierunku ruchu fotonu?
83. Dwie cząstki poruszają się w przeciwnych kierunkach, każda z prędkością  $0.5c$ . Wyznacz ich prędkość względną.
84. Korzystając ze wzoru na energię relatywistyczną cząstki z masą wyznacz jej energię spoczynkową i kinetyczną.
85. Wykonaj przybliżenie liniowe wzoru na energię relatywistyczną cząstki z masą dla bardzo małych prędkości.
86. Elektron ma energię  $2\text{ MeV}$ . Z jaką prędkością się porusza? Z jaką prędkością musiałby się poruszać w mechanice klasycznej, aby osiągnąć taką energię?
87. Wyznacz obserwowaną szybkość rozchodzenia się relatywistycznego dżetu radiogalaktyki (rys. 3) w rzucie na sferę niebieską, ustawionego pod pewnym kątem  $\alpha$  do obserwatora, jeśli jego liniowa prędkość to  $v$ .
88. Wyznacz wzór na relatywistyczny efekt Dopplera, wykonaj jego przybliżenie dla małych prędkości.
89. Do szklanej rurki, której podstawa ma powierzchnię  $s$ , nalano wody. Narysuj siły działające na element masy cieczy w tym naczyniu i wyznacz warunek równowagi hydrostatycznej.
90. Oblicz, ile kosztuje zagotowanie litra wody od temperatury  $20^\circ\text{C}$  w czajniku o mocy  $2000\text{ W}$  i sprawności  $90\%$ . Ile to potrwa?



Rysunek 3: Ilustracja do zadania 87

91. Do szklanki z wodą (250 g) o temperaturze  $20^\circ$  wrzucono pięciogramową kostkę lodu o temperaturze  $-5^\circ\text{C}$ . Jaka będzie temperatura wody po stopieniu lodu?
92. W naczyniu o powierzchni jednej ścianki równym  $s$  zamknięto pewną ilość gazu, składającego się z jednoatomowych cząstek. Cząstki mogą wymieniać między sobą energię tylko poprzez zderzenia sprężyste. Co to za gaz? Wyznacz jego równanie stanu.
93. Ile ciepła trzeba dostarczyć do układu, aby ogrzać o pewną temperaturę przy stałej objętości gaz doskonały?
94. Ile ciepła trzeba dostarczyć do układu, aby ogrzać o pewną temperaturę przy stałym ciśnieniu gaz doskonały?
95. Wyznacz równanie przemiany adiabatycznej jednoatomowego gazu doskonałego.
96. Nazwij wszystkie procesy widoczne na rysunku (rys. 4). W których spośród nich ciepło jest dostarczane do układu? W których układ wykonuje pracę?



Rysunek 4: Ilustracja do zadań 96 i 97

97. Jaką pracę wykonuje układ podlegający przemianom jak na rys. 4 w czasie jednego cyklu?
98. W cylindrze o długości  $l$  i polu podstawy  $s$ , przedzielonym tłokiem, zamknięto gaz doskonały. Gaz w obydwu przegrodach ma takie same własności  $p_1, V_1, T_1$ . Tłok przesunięto ze środka o niewielką odległość  $dx$  tak, że w przegrodach powstała różnica ciśnień, po czym puszczone go swobodnie. Opisz ruch tłoka przy założeniu, że temperatura pozostaje stała.