

# Zadania z Fizyki materii

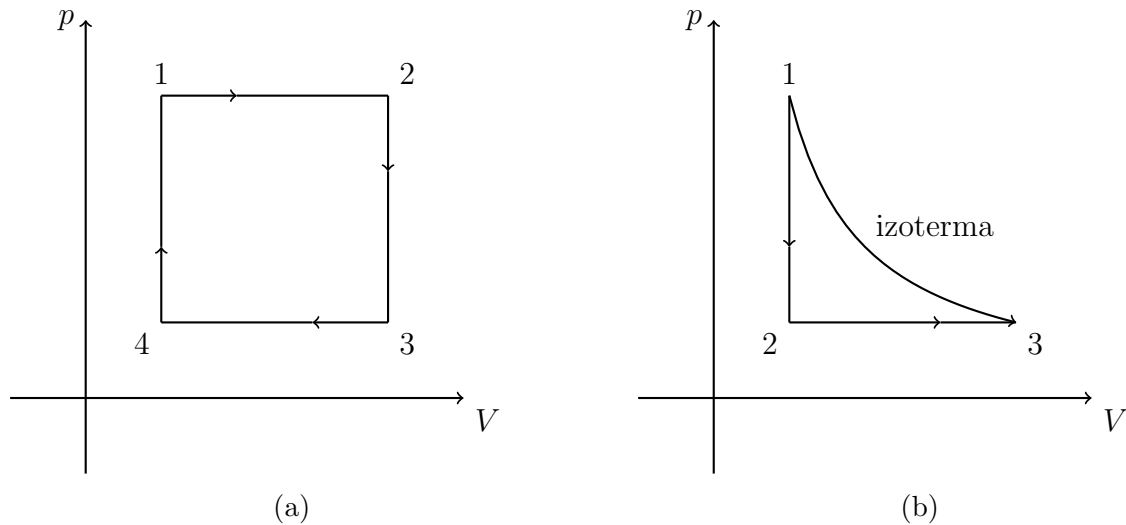
1. Ile cząstek wody znajduje się w jej 1 litrze?
2. Jaka jest masa molowa dwutlenku węgla  $\text{CO}_2$ , a jaka eteru etylowego  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ?
3. Oszacować siłę oddziaływania dwóch dipoli tlenku węgla  $\text{CO}$  (na podstawie pierwszego wyrazu rozwinięcia) odległych o  $r = 10$  nm posiadających moment dipolowy  $qd = 0.37 \cdot 10^{-30}$  C·m. Porównać tę siłę z siłą oddziaływania grawitacyjnego dwóch cząsteczek tlenku węgla  $\text{CO}$  w tej samej odległości.
4. Porównać średnie prędkości cząsteczek wodoru i dwutlenku węgla w temperaturze  $T = 20$  stopni Celsjusza.
5. W jakiej temperaturze średnia prędkość atomów helu wynosi  $v = 1$  km/s?
6. Obliczyć średnią prędkość cząsteczek gazu w butli o pojemności  $V = 10$  l pod ciśnieniem  $p = 1.5$  atm. Masa gazu w butli wynosi  $m = 20$  g.
7. Stalowy pręt o długości  $l = 20$  m i średnicy  $d = 3$  cm zwisa pionowo. Obliczyć jego wydłużenie, gdy przymocowano do jego końca odważnik o masie  $m = 100$  kg. Moduł Younga dla stali wynosi  $E = 200$  GPa.
8. Wyznaczyć długość aluminiowego pręta o gęstości  $\rho = 2700$  kg/m<sup>3</sup> i module Younga  $E = 70$  GPa, który pod wpływem własnego ciężaru wydłuży się o  $\Delta l = 1$  mm.
9. Wyznaczyć minimalną średnicę pręta rozciąganego siłą  $F = 3$  kN, wiedząc że dopuszczalne naprężenie w materiale, z którego jest wykonany pręt, mogą wynosić  $\sigma_{\max} = 240$  MPa.
10. Miedziany pręt o długości  $l = 1$  m obraca się wokół osi prostopadłej do niego i przechodzącej przez jego środek. Przy jakiej częstotliwości obrotów ulegnie on rozerwaniu, jeśli wytrzymałość miedzi na rozerwanie wynosi  $\sigma_{\max} = 24$  kN/cm<sup>2</sup>. Gęstość miedzi przyjąć jako  $\rho = 8900$  kg/m<sup>3</sup>.
11. Wyznaczyć moduł sztywności dla stali, jeśli pręt o długości  $l = 2$  m i średnicy  $d = 14$  mm został skręcony o  $\Delta\varphi = 10^\circ$  momentem siły o wartości  $M = 26,2$  Nm.
12. Na nici kwarcowej o module sztywności  $G = 30$  GPa, długości  $l = 15$  cm i średnicy  $d = 15$   $\mu\text{m}$  zawieszony jest poziomo nieważki pręt. Obliczyć moment siły, który powoduje skręcenie nici o kąt  $\Delta\varphi = 45^\circ$ .
13. Pokazać, że współczynnik termicznej rozszerzalności objętościowej jest w przybliżeniu równy potrójnemu współczynnikowi liniowej rozszerzalności termicznej.
14. Promień koła parowozu jest równy  $R = 1$  m w temperaturze  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Wyznaczyć różnicę liczby obrotów koła w lecie w temperaturze  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  i w zimie w temperaturze  $t_2 = -25^\circ\text{C}$ , na drodze o długości  $l = 100$  km. Współczynnik rozszerzalności liniowej metalu, z którego wykonane jest koło wynosi  $\gamma = 12 \cdot 10^{-6}$  deg<sup>-1</sup>.
15. Wyznaczyć siłę, z jaką oddziałuje wiatr o prędkości  $v = 36$  km/h na rozpięty prostopadle do kierunku wiatru kawałek płótna o powierzchni  $S = 10$  m<sup>2</sup>. Przyjąć, że cząsteczki powietrza całkowicie wyhamowują na płótnie, a gęstość powietrza wynosi  $\rho = 1.2$  g/dm<sup>3</sup>.

16. Znając gęstości wody i lodu wyznacz, jaki ułamek objętości góry lodowej pływającej po morzu stanowi jej część widoczna?
17. Gdy drewniany klocek pływa w słodkiej wodzie, nad wodą znajduje się  $1/3$  jego objętości. Klocek ten może pływać także w oleju, ale wówczas nad wodą znajdują się  $0.1$  jego objętości. Wyznaczyć gęstości drewna i oleju.
18. Jaka powinna być powierzchnia tafli lodu o grubości  $d = 0.3$  m pływająca po powierzchni jeziora, aby nie zatonała ona po postawieniu na niej samochodu o masie  $m = 1100$  kg?
19. Drewniany pręt o długości  $l$  i gęstości  $\rho$  zamocowany jest górnym końcem na wysokości  $h < l$  nad powierzchnią wody. Mocowanie to umożliwia jego obrót. Wyznaczyć, jaka część pręta zanurzona jest w wodzie. Wyznaczyć kąt, jaki tworzy pręt z pionem.
20. Wyznacz różnicę ciśnienia hydrostatycznego krwi w krwioobiegu człowieka w jego mózgu i stopie. Przyjmij gęstość krwi  $\rho = 1060$  kg/m<sup>3</sup> i swoją wysokość do obliczeń.
21. Balon wypełniony helem ma w przybliżeniu kształt kuli o promieniu  $R = 15$  m. Powłoka, liny i gondola mają masę  $m = 200$  kg. Wyznaczyć maksymalną masę ładunku jaki może unieść ten balon będąc na wysokości, na której gęstość helu wynosi  $\rho_{\text{He}} = 0.2$  kg/m<sup>3</sup>, a gęstość powietrza  $\rho_p = 1.5$  kg/m<sup>3</sup>. Przyjąć, że objętość powietrza wypartego przez ładunek, gondolę i liny można pominąć.
22. Gumowy wąż ogrodowy o średnicy wewnętrznej  $D = 2$  cm połączony jest z rozpryskiwaczem, który składa się z oprawki zaopatrzonej w  $k = 24$  otworki, każdy o średnicy  $d = 0.15$  cm. Z jaką prędkością wylatuje woda z rozpryskiwacza, jeżeli w węźu ma ona prędkość  $v = 1$  m/s.
23. Z zalanej piwnicy wypompowywana jest woda przez wąż o średnicy  $d$  z prędkością  $v$ . Wąż wychodzi z piwnicy przez okno znajdujące się na wysokości  $h$  nad powierzchnią wody. Obliczyć moc pompy.
24. Zamknięta beczułka o wysokości  $H = 1.5$  m zawiera rum o gęstości  $\rho_r = 1010$  kg/m<sup>3</sup>. W odległości  $h = 100$  cm od górnego poziomu rumu w ścianie beczułka jest korek zamykający otwór o polu powierzchni  $S = 0.25$  cm<sup>2</sup>. 1) Ile wynosi prędkość, z jaką wypływałby rum po wyjęciu korka, jeśli ciśnienie cienkiej warstwy powietrza nad powierzchnią płynu wynosi  $p_0 = 0.4$  atm, a ile jeśli jest równe atmosferycznemu? Przyjmij, że prawie cała beczka jest wypełniona rumem. 2) Załóżmy, że  $p_0 = 1$  atm. W jakiej odległości od beczułka należałoby postawić na podłodze kufel, aby napełniał się rumem, tuż po otwarciu beczki. Czy po pewnym czasie rum nadal wlewałby się do kufła?
25. Powierzchnia tłoka w strzykawce lekarskiej o długości  $l = 5$  cm wynosi  $S_1 = 2$  cm<sup>2</sup>, a powierzchnia jej otworu do włożenia igły  $S_2 = 1$  mm<sup>2</sup>. Ile czasu trwa zastrzyk, jeśli na tłok działamy stałą siłą  $F = 8$  N?
26. Z sikawki strażackiej tryska strumień wody o wydajności  $Q = 60$  l/min. Jakie jest pole przekroju poprzecznego strumienia  $S_1$  na wysokości  $h = 2$  m od końca sikawki strażackiej, jeżeli w pobliżu niej jest ono równe  $S_0 = 1.5$  cm<sup>2</sup>.
27. Powietrze opływa górną powierzchnię skrzydła samolotu o polu  $S$  z prędkością  $v_g$ , a jego dolną powierzchnię z prędkością  $v_d$ . Wyznaczyć siłę nośną skrzydła w powietrzu o gęstości  $\rho$ .
28. Prędkość przepływu powietrza wzdłuż dolnej powierzchni skrzydła wynosi  $v_d = 110$  m/s, a różnica ciśnień pomiędzy górną i dolną powierzchnią skrzydła wynosi  $\Delta p = 900$  Pa. Obliczyć prędkość z jaką powietrze o gęstości  $\rho = 1.3 \cdot 10^{-3}$  g/cm<sup>3</sup> opływa górną powierzchnię skrzydła.

29. Z kranu o średnicy wewnętrznej  $d$  płynie ciągłym strumieniem woda z prędkością początkową  $v_0$ . Znaleźć zależność średnicy strumienia od odległości  $h$  od wylotu.
30. Okręt podwodny znajduje się na głębokości  $h = 100$  m. Z jaką prędkością przez otwór w kadłubie okrętu będzie wdzierać się woda? Ile wody w płynie w ciągu  $t = 1$  h, jeżeli średnica otworu jest równa  $d = 2$  cm? Ciśnienie powietrza w okręcie jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.
31. Jaka będzie różnica poziomów wody w U-rurce, jeżeli dmuchać z prędkością  $v = 15$  m/s ponad jednym z jej wylotów? Założyć, że gęstość powietrza wynosi  $\rho = 1.2$  kg/m<sup>3</sup>.
32. Jaka jest szybkość, w W/m<sup>2</sup>, strat ciepła przez szybę okienną o grubości  $d = 3$  mm, jeżeli zewnętrzna temperatura wynosi  $T_1 = -29^\circ\text{C}$ , a wewnętrzna  $T_2 = 22^\circ\text{C}$  (współczynnik przewodności cieplnej dla szkła wynosi  $k = 0.8$  W/(K·m)? Jaka będzie odpowiednia szybkość strat ciepła jeśli zastosować podwójną szybę z warstwą powietrza ( $k = 0.024$  W/(K·m) o grubości  $l = 7.5$  cm pomiędzy nimi?
33. Przyjmując przewodność cieplną  $k$  za stałą, znaleźć prędkość przepływu ciepła w substancji pomiędzy dwiema współśrodkowymi powierzchniami kulistymi o promieniach odpowiednio  $r_1$  i  $r_2 > r_1$  w kierunku radialnym. Temperatury powierzchni kulistych wynoszą odpowiednio  $T_1$  i  $T_2$ .
34. Przyjmując przewodność cieplną  $k$  za stałą, znaleźć prędkość przepływu ciepła w substancji pomiędzy dwoma współosiowymi powierzchniami walcowymi o promieniach odpowiednio  $r_1$  i  $r_2 > r_1$  w kierunku radialnym. Temperatury powierzchni walcowych wynoszą odpowiednio  $T_1$  i  $T_2$ , a wysokości walców są takie same i wynoszą  $l$ .
35. Rura o długości  $l = 50$  m doprowadzająca ciepłą wodę do bloku jest w przekroju kołowa o promieniu  $R_1 = 20$  cm. Jest ona obłożona warstwą izolacyjną o grubości  $\Delta R = 5$  cm i współczynnika przewodnictwa cieplnego  $k = 35$  mW/(m·K). Zakładając, że szybkość strat ciepła przez warstwą izolacyjną jest stała, wyznaczyć ją, jeśli rurą płynie woda o temperaturze  $T_1 = 90^\circ\text{C}$ , a na zewnątrz panuje temperatura  $T_2 = -10^\circ\text{C}$ .
36. Do zamkniętego naczynia o objętości 2 l napełnionego powietrzem doprowadza się eter etylowy (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>). Powietrze znajduje się w warunkach normalnych. Po całkowitym wyparowaniu eteru ciśnienie w naczyniu wyniosło 1400 hPa. Jaka ilość eteru została wprowadzona do naczynia?
37. W zbiorniku znajduje się mieszanina gazów o temperaturze 320 K i ciśnieniu 1013 hPa składająca się z 1 g wodoru i 40 g chloru. W wyniku reakcji chemicznej, w której powstają pary kwasu solnego, temperatura w zbiorniku wzrasta do 660 K. Obliczyć ciśnienie par kwasu solnego i gazu, który nie został wykorzystany w reakcji. Masa molowa atomu wodoru wynosi 1 g/mol, a chloru 35 g/mol.
38. Opona samochodu została napompowana w temperaturze  $t_1 = -15^\circ\text{C}$  do ciśnienia  $p_1 = 200$  kPa. O ile wzrośnie ciśnienie w oponie, jeśli rozgrzeje się ona podczas jazdy do temperatury  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ ?
39. Obliczyć gęstość atmosfery Wenus w pobliżu jej powierzchni zakładając, że składa się ona głównie z CO<sub>2</sub> o temperaturze  $t = 480^\circ\text{C}$  pod ciśnieniem  $p = 90$  MPa. Porównać z gęstością atmosfery ziemskiej, która przy powierzchni wynosi 1.3 kg/m<sup>3</sup>.
40. W cylindrze pod tłokiem o masie  $m$  i polu powierzchni  $S$  znajduje się  $n$  moli gazu doskonałego. O ile trzeba zwiększyć temperaturę gazu, aby tłok podniósł się o  $h$ ? Ciśnienie zewnętrzne jest równe  $p$ .

41. Do jakiej temperatury należy ogrzać gaz w butelce zatkniętej korkiem o powierzchni przekroju  $S = 3 \text{ cm}^2$ , aby korek wyskoczył z butelki. Siła tarcia utrzymująca korek w butelce wynosi  $T = 15 \text{ N}$ . Początkowa temperatura gazu w butelce wynosiła  $t_0 = -3 \text{ }^\circ\text{C}$ , a jego ciśnienie było równe atmosferycznemu  $p_0 = 1000 \text{ hPa}$ .
42. Pokrowiec balonu przed startem jest napełniany helem o masie  $m$ , który pod ciśnieniem  $p_0$  na powierzchni Ziemi zajmuje objętość  $V_0$ . W miarę unoszenia się balonu ciśnienie atmosferyczne zmniejsza się i pokrowiec wydyma się. Na jakiej wysokości  $H$  gaz zajmie całą objętość pokrowca  $V_1$ ? Zakładamy, że w czasie wznoszenia temperatura nie zmienia się.
43. Ile ruchów tłokiem pompki rowerowej należy wykonać, aby napompować dętkę rowerową o objętości  $V_d = 5000 \text{ cm}^3$  pompką o objętości  $V_p = 500 \text{ cm}^3$ ? Ciśnienie początkowe w dętce jest równe atmosferycznemu  $p_0 = 1 \text{ atm}$ , a napompowanej dętki wynosi  $p = 2 \text{ atm}$ .
44. Dętki opon samochodowych są napełniane za pomocą pompy podłączonej do silnika. Ile czasu potrzeba na to, aby dętkę o pojemności  $V = 6 \text{ l}$  napompować do ciśnienia  $p_1 = 5 \text{ atm}$ , jeżeli przy każdym suwie pompa ssie z atmosfery słup powietrza o wysokości  $h = 10 \text{ cm}$  i średnicy  $d = 10 \text{ cm}$ , a czas jednego suwu wynosi  $t_0 = 1.5 \text{ s}$ ? Ciśnienie początkowe w dętce jest równe atmosferycznemu.
45. Gaz, o stosunku  $C_p/C_V = \kappa$  rozpręża się od ciśnienia  $p_1$  i objętości  $V_1$  izotermicznie do objętości  $V_2$ . O ile mniejsze ciśnienie miałyby ten gaz po rozprężeniu adiabatycznym do tej samej objętości?
46. Hel i azot znajdują się w dwóch pojemnikach o tej samej objętości i temperaturze. Zostają one sprężone adiabatycznie do połowy objętości. Który gaz bardziej się nagrzej i ile razy?
47. Do  $m_1$  wody o temperaturze  $T_1$  dolewamy  $m_2$  wody o temperaturze  $T_2$ . Obliczyć temperaturę końcową wody zaniedbując wymianę ciepła z otoczeniem.
48. W naczyniu o masie  $m_1 = 0.8 \text{ kg}$  i cieple właściwym  $c_1 = 400 \text{ J/kgK}$  znajduje się  $m = 0.7 \text{ kg}$  mleka o cieple właściwym  $c_w = 4.2 \text{ kJ/kgK}$ . Ile energii należy dostarczyć, aby zagotować mleko o temperaturze początkowej  $t = 5^\circ\text{C}$ ? Następnie zagotowane mleko przelano do innego naczynia o masie  $m_2 = 1 \text{ kg}$ , cieple właściwym  $c_2 = 300 \text{ J/kgK}$  i temperaturze  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Jaką temperaturę będzie miało mleko krótko po przelaniu do naczyniu i ustaleniu się równowagi termodynamicznej?
49. W szklance znajduje się masa  $m_1$  wody o temperaturze  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ . Wrzucamy do niej masę  $m_2$  lodu o temperaturze  $t_2 = -5^\circ\text{C}$ . Przy jakim stosunku mas wody do lody otrzymamy mieszaninę wody z lodem w równowadze termodynamicznej?
50. Do szklanki z  $m_1 = 250 \text{ g}$  wody wrzucono dwie kostki lodu o masie  $m_2 = 5 \text{ g}$  każda. Jaka jest temperatura końcowa napoju, jeśli woda miała początkowo temperaturę  $t_1 = 35^\circ\text{C}$ , a lód pochodził prosto z zamrażarki, w której panuje temperatura  $t_2 = -15^\circ\text{C}$ ? Ciepło właściwe lodu wynosi  $c_l = 0.5 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$ , ciepło topnienia lodu  $L = 80 \text{ cal/g}$ , ciepło właściwe wody wynosi  $c_w = 1 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$ .
51. Oszacować prędkość, z jaką bryła lodu uderzyła w ziemię, jeżeli wiadomo, że jej temperatura początkowa wynosiła  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ , a w wyniku zderzenia całkowicie się stopiła pozostawiając kałużę wody o temperaturze  $0^\circ\text{C}$ . Założyć, że całe wydzielone w zderzeniu ciepło pobiera lód. Ciepło właściwe lodu  $c_L = 2.1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , ciepło topnienia lodu  $L = 330 \text{ kJ/kg}$ .
52. Podczas wiercenia otworu w bloku miedzianym o ciężarze  $Q$  przez czas  $\tau$  dostarczona była moc  $P$ . Ile ciepła wytworzyło się w tym czasie? O ile wzrosła temperatura miedzi, jeżeli tylko  $\eta$  procent wytworzonego ciepła poszło na jej ogrzanie?

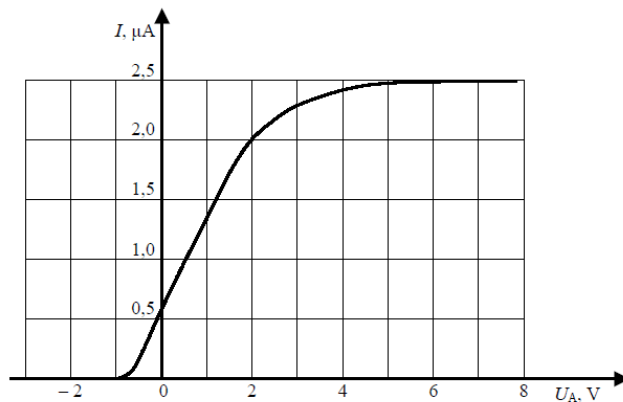
53. Oszacować możliwy przyrost temperatury wody spadającej w wodospadzie Niagara o wysokości  $h = 49.5$  m.
54. Blok lodu o temperaturze  $273$  K, którego masa wynosi początkowo  $m$  ślizga się po poziomej powierzchni, z prędkością początkową  $v_0$ . Obliczyć masę bloku stopioną na skutek tarcia pomiędzy blokiem a powierzchnią.
55. Znaleźć pracę jaką wykona dwutlenek węgla 1) przy izotermicznym rozprężeniu od objętości  $V_1 = 2$  m<sup>3</sup> i ciśnienia  $p_1 = 5$  atm do ciśnienia  $p_2 = 4$  atm, 2) przy adiabatycznym rozprężeniu.
56. Znaleźć sprawność cyklu termodynamicznego składającego się z dwóch izobar i dwóch adiabat, jeśli wiadomo, że ciśnienie w tym cyklu zmienia się  $r$  razy. Substancją roboczą jest gaz doskonały o stosunku  $C_p/C_V = \kappa$ .
57. Znaleźć sprawność cyklu termodynamicznego składającego się z dwóch izobar i dwóch izochor (Rys. 1a), jeśli wiadomo, że temperatura gazu o stosunku  $C_p/C_V = \kappa$  w tym cyklu rośnie  $r$  razy zarówno przy izochorycznym ogrzewaniu jak i przy izobarycznym rozprężaniu.
58. Jaką maksymalną pracę może wykonać silnik cieplny, w którym źródłem ciepła jest żelazo o początkowej temperaturze  $T_0 = 1500$  K i masie  $m = 100$  kg, a chłodnicą jest woda w oceanie o temperaturze  $T = 285$  K?
59. Do  $m_1$  wody o temperaturze  $T_1$  dolewamy  $m_2$  wody o temperaturze  $T_2$ . Obliczyć zmianę entropii układu, wiedząc, że ciepło właściwe wody wynosi  $c_w$  i zaniedbując wymianę ciepła z otoczeniem.
60. Ile wynosi zmiana entropii łyżeczki wody o masie  $m = 5$  g, która w całości wyparowuje po wylaniu jej na płytę o temperaturze minimalnie większej od temperatury wrzenia wody? Ciepło właściwe wody  $c_w = 4.2$  kJ/kgK.
61. Znaleźć zmianę entropii kawałka metalu o masie  $m$ , którego ciepło właściwe zależy od temperatury zgodnie ze wzorem  $c = a + bT$ , podczas ogrzewania go od temperatury  $T_1$  do temperatury  $2T_1$ .
62. Obliczyć zmianę entropii jednego mola CO<sub>2</sub> przy trzykrotnym wzroście jego temperatury, jeśli ogrzewanie jest 1) izochoryczne, 2) izobaryczne.
63. Wyznaczyć zmianę entropii  $n$  moli gazu poddanego 1) przemianie izotermicznej  $1 \rightarrow 3$ , 2) sekwencji przemian  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  pokazanych na Rys. 1b. Dane są temperatury we wszystkich stanach leżących na wierzchołkach.



Rysunek 1

### Fizyka kwantowa

1. Stacja nadawcza o mocy 200 kW pracuje na częstotliwości 98 MHz. Ile fotonów emituje antena tej stacji w ciągu jednej sekundy?
2. Laser o mocy  $P = 0,1 \text{ W}$  emituje w próżni monochromatyczną wiązkę światła o długości fali  $\lambda = 633 \text{ nm}$  i kołowym przekroju. 1) oszacuj liczbę fotonów zawartych w elemencie wiązki światła o długości  $l = 1 \text{ m}$ , 2) oblicz wartość siły, jaką wywierałaby ta wiązka światła laserowego padająca w próżni prostopadle na wypolerowaną metalową płytkę. Do obliczeń przyjmij, że w ciągu jednej sekundy na powierzchnię płytki pada  $N = 10^{17}$  fotonów. Załóż że płytkę odbija w całości padające na nie promieniowanie.
3. Katoda fotokomórki oświetlana jest wiązką światła laserowego o długości fali 330 nm. Charakterystykę prądowo-napięciową tej fotokomórki przedstawiono na Rys. 2: Korzystając z niego obliczyć



Rysunek 2

pracę wyjścia elektronów z tej fotokomórki.

4. Światło padające na powierzchnię sodu wywołuje zjawisko fotoelektryczne. Potencjał hamujący dla wybitych elektronów wynosi  $U_H = 5 \text{ V}$ , a praca wyjścia  $W = 2,2 \text{ eV}$ . Jaka jest długość padającego światła.
5. Ile wynosi potencjał hamujący dla elektronów wyemitowanych z powierzchni metalu, dla którego praca wyjścia wynosi  $W = 1,8 \text{ eV}$ , jeśli została ona oświetlona światłem o długości fali  $\lambda = 400 \text{ nm}$ . Ile wynosi maksymalna prędkość wybitych elektronów?
6. Na powierzchnię metalu, dla którego praca wyjścia wynosi  $W = 1.8 \text{ eV}$ , pada: a) 500 fotonów o energii  $E = 2 \text{ eV}$  każdy, b) 1000 fotonów o energii  $E = 1.7 \text{ eV}$  każdy. Oblicz, ile maksymalnie elektronów zostanie wybitych w każdym z podanych przypadków oraz jaka będzie energia kinetyczna najszybszych z nich.
7. Fotokatodę z sodu ( $W = 2,3 \text{ eV}$ ) oświetlono światłem o długości fali  $\lambda = 380 \text{ nm}$ . Elektrony przyspieszono następnie pięciem  $U = 4,2 \text{ V}$ . 1) Wyznaczyć możliwe wartości energii kinetycznej fotoelektronów tuż przy katodzie, 2) Obliczyć energię kinetyczną wybitych i przyspieszonych elektronów przy anodzie.
8. W doświadczeniu fotoelektrycznym z użyciem próbki sodu zmierzono potencjał hamujący równy  $U_1 = 1,85 \text{ V}$  dla długości fali  $\lambda_1 = 300 \text{ nm}$  i potencjał  $U_2 = 0,82 \text{ V}$  dla  $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ . Wyznaczyć: 1) wartość stałej Plancka, 2) pracę wyjścia dla sodu, 3) progową długość fali dla sodu.
9. Długość fali światła padającego na fotokatodę zmieniła się z  $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$  na  $\lambda_2 = 700 \text{ nm}$ . Zaobserwowano, że zjawisko fotoelektryczne nadal zachodzi. Zmierzono, że napięcie hamowania zmieniło się wskutek zmiany długości fali trzykrotnie. Obliczyć na podstawie tych danych pracę wyjścia elektronu z fotokatody metalu.
10. Obliczyć długość fali materii elektronu poruszającego się z prędkością o wartość  $v = 0,6c$ . Uwzględnić efekty relatywistyczne.
11. Rozważyć zderzenie fotonu o rentgenowskiej długości fali i energii  $E_0 = 50 \text{ keV}$  i spoczywającego elektronu, w którym foton rozprasza się do tyłu. 1) Wyznaczyć energię rozproszonego fotonu. 2) Wyznaczyć energię elektronu po zderzeniu.
12. Obliczyć energię fotonu rozproszonego pod kątem  $\varphi = 135^\circ$ , jeśli foton padający miał energię  $E_0 = 30 \text{ keV}$ .
13. Obliczyć relatywistyczną energię kinetyczną wybitego elektronu przez foton o długości fali  $\lambda$  i rozproszony pod kątem  $\varphi$ .
14. Obliczyć długość fali de Broglie'a dla 1) elektronu o energii  $1 \text{ keV}$ , 2) fotonu o energii  $1 \text{ keV}$ , 3) neutronu o energii  $1 \text{ keV}$ .
15. Obliczyć długość fali de Broglie jakie mają jednokrotnie zjonizowane atomy sodu przyspieszone różnicą potencjałów  $U = 500 \text{ V}$ . Masa atomowa sodu wynosi 23.
16. W jakiej temperaturze termiczna długość fali de Broglie 1) dla elektronu wynosi  $\lambda = 10 \text{ nm}$  2) dla neutronu wynosi  $\lambda = 1 \text{ nm}$ ?
17. Jaką minimalną energię powinny mieć elektrony w mikroskopie elektronowym, aby można było rozróżnić w tym mikroskopie szczegóły struktury atomu o wymiarach  $10 \text{ pm}$ . Przyjąć, że zdolność rozdzielcza takiego mikroskopu ograniczona jest długością fali (de Broglie) użytej materii.

18. **Atom wodoru według Bohra.** Uwzględniając, że moment pędu elektronu w atomie wodoru jest skwantowany zgodnie z regułą  $L_n = n\hbar$ ,
- wyznaczyć energię kinetyczną elektronu  $E_k$  i potencjalną  $E_p$  jego oddziaływania z protonem,
  - pokazać, że  $E_p = -2E_k$ ,
  - wyznaczyć zależność energii w atomie wodoru od głównej liczby kwantowej  $n$ ,
  - wyznaczyć liczbową wartość energii stanu podstawowego w eV,
  - wyznaczyć promień Bohra (promień orbity odpowiadającej  $n = 1$ ).
19. Wzbudzony atom wodoru emituje promieniowanie związane z przejściem elektronu z powłoki trzeciej na drugą. Obliczyć energię wyemitowanego kwantu i długość fali uzyskanej linii widmowej. Określić, czy linia ta wypada w zakresie światła widzialnego (380 nm do 760 nm). Energia stanu podstawowego atomu wodoru  $E = -13.6$  eV.
20. Rozważmy przejścia w atomie wodoru, którym odpowiada seria Lymana linii widmowych (przejścia na stan podstawowy o  $n = 1$ ). 1) Ile wynosi długość linii, dla której fotony mają najmniejszą energię? 2) W jakim zakresie promieniowania znajduje się ta linia? 3) Ile wynosi graniczna długość fali tej linii?
21. Rozważmy przejścia w atomie wodoru, którym odpowiada seria Balmera linii widmowych (przejścia na stan wzbudzony o  $n = 2$ ). 1) Ile wynosi długość linii, dla której fotony mają najmniejszą energię? 2) W jakim zakresie promieniowania znajduje się ta linia? 3) Ile wynosi graniczna długość fali tej linii?
22. **Rezonans magnetyczny.** Jaka powinna być rezonansowa długość fali promieniowania elektromagnetycznego, które odpowiadałoby odwróceniu spinu protonu w cząsteczce wody, jeśli kropla wody znajduje się w polu o indukcji  $B = 1.8$  T. Przyjąć moment magnetyczny protonu w kierunku pola  $\vec{B}$  jako  $\mu = 1.41 \cdot 10^{-26}$  J/T.
23. Rozważ laser, który emituje światło o długości fali  $\lambda = 550$  nm przy przejściu z pewnego stanu wzbudzonego na stan podstawowy. 1) Jaki ułamek atomów znajduje się w tym stanie wzbudzonym w stosunku do ilości atomów w stanie podstawowym w temperaturze pokojowej  $T = 300$  K w stanie równowagi? 2) Ile powinna wynosić temperatura świecącego gazu, aby ten stosunek wynosił  $1/2$ ? Przyjmij, że w równowadze termodynamicznej stosunek obsadzeń dany jest wzorem Boltzmann

$$\frac{N_w}{N_0} = e^{-\Delta E/kT},$$

gdzie  $\Delta E$  jest różnicą energii pomiędzy stanami.

24. Oszacuj prawdopodobieństwo, że elektron z górnej granicy pasma walencyjnego przejdzie do dolnej granicy pasma przewodzenia w izolatorze o szerokości przerwy energetycznej  $E_g = 3$  eV w temperaturze pokojowej  $T = 300$  K.
25. Ile powinna wynosić przerwa energetyczna w półprzewodniku, aby w temperaturze pokojowej  $T = 300$  K prawdopodobieństwo wzbudzenia elektronu do pasma przewodnictwa z górnej granicy pasma walencyjnego było rzędu 0.1?



26. Rozważ samorzutną przemianę  $\alpha$  jądra uranu  $^{238}\text{U}$



1) Oblicz energię wydzieloną w tym procesie w postaci energii kinetycznej produktów reakcji. Przyjmij  $m_{\text{U}} = 238,050785 \text{ u}$ ,  $m_{\text{Th}} = 234,04357 \text{ u}$ ,  $m_{\text{He}} = 4,002603 \text{ u}$ . 2) Oblicz energię wydzieloną w tym procesie w postaci energii kinetycznej produktów reakcji mając dane energię wiązania na nukleon: dla  $E_{\text{U}} = 7,566 \text{ MeV/nukleon}$ ,  $E_{\text{Th}} = 7,593 \text{ MeV/nukleon}$ ,  $E_{\text{He}} = 7,074 \text{ MeV/nukleon}$ .

27. W tabeli podano niekompletne zapisy przykładowych reakcji jądrowych wraz z energią uwalnianą w tych reakcjach.

Reakcja	Energia reakcji w MeV
$^3\text{He} + \text{X} \longrightarrow ^4\text{He} + 2\text{p}$	12,86
$^7\text{Li} + \text{X} \longrightarrow 2 ^4\text{He}$	17,35
$^{12}\text{C} + \text{p} \longrightarrow \text{X} + \nu$	1,94
$^{15}\text{O} \longrightarrow ^{15}\text{N} + \text{X}$	2,75
$\text{T} + \text{D} \longrightarrow ^4\text{He} + \text{X}$	17,59
$e^+ + \text{X} \longrightarrow 2\gamma$	1,02

a) Uzupełnij równania podanych w tabeli reakcji jądrowych,

b) Oblicz defekt masy w reakcji syntezy deuteru i trytu ( $m_{\text{D}} = 2,014102 \text{ u}$ ,  $m_{\text{T}} = 3,0160492 \text{ u}$ ).

c) Oblicz, ile energii wydzieli się w procesie rozpadu  $10^{23}$  jąder tlenu  $^{15}\text{O}$ .

28. Rozpad jądra izotopu pewnego pierwiastka jest badany za pomocą licznika promieniowania. Tłó, czyli liczba impulsów dochodzących do licznika z otoczenia wynosi 50 impulsów na minutę. Tabela przedstawia wyniki uzyskanych pomiarów.

Czas [godz.]	Impuls/minutę
0	1060
6	555
8	450
10,5	340
20	160

Narysuj wykres zależności aktywności źródła promieniowania od czasu i wyznacz czas połowicznego rozpadu badanego izotopu.

29. Podana tabela zawiera wyniki pomiarów szybkości rozpadu promieniotwórczego nuklidu  $^{128}\text{I}$ , który jest często stosowany w medycynie do diagnostyki wchłaniania jodu przez tarczycę. Wyznaczyć stałą rozpadu i czas połowicznego zaniku nuklidu.

Czas [min]	R [zliczenia/s]	Czas [min]	R [zliczenia/s]
4	392,2	132	10,9
36	161,4	164	4,56
68	65,5	196	1,86
100	26,8	218	1

30. Okres połowicznego zaniku izotopu kobaltu  $^{60}\text{Co}$  jest równy 5 lat. Jaką masę kobaltu zawierała ta próbka 10 lat temu, jeżeli obecnie zawiera 0,01 g tego izotopu?
31. Jaka masa radu pozostanie z jednego grama radu po upływie 8000 lat ( $T = 1622$  lat)?
32. Pomiary zawartości atomów potasu i argonu w próbce skały księżycowej wykazały, że stosunek liczby trwałych atomów argonu  $^{40}\text{Ar}$  do liczby promieniotwórczych atomów  $^{40}\text{K}$  wynosi 10,3. Załóżmy, że wszystkie atomy argonu powstały na drodze rozpadu promieniotwórczego atomów potasu z czasem połowicznego zaniku 1,25 mld lat. Jaki jest wiek skały?