

Zbiór zadań wzorcowych do wykładu *Fizyka* dla kierunków *Geologia* oraz *Geologia stosowana*

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Uwagi proszę kierować na adres Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl

Gdy jestem pytany, dlaczego zajmuję się nauką, odpowiadam: aby zaspokoić moją ciekawość, gdyż jestem z natury poszukiwaczem zrozumienia. Jeśli nie zdziwiło cię coś przez cały dzień, to nie był on zbyt udany.

John A. Wheeler (1911–2008)

Zadania na sprawdzianach i egzaminach będą modyfikacjami zadań z tego zbioru. Zadanie za dodatkowe punkty na egzaminie może być spoza tego zestawu. Zbiór jest udostępniony w trzech wersjach:

- 1) z samymi treściami zadań,
- 2) z treściami zadań i odpowiedziami oraz
- 3) z treściami zadań, wskazówkami i odpowiedziami.

Taka też jest zalecana kolejność korzystania z wersji zbioru.

Na sprawdzianach i egzaminach należy posiadać kalkulator naukowy.

Kinematyka

1 Zadanie – Prędkość człowieka

Z jaką prędkością – w kilometrach na godzinę – porusza się człowiek, który pokonuje 60750 metrów w ciągu 135 minut?

Odpowiedź: Człowiek porusza się z prędkością 27 km/h.

2 Zadanie – Prędkość jazdy rowerem

Jaś wyruszył rowerem z linii startu i jechał ze średnią prędkością 6 m/s. Maciek, który wyruszył 15 s po Jasiu z linii startu, ukończył wyścig 45 s przed Jasiem. Obaj chłopcy przebyli tę samą odległość. Z jaką średnią prędkością jechał Maciek, jeśli całą trasę przejechał w trakcie 90 s?

Odpowiedź: Maciek jechał z prędkością 10 m/s.

3 Zadanie – Samochód

Samochód pana Krzysztofa spala 9 litrów benzyny na sto kilometrów, a litr benzyny kosztuje 8 zł. Ile **pełnych** kilometrów przejedzie pan Krzysztof samochodem za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej, czyli za 4 zł?

Odpowiedź: Za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej samochód przejedzie 5 pełnych km.

4 Zadanie – Koło ratunkowe

Wioślarz płynął łodzią w górę szerokiej, prostej i równomiernie płynącej rzeki. Gdy przepływał pod kładką, z jego łodzi wypadło koło ratunkowe. Po 9 min. wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził koło w odległości 900 m od kładki. Oblicz prędkość prądu rzeki względem brzegu w km/h, jeżeli wioślarz cały czas wiosłował z jednakowym wysiłkiem i w jednakowy sposób, a koło od chwili, gdy wypadło z łodzi, nie poruszało się względem wody.

Odpowiedź: Prędkość prądu rzeki to 3 km/h.

5 Zadanie – Startujący samolot

Samolot, stojący początkowo na lotnisku, ruszył wzdłuż pasa startowego ze stałym przyspieszeniem 7 m/s^2 . Jaka prędkość osiągnie po czasie równym 9 s?

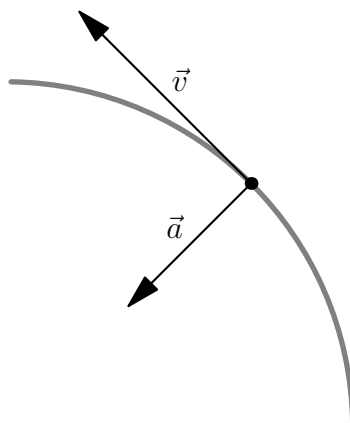
Odpowiedź: 63 m/s

6 Zadanie – Na zakręcie

Samochód jedzie po łuku o promieniu 75 m ze stałą wartością prędkości 108 km/h.

- Narysuj fragment toru samochodu, zaznacz jego przykładowe położenie i narysuj wektor jego prędkości oraz wektor jego przyspieszenia, opisz elementy rysunku.
- Oblicz wartość przyspieszenia samochodu w m/s^2 .

Odpowiedź: a) Wektor prędkości \vec{v} jest styczny do toru, a wektor przyspieszenia \vec{a} jest skierowany do środka okręgu, po fragmencie którego porusza się samochód.



- Wartość przyspieszenia dośrodkowego to ok. 12 m/s^2 .

7 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego

Oblicz prędkość i przyspieszenie punktu materialnego w chwili $t_1 = 2,5$ s, którego położenie na osi X jest opisane równaniem

$$x(t) = A \left(1 - e^{-\lambda(t-t_0)}\right)$$

gdzie $A = 6$ m, $\lambda = 0,6$ s⁻¹ oraz $t_0 = 0,6$ s.

Odpowiedź: Prędkość i przyspieszenie:

$$v(t) = A \lambda e^{-\lambda(t-t_0)}$$

$$v(t_1) \approx 1,15 \text{ m/s}$$

$$a(t) = -A \lambda^2 e^{-\lambda(t-t_0)}$$

$$a(t_1) \approx -0,691 \text{ m/s}^2$$

8 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego 3D

Punkt materialny porusza się w przestrzeni. W wybranym układzie kartezjańskim wektor położenia tego punktu jest równy

$$\vec{r}(t) = \begin{bmatrix} g_x t + h_x \\ e_y t^3 + f_y t^2 + g_y t \\ f_z t^2 + g_z t + h_z \end{bmatrix}$$

gdzie t oznacza czas, a wartości stałych wynoszą odpowiednio:

g_x	h_x	e_y	f_y	g_y	f_z	g_z	h_z
3 m/s	16 m	-3 m/s ³	-3 m/s ²	-2 m/s	-3 m/s ²	4 m/s	-20 m

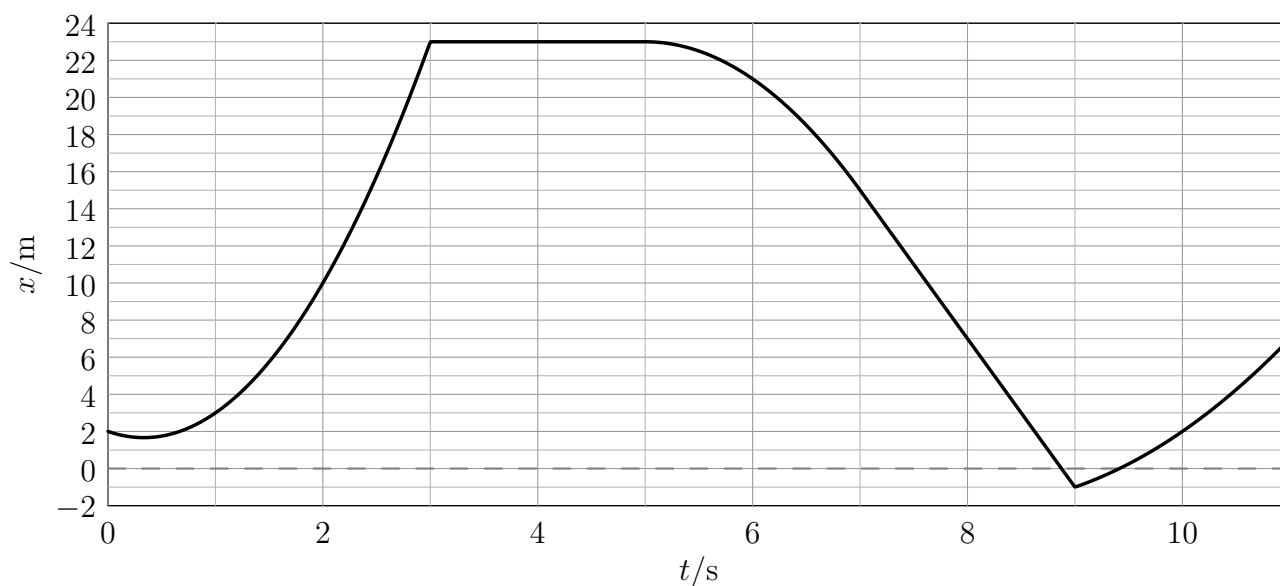
Oblicz prędkość i przyspieszenie tego punktu materialnego w chwili $t_1 = 3$ s.

Odpowiedź: Prędkość i przyspieszenie:

$$\vec{v}(t_1) = \begin{bmatrix} 3 \\ -101 \\ -14 \end{bmatrix} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \vec{a}(t_1) = \begin{bmatrix} 0 \\ -60 \\ -6 \end{bmatrix} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

9 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

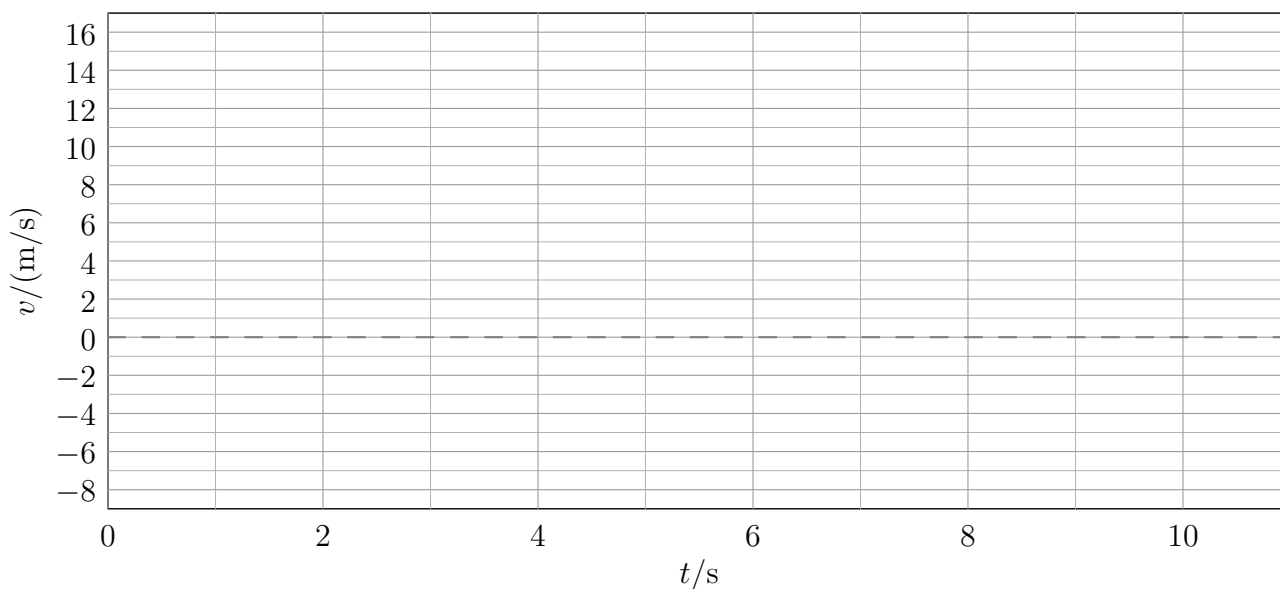
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi X . Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia x od czasu t .



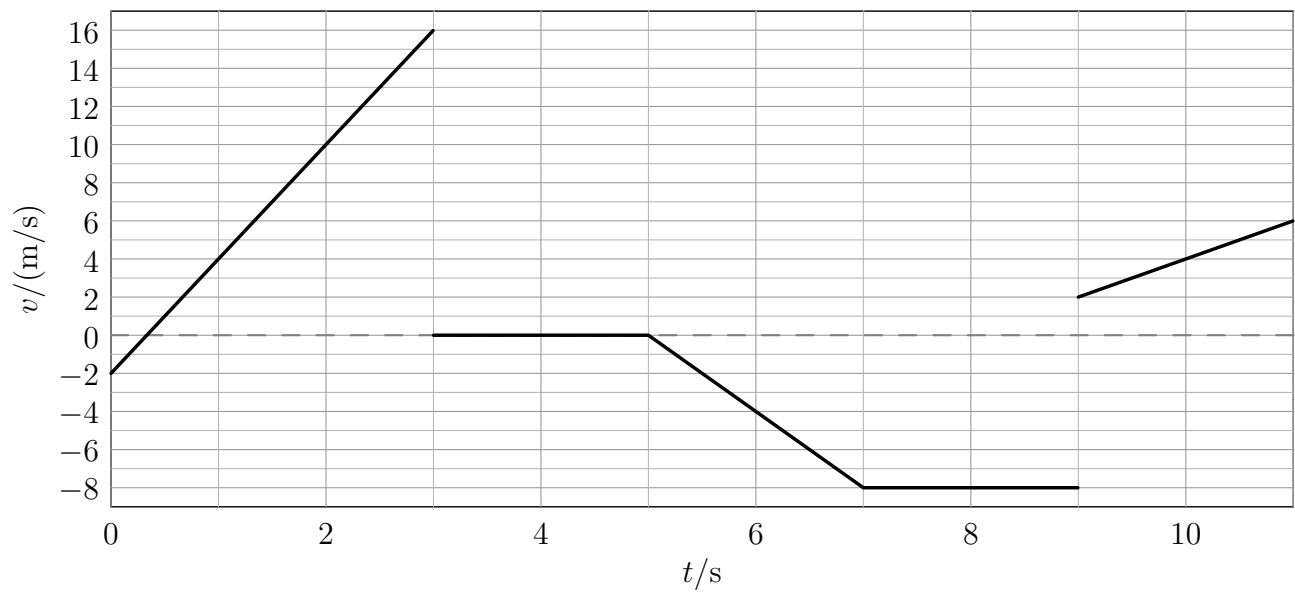
W tabeli podano przyśpieszenie a punktu materialnego w poszczególnych interwałach czasu.

t/s	$[0, 3[$	$]3, 5[$	$]5, 7[$	$]7, 9[$	$]9, 11]$
$a/(m/s^2)$	6	0	-4	0	2

Wykonaj wykres zależności prędkości v od czasu dla tego punktu materialnego dla $t \in [0, 11]$ s.



Odpowiedź: Poprawny wykres:



Dynamika, statyka...

10 Zadanie – Statek kosmiczny Zazula

W przestrzeni kosmicznej, z dala od innych ciał spoczywał w układzie inercyjnym statek międzygalaktyczny Zazula. Na skutek eksplozji rozpadł się na trzy części. Jedna część o masie $12,3 \cdot 10^3$ kg porusza się z szybkością 2,5 m/s. Druga część o masie $28 \cdot 10^3$ kg nadal spoczywa. Oblicz masę trzeciego fragmentu statku, jeśli jego szybkość jest równa 11,1 m/s.

Odpowiedź: Z zasady zachowania pędu układu, $\vec{p}_0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3$, oraz z $\vec{p}_0 = 0$ i $\vec{p}_2 = 0$ otrzymujemy: $\vec{p}_3 = -\vec{p}_1$. Obliczając wartość obu stron, $|\vec{p}_3| = |-\vec{p}_1|$, otrzymujemy równanie $p_3 = p_1$, czyli $m_3 v_3 = m_1 v_1$, co prowadzi do wyniku: $m_3 = m_1 v_1 / v_3 \approx 2,77 \cdot 10^3$ kg.

11 Zadanie – Spadochroniarz

Spadochroniarz wraz z wyposażeniem ma masę 92 kg i opada na spadochronie pionowo w dół ze stałą prędkością o wartości 7,8 m/s. Dzieje się to około 300 m nad poziomem morza, a przyspieszenie ziemskie jest tam równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Oblicz siłę oporów ruchu działającą na spadochroniarza wraz z jego wyposażeniem.

Odpowiedź: Spadochroniarz porusza się z zerowym przyspieszeniem, a więc wartość siły oporów ruchu jest równa wartości siły ciężkości skoczka: $Q = mg \approx 902 \text{ N}$.

12 Zadanie – Zderzenie wagonów

Wagon kolejowy o masie 33 ton, jadąc po poziomych torach z prędkością o wartości 2,7 m/s, uderzył w stojący skład 8 wagonów. Po zderzeniu wszystkie wagony poruszają się razem, ze stałą prędkością. Wszystkie wagony są identyczne. Można pominąć wpływ zewnętrznych sił poziomych. Oblicz:

- wartość prędkości, z jaką poruszają się wagony tuż po zderzeniu i połączeniu,
- o ile zmniejszyła się na skutek szepienia wagonów energia kinetyczna ich ruchu postępowego.

Odpowiedź:

- Po szepieniu skład porusza się z prędkością $v = 0,3 \text{ m/s}$.
- Energia kinetyczna ruchu postępowego zmniejszyła się o $\Delta E_k = m(v_0^2 - (n+1)v^2)/2 \approx 107 \text{ kJ}$.

13 Zadanie – Kula w polu dwóch sił

Kula o masie 10 kg porusza się pod wpływem siły ciężkości oraz poziomo skierowanej, stałej siły elektrostatycznej. Wpływ innych sił jest pomijalny. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Wartość siły elektrostatycznej to 93 N. Oblicz:

- wartość wypadkowej siły działającej na kulę,
- wartość przyspieszenia kuli,
- wartość prędkości kuli po czasie 6 s, zakładając, że początkowo znajdowała się ona w spoczynku.

Odpowiedź:

- a) Wartość wypadkowej siły (po skorzystaniu z twierdzenia Pitagorasa) to ok. 135 N.
b) Wartość przyspieszenia to $a = F/m \approx 13,5 \text{ m/s}^2$.
c) Wartość prędkości po czasie t to $v = at \approx 81,1 \text{ m/s}$.

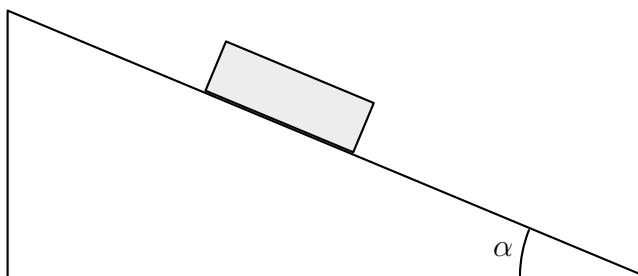
14 Zadanie – Przyspieszenie planety

Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim porusza się planeta MLMC wokół gwiazdy PRPL. Przyjmij, że MLMC i PRPL są punktami materialnymi o masach odpowiednio $4 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ i $3,07 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, a planeta porusza się ze stałą szybkością w odległości $363 \cdot 10^6 \text{ km}$ od gwiazdy. Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$. Zagadnienie rozważ w układzie inercyjnym. Wpływ innych ciał jest nieistotny.

Odpowiedź: Planeta porusza się z przyspieszeniem o wartości $a = GM/r^2 \approx 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

15 Zadanie – Równia pochyła z rysunkiem

Na idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu $\alpha = 36^\circ$ położono cegłę o masie 5,2 kg. Oblicz przyspieszenie cegły. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$. Wartość kąta α na poniższym rysunku może być inna od podanej.



Odpowiedź: Cegła porusza się z przyspieszeniem równoległym do równi o wartości $a = g \sin \alpha \approx 5,76 \text{ m/s}^2$, w dół równi.

16 Zadanie – Obrót Ziemi

Oblicz:

- a) z jaką prędkością liniową na równiku powinna obracać się Ziemia wokół własnej osi, aby ciężar człowieka stojącego na równiku stanowił 87% siły grawitacji działającej na niego.
b) ile wynosi ciężar człowieka o masie 53 kg na równiku, jeżeli liniowa prędkość Ziemi, wynikająca z jej ruchu obrotowego, w tym miejscu wynosi 1667 km/h.
Przyjmij, że przyspieszenie grawitacyjne na równiku jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$.

Odpowiedź:

- a) Prędkość liniowa Ziemi na równiku powinna wynosić $V = \sqrt{Rg(1 - k)} \approx 2850 \text{ m/s}$, gdzie R to promień Ziemi, a $k = 0,87$.
b) Ciężar człowieka na równiku wynosi ok. 517 N.

17 Zadanie – Rozpędzanie z oporem

Na lodowisku stoi łyżwiarz o masie 74 kg. Kolega rozpędza go, działając na łyżwiarza poziomą siłą o wartości 45 N na drodze 3,3 m. Wiedząc, że działająca na łyżwiarza pozioma siła oporu ma wartość 10 N, oblicz szybkość, z jaką łyżwiarz będzie się poruszać po rozpędzeniu.

Odpowiedź: Końcowa szybkość łyżwiarza o masie m będzie równa $v = \sqrt{2(F - T)S/m} \approx 1,77$ m/s.

18 Zadanie – Spacer z sankami

Dziecko ciągnie sanki ze stałą prędkością, po poziomym boisku, wzdłuż odcinka o długości 60 m. Oblicz pracę, jaką wykona ono przy ciągnięciu, jeśli siła napięcia sznurka wynosi 62 N i tworzy on kąt 45° z poziomem.

Odpowiedź: Dziecko wykona pracę równą $W = Fs \cos \alpha \approx 2630$ J.

19 Zadanie – Cegły z wykopaliska

Ilu studentów archeologii potrzeba, by wynieść 2100 cegieł z wykopaliska? Każda z cegieł ma masę 5 kg, a każdy student może wykonać pracę 36000 J, niosąc cegły samodzielnie albo w grupie. Każdą cegłę należy przenieść o 11 m wyżej w polu grawitacyjnym o natężeniu 9,8 N/kg.

Odpowiedź: Minimalna liczba studentów potrzebna do wniesienia cegieł to 32.

20 Zadanie – Wahadło

Kulkę o masie 20 dag zawieszoną na długiej, nierozciągliwej i bardzo lekkiej nici przymocowanej do nieruchomego zaczepu wychylono z położenia równowagi tak, że podniosła się ona na wysokość 6 cm. Nic cały czas była napięta. Po wypuszczeniu kulka wykonuje ruch wahadłowy. Zanedbując opory ruchu, oblicz wartość prędkości kulki w momencie przechodzenia przez położenie równowagi. Przyjmij, że przyspieszenie grawitacyjne jest równe $9,8$ m/s².

Odpowiedź: Wartość prędkości kulki w momencie przechodzenia przez położenie równowagi to ok. 1,08 m/s.

21 Zadanie – Lot mionu

Mion leci ze stałą prędkością $1,3 \cdot 10^8$ m/s względem laboratorium. W układzie związanym z mionem rozpadł się on po czasie $1,6 \mu\text{s}$ od początku lotu. Ile czasu trwał lot mionu w układzie związanym z laboratorium? Przyjmij wartość prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s.

Odpowiedź: W układzie związanym z laboratorium czas lotu mionu

$$t = \gamma t_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} t_0 \approx 1,78 \mu\text{s}$$

gdzie $\beta = v/c$, v jest prędkością mionu, a c prędkością światła w próżni.

22 Zadanie – Przyssawka

Oblicz maksymalną masę odważnika, który może wisieć przyczepiony do okrągłej przyssawki przylegającej do poziomego sufitu. Średnica przyssawki jest równa 35 cm. Przyjmij, że między przyssawką a sufitem jest próżnia, ciśnienie atmosferyczne jest równe 1007 hPa, a przyspieszenie ziemskie $9,8 \text{ m/s}^2$.

Odpowiedź: Maksymalna masa odważnika jest równa ok. 989 kg.

23 Zadanie – Pod wodą

Oblicz ciśnienie wody działające na nurka znajdującego się na głębokości 20 m. Przyjmij gęstość wody 1015 kg/m^3 oraz natężenie pola grawitacyjnego $9,8 \text{ N/kg}$.

Odpowiedź: Ciśnienie wody jest równe ok. 199 kPa. Jeśli chcesz uwzględnić ciśnienie atmosferyczne, to należy dodać ok. 100 kPa.

24 Zadanie – Prasa hydrauliczna

Dwa walcowe tłoki prasy hydraulicznej mogą poruszać się w pionie. Gdy są nieobciążone, znajdują się na tym samym poziomie. Mniejszy tłok ma średnicę 7 cm, a duży średnicę 50 cm. Jaki odważnik trzeba umieścić na małym tłoku, by utrzymać bryłę o masie 600 kg leżącą na dużym tłoku?

Odpowiedź: Na małym tłoku należy umieścić odważnik o masie ok. 11,8 kg.

25 Zadanie – Kula w cieczy

Pełna kula wykonana z materiału o gęstości 1700 kg/m^3 pływa w cieczy o gęstości 2200 kg/m^3 . Cały układ znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym. Oblicz stosunek objętości tej części kuli, która znajduje się powyżej powierzchni cieczy, do objętości całej kuli.

Odpowiedź: Stosunek objętości części kuli, która znajduje się powyżej powierzchni cieczy, do objętości całej kuli jest równy $1 - d_b/d_l \approx 0,227$.

26 Zadanie – Wąż ogrodowy

Gumowy wąż ogrodowy o wewnętrznej średnicy 13 mm zakończony jest otworem o średnicy 3 mm. Z jaką szybkością wylatuje woda z otworu, jeśli w wężu porusza się ona z szybkością 10 cm/s ?

Odpowiedź: Szybkość wody w otworze to ok. 188 cm/s.

27 Zadanie – Rura z przewężeniem

Całym wnętrzem poziomo umieszczonej rury płynie woda. Rura posiada przewężenie, przez które woda przepływa z szybkością 63 cm/s . Przed przewężeniem woda płynie z szybkością 51 cm/s . Pomiń efekty związane z lepkością i ściśliwością. Przepływ jest laminarny. Gęstość wody jest równa 1000 kg/m^3 .

a) Oblicz zmianę ciśnienia między dwoma punktami znajdującymi się na osi rury, z czego

pierwszy punkt znajduje się przed przewężeniem, a drugi w przewężeniu.

b) Napisz, w którym z punktów ciśnienie jest większe.

Odpowiedź:

a) Zmiana ciśnienia $\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) \approx -68,4 \text{ Pa}$.

b) Ciśnienie jest większe przed przewężeniem.

Termodynamika

28 Zadanie – Ogrzewanie wody

Ile ciepła należy dostarczyć 800 g wody, aby ogrzać ją o 60 K? Wynik wyraż w kJ. Przyjmij, że ciepło właściwe wody wynosi 4200 J/(kg·K).

Odpowiedź: Należy dostarczyć 201,6 kJ.

29 Zadanie – Parowanie wody

Do naczynia zawierającego 0,6 kg wody włożono grzałkę o mocy 800 W, a następnie doprowadzono wodę do wrzenia. Ile wody wyparowało w ciągu 1 minut wrzenia? Przyjmij, że ciepło parowania wody wynosi 2270 kJ/kg.

Odpowiedź: Wyparowało 21,2 g wody.

30 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

Blok lodu o temperaturze -8°C i masie 320 g włożono do 1500 g wody o temperaturze 65°C . Oblicz końcową temperaturę układu, zakładając, że nie następuje wymiana ciepła z otoczeniem. Przyjmij wartości: ciepła właściwego lodu 2050 J/(kg K), ciepła topnienia lodu 334 kJ/kg, ciepła właściwego wody (cieczy) 4200 J/(kg K).

Odpowiedź: Końcowa temperatura układu $T_f = (T_w m_w c_w + (T_i c_i - l_i) m_i) / [(m_i + m_w) c_w] \approx 38,9^{\circ}\text{C}$.

31 Zadanie – Granitowa płyta

Powierzchnia płyty granitowej to $104 \cdot 10^3 \text{ m}^2$, a jej grubość 6 m. Pod płytą panuje temperatura 50°C , a nad płytą -7°C . Oblicz ciepło przepływające przez płytę w trakcie jednej minuty, jeśli współczynnik przewodnictwa cieplnego granitu jest równy $2,84 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$.

Odpowiedź: Ciepło: $Q \approx 168 \text{ MJ}$.

32 Zadanie – Wydłużenie szyny

Oblicz, o ile zmieni się długość stalowej szyny po ogrzaniu jej do temperatury 15°C , jeśli jej długość przy temperaturze 3°C jest równa 11 m. Współczynnik rozszerzalności cieplnej użytej stali jest równy $0,99 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Odpowiedź: Wydłużenie szyny: $\Delta l = \alpha \Delta T l \approx 1,31 \text{ mm}$.

33 Zadanie – Lodowiec

Oszacuj masę stopionego lodu z lodowca, który zsunął się i zatrzymał w dolinie. Początkowo lodowiec spoczywał na wysokości 317 m nad doliną i miał masę $7 \cdot 10^9$ kg. Załóż, że energia tracona przez zsuwający się lodowiec i spływającą wodę powstała podczas topnienia lodowca powoduje dalsze topnienie lodu. Przyjmij ciepło topnienia lodu 334 kJ/kg. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$.

Odpowiedź: Masa stopionego lodu to około $m_i = m_0 g h / l \approx 65 \cdot 10^6$ kg, gdzie m_0 jest początkową masą lodowca, h zmianą wysokości lodowca, l ciepłem topnienia lodu, a g wartością przyspieszenia ziemskiego. Oszacowanie to m.in. zakłada, że h jest zmianą wysokości środka masy lodowca razem z powstałą z niego wodą.

34 Zadanie – Zmiana energii wewnętrznej układu

W pewnym procesie dostarczyliśmy do układu ciepło o wartości 220 J, wykonaliśmy pracę nad tym układem (np. sprężając go) o wartości 140 J oraz odebraliśmy od układu ciepło o wartości 180 J, a układ wykonał pracę o wartości 50 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej tego układu wskutek opisanego procesu.

Odpowiedź: Zmiana energii wewnętrznej układu: $\Delta U = Q_1 + W_1 + Q_2 + W_2 = 130 \text{ J}$. Zauważ, że $Q_2 < 0$ oraz $W_2 < 0$.

35 Zadanie – Entropia i porcja wody

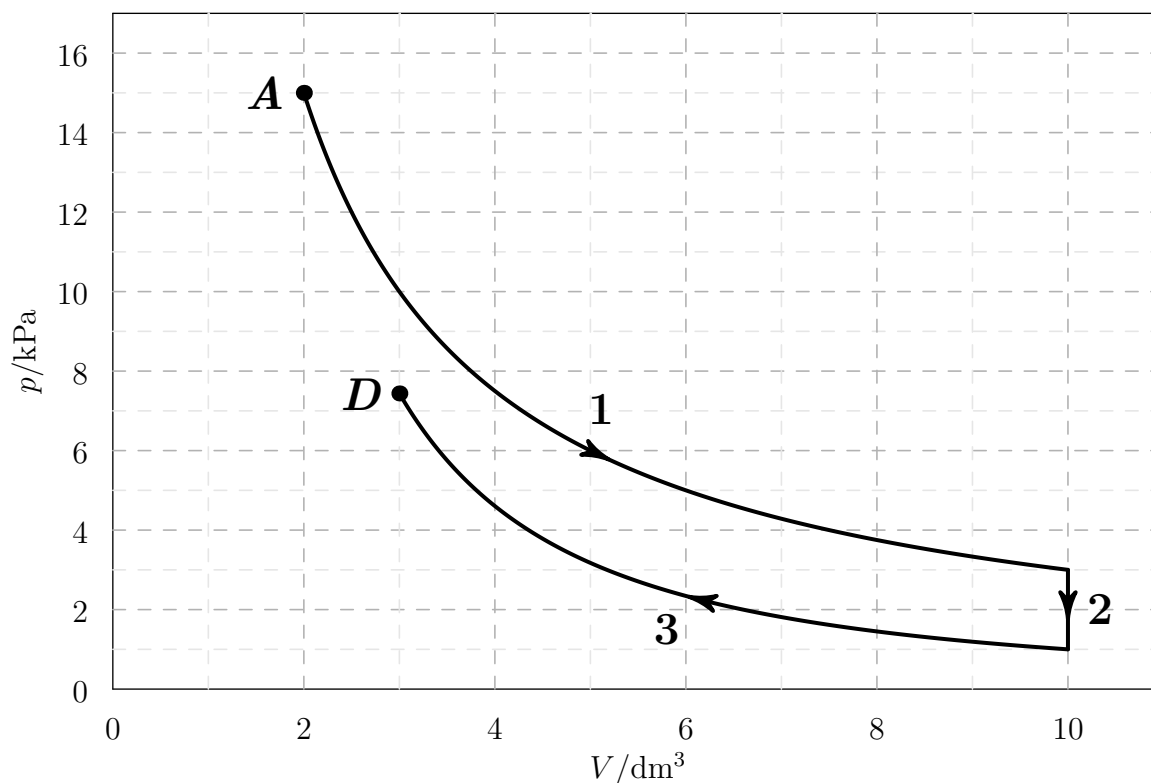
Oblicz zmianę entropii wody o masie 68 g podczas przemiany jej stanu z ciekłego (płyn) w stan gazowy (para) w temperaturze wrzenia pod ciśnieniem 1 atm. Przyjmij ciepło parowania równe 2257 kJ/kg.

Odpowiedź: Zmiana entropii: $\Delta S \approx 153476 \text{ J} / 373 \text{ K} \approx 411 \text{ J/K}$.

36 Zadanie – Przemiany gazowe

Ustalona porcja gazowego neonu przeszła przemiany 1, 2 i 3 przedstawione na poniższym wykresie, gdzie p oznacza ciśnienie gazu, a V jego objętość. Początkowo parametry gazu opisywał punkt A . Wiadomo, że przemiana 3 była adiabatyczna.

- Podaj nazwy przemian 1 i 2. W przypadku przemiany 1 swoją hipotezę dotyczącą rodzaju przemiany sprawdź w 3 różnych punktach.
- Dla każdej z przemian wskaż wielkości, które są zawsze równe 0 w trakcie tej przemiany.
- Czy gaz w punkcie D ma większą temperaturę niż w punkcie A ?
- Czy z punktu D może ta porcja gazu dotrzeć do punktu A w przemianie izobarycznej?

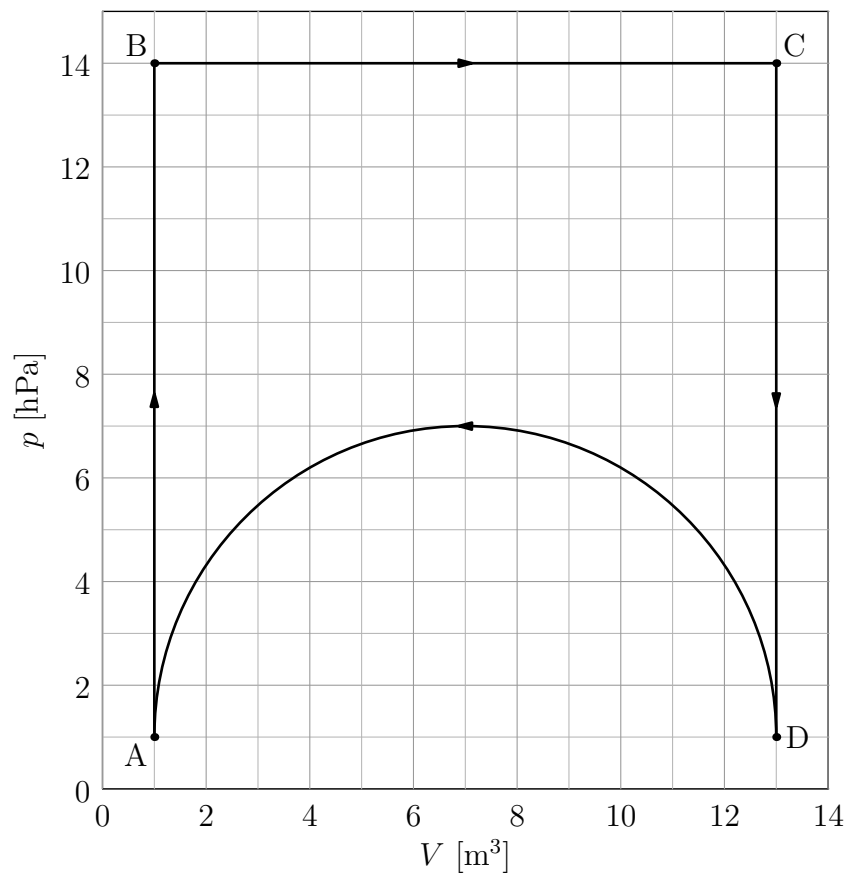


Odpowiedź:

- Przemiana 1 to przemiana izotermiczna, gdyż pV ma zawsze tę samą wartość, np. $2 \cdot 15 = 3 \cdot 10 = 5 \cdot 6$ (w jednostkach $\text{kPa} \cdot \text{dm}^3$). Przemiana 2 jest przemianą izochoryczną.
- W trakcie przemiany 1 zmiana temperatury oraz zmiana energii wewnętrznej są równe 0, w trakcie przemiany 2 zmiana objętości oraz praca (wykonana nad gazem lub wykonana przez gaz), a w trakcie przemiany 3 wymienione z otoczeniem ciepło.
- Nie. Iloczyn pV w punkcie A jest równy $2 \cdot 15 = 30$, a w punkcie D jest mniejszy niż $8 \cdot 3 = 24$ (w jednostkach $\text{kPa} \cdot \text{dm}^3$).
- Nie, gdyż ciśnienia w tych punktach są różne.

37 Zadanie – Praca wykonana przez gaz

Oblicz pracę wykonaną przez gaz podczas jednego cyklu przedstawionego na wykresie poniżej. Fragment DA ma kształt półokręgu.



Uwaga: Praca wykonana przez gaz jest dodatnia, gdy gaz się rozpręża, a ujemna, gdy jego objętość maleje.

Odpowiedź: Praca wykonana przez gaz wynosi około 9950 J.

Elektryczność, magnetyzm, optyka, obwody

38 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 20 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 6. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów. Przyjmij, że ładunek protonu jest równy $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, jego masa to $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg, a stała Coulomba wynosi $8,988 \cdot 10^9$ Nm²/C².

Odpowiedź: Wartość natężenia pola elektrycznego $|\vec{E}| = kne/r^2 \approx 21,6 \cdot 10^6$ N/C, gdzie n jest liczbą atomową, e ładunkiem protonu, a k stałą elektryczną. Kierunek wektora natężenia pola elektrycznego \vec{E} jest taki sam jak prosta przechodząca przez jądro i punkt, w którym określamy pole. Zwrot \vec{E} jest *od jądra*.

39 Zadanie – Proton w polu magnetycznym

Proton porusza się z prędkością o wartości 4200 m/s w jednorodnym polu magnetycznym o wartości 2,3 T. Wektor prędkości jest prostopadły do pola magnetycznego. Oblicz przyspieszenie, z jakim porusza się proton. Ładunek protonu jest równy $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, a jego masa jest równa $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg.

Odpowiedź: Proton porusza się z przyspieszeniem o wartości $a = F/m \approx 92,5 \cdot 10^{10}$ m/s².

40 Zadanie – Cewka i magnes

Układ składa się z wykonanej z miedzianego drutu, podłączonej tylko do amperomierza cewki oraz trwałego, silnego magnesu. Cewka i magnes mogą być niezależnie przesuwane wzdłuż prostej, która jest jednocześnie osią cewki i magnesu (bieguny magnesu leżą na tej prostej). W poniższej tabeli, w wymienionych trzech przypadkach opisz zachowanie wartości bezwzględnej natężenia prądu, $|I|$, płynącego przez cewkę (*maleje, rośnie, stała i różna od 0, równa 0*) oraz wypadkowe oddziaływanie elektromagnetyczne między cewką a magnesem (*przyciągają się, odpychają się, nie oddziałują*).

opis	$ I $	oddziaływanie
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki		
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		
Cewka jest ze stałą prędkością zbliżana do nieruchomego magnesu		

Odpowiedź:

opis	$ I $	oddziaływanie
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki	równa 0	brak oddziaływania
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu	maleje	przyciągają się
Cewka jest ze stałą prędkością zbliżana do nieruchomego magnesu	rośnie	odpychają się

41 Zadanie – Rodzaje magnetyków

Zaobserwowano, że próbka materiału umieszczona w pobliżu cewki, przez którą płynął prąd elektryczny, była odpychana od cewki. Po wyłączeniu prądu płynącego przez cewkę magnetyzacja próbki zmniejszyła się do zera. Napisz nazwę rodzaju magnetyka, z którego wykonana jest próbka.

Odpowiedź: Próbkę wykonano z diamagnetyka.

42 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 41 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 51 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 7530 \text{ C}$.

43 Zadanie – Opornik

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 25 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,5 V.

- Oblicz opór opornika.
- Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 12 V.

Odpowiedź:

- Opór $R = U_1/I_1 = 60 \Omega$.
- Natężenie prądu $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 200 \text{ mA}$.

Fale

44 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

Prędkość dźwięku w piaskowcu jest równa 2600 m/s. Oblicz okres oraz częstotliwość fali rozchodzącej się w płycie z tego piaskowca, jeśli długość fali jest równa 1,8 km.

Odpowiedź: Okres fali $T = \lambda/v \approx 0,692$ s, a jej częstotliwość $f = 1/T \approx 1,44$ Hz.

45 Zadanie – Częstotliwość światła

Wiązka światła o długości fali 490 nm w próżni pada na powierzchnię szkła o bezwzględnym współczynniku załamania tego światła równym 1,92. Oblicz częstotliwość i długość fali tego światła w szkłe. Przyjmij wartość prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s.

Odpowiedź: Częstotliwość $f_2 = f_1 = c/\lambda \approx 612$ THz, a długość fali $\lambda_2 = v_2 T = cT/n = \lambda_1/n \approx 255$ nm.

46 Zadanie – Fala podłużna w pręcie

Oblicz prędkość rozchodzenia się podłużnej fali w długim, metalowym pręcie. Długość fali jest znacznie większa od średnicy pręta. Gęstość metalu, z którego wykonano pręt, jest równa 3600 kg/m³, a moduł Younga tego metalu jest równy 219 GPa. Jeśli nie pamiętasz zależności prędkości fali od modułu Younga i gęstości, to w opisanym przypadku możesz ją uzyskać, rozważając wymiary tych wielkości.

Odpowiedź: Prędkość fali jest równa $v = \sqrt{E/\rho} \approx 7800$ m/s.

47 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

W jednorodnym ośrodku umieszczono dwa głośniki. Pierwszy głośnik znajduje się w odległości 3,09 m, a drugi w odległości 4,29 m od mikrofonu. Każdy z głośników oddzielnie wytwarzał w okolicy mikrofonu falę o takiej samej amplitudzie, a w obszarze między tym głośnikiem a mikrofonem zmiany ciśnienia można było w przybliżeniu opisać jako falę płaską o długości fali 80 cm. Następnie włączono oba głośniki. Drgają one w taki sam sposób, czyli w zgodnej fazie. Na podstawie odpowiednich obliczeń określ, czy w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, nastąpi wzmocnienie czy osłabienie dźwięku w porównaniu z sytuacją, gdy był włączony tylko jeden z głośników.

Odpowiedź: Iloczyn wartości bezwzględnej różnicy odległości i długości fali $|d_1 - d_2|/\lambda = 1,5$, a więc w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, fale spotykają się w przeciwnej fazie – nastąpi osłabienie.

48 Zadanie – Czy to fala?

W otoczeniu strefy subdukcji wychylenie powierzchni Ziemi opisano następującą funkcją zależną od położenia x oraz czasu t :

$$f(x, t) = N \cdot \exp\left(-\frac{x}{L} - a\right) \cdot \exp\left(\frac{t}{T} + b\right) + c\frac{x}{L} + K$$

gdzie N, L, T, a, b, c, K są stałymi. Funkcja opisywała wychylenie dla $x \in (0, L)$ oraz $t \in (0, T)$. Sprawdź, czy ta funkcja spełnia równanie falowe, a więc czy opisywane wychylenie było falą.

Odpowiedź:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = N \cdot \exp\left(-\frac{x}{L} - a\right) \cdot \exp\left(\frac{t}{T} + b\right) / L^2$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = N \cdot \exp\left(-\frac{x}{L} - a\right) \cdot \exp\left(\frac{t}{T} + b\right) / T^2$$

Funkcja $f(x, t)$ spełnia równanie falowe, a więc opisuje falę.

49 Zadanie – Odległość do diody

Cienka soczewka o ogniskowej 4 cm musi być odsunięta na odległość 5 cm od ekranu, aby uzyskać na nim ostry obraz małej, świecącej diody znajdującej się na osi optycznej soczewki.

- Oblicz odległość od soczewki do diody.
- Oblicz stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu.

Odpowiedź:

- Odległość od soczewki do diody to 20 cm.
- Stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu to 4.

50 Zadanie – Polaryzacja odbitego światła

Studenci powinni określić materiał, z którego została wykonana sześcienna bryła. Mają tego dokonać tylko na podstawie badania polaryzacji odbitego od jej ściany światła. Dysponują wiązką światła o długości fali 589 nm. Maksymalną polaryzację liniową odbitej wiązki uzyskali, gdy kąt między normalną do ściany a odbitą wiązką był równy $54,3^\circ$. Na podstawie odpowiednich obliczeń wskaż, z którego z następujących materiałów najprawdopodobniej wykonano bryłę (w nawiasach podano ich bezwzględne współczynniki załamania dla używanego światła): polistyren (1,6), fluorek litu (1,39), diament (2,42). Bryła znajduje się w powietrzu, dla którego przyjmij bezwzględny współczynnik załamania światła równy 1.

Odpowiedź: Bezwzględny współczynnik załamania jest równy $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,39$. A więc materiałem jest najprawdopodobniej fluorek litu.

Fizyka kwantowa

51 Zadanie – Wzbudzone atomy wodoru

Próbka składa się z wielu atomów wodoru, a każdy z nich na początku znajduje się w stanie wzbudzonym o głównej liczbie kwantowej $n = 6$.

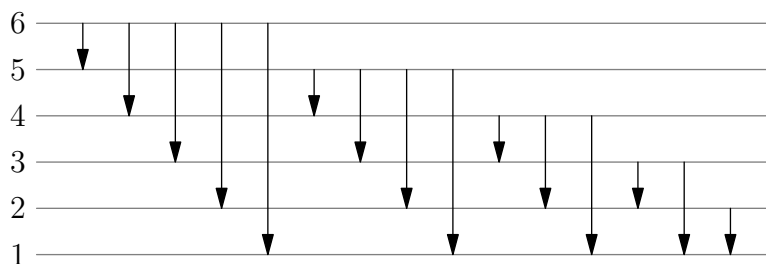
a) Narysuj schemat przedstawiający poziomy energetyczne atomu wodoru wraz z wartościami odpowiadającą im głównej liczby kwantowej n (odległości między poziomami mogą być dowolne). Zaznacz na rysunku wszystkie możliwe bezpośrednie i pośrednie przejścia elektronów, których skutkiem jest emisja fotonu z atomów próbki.

b) Oblicz liczbę linii emisyjnych, które można zaobserwować, mierząc promieniowanie badanej próbki.

c) Napisz, dla którego przejścia emitowane fotony mają najmniejszą częstotliwość spośród wszystkich emitowanych przez próbkę.

Odpowiedź:

a) Schemat poziomów i przejść (odległości między poziomymi liniami nie odzwierciedlają rzeczywistych odległości między poziomami):



b) Można zaobserwować 15 linii.

c) Przejście z poziomu 6 na poziom 5.

52 Zadanie – Liczby kwantowe atomu wodoru

Opisz wszystkie kombinacje liczb kwantowych orbitalnej l i magnetycznej m określające możliwe stany elektronu w atomie wodoru, jeśli wiadomo, że elektron znajduje się w stanie o głównej liczbie kwantowej $n = 5$.

Odpowiedź: Możliwe stany to:

$$l = 0 \text{ z } m \in \{0\}$$

$$l = 1 \text{ z } m \in \{-1, 0, 1\}$$

$$l = 2 \text{ z } m \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}$$

$$l = 3 \text{ z } m \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$$

$$l = 4 \text{ z } m \in \{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4\}$$

53 Zadanie – Liczba fotonów

Impuls monochromatycznego światła o długości fali 650 nm w próżni padł na ciemną płytkę, która pochłania 82% energii padającego na nią promieniowania. Oblicz liczbę fotonów w tym impulsie, jeśli wiadomo, że na skutek oświetlenia energia płytki zwiększyła się o 36 mJ. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s i stałej Plancka $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s.

Odpowiedź: Liczba fotonów w impulsie $n = E_{\text{abs}}/(\varepsilon_{\text{eff}}E_{\gamma}) \approx 1440 \cdot 10^{14}$.

54 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

Metalową płytkę oświetlono promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 220 nm. Maksymalna energia kinetyczna wybijanych z płytki elektronów jest równa 2,43 eV. Oblicz pracę wyjścia elektronu z powierzchni tego metalu. Wynik podaj w eV. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s, ładunku elementarnego $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, stałej Plancka $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s = $4,136 \cdot 10^{-15}$ eV · s.

Odpowiedź: Praca wyjścia $W = E_{\gamma} - E_k \approx 3,21$ eV.

55 Zadanie – Elektron i najmniejsze prawdopodobieństwo

Elektron znajduje się w układzie, w którym położenie opisujemy zmienną x . Kwantowa funkcja falowa opisująca elektron jest równa

$$\Psi(x) = N \cdot \exp(-x/L) \cdot \sin\left(2\pi\frac{x}{L} + \frac{\pi}{4}\right)$$

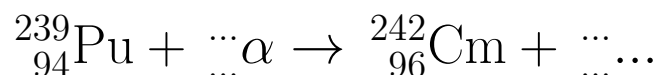
gdzie N oraz $L = 8$ nm są stałymi. Zmienna x przyjmuje wartości od 0 do $\frac{3}{2}L$. Wypisz wszystkie wartości x w tym zakresie, w pobliżu których prawdopodobieństwo znalezienia elektronu jest najmniejsze. Argumentami funkcji trygonometrycznych są liczby, np. $\sin(\pi/2) = 1$, $\cos(\pi/2) = 0$.

Odpowiedź: Wartości x , w pobliżu których prawdopodobieństwo znalezienia elektronu jest najmniejsze, to: $3L/8$, $7L/8$, $11L/8$, a więc 3 nm, 7 nm, 11 nm.

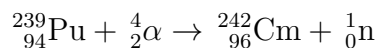
Fizyka jądrowa

56 Zadanie – Zderzenie z α

Z jądrem ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ zderza się cząstka α . Uzupełnij zapis tej reakcji, wpisując właściwe liczby lub symbole w 5 miejscach oznaczonych wielokropkiem. Symbol pierwiastka chemicznego oznacza tylko jądro atomowe, bez elektronów.



Odpowiedź:

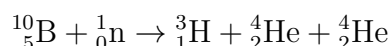


57 Zadanie – Procesy jądrowe

Uzupełnij zapis reakcji jądrowej, wpisując właściwe liczby lub symbole w miejscach oznaczonych wielokropkiem. Symbol pierwiastka chemicznego oznacza tylko jądro atomowe, bez elektronów.



Odpowiedź:



58 Zadanie – Czas połowicznego rozpadu

W próbce po $420 \cdot 10^3$ latach liczba radioaktywnych jąder atomowych pewnego izotopu zmniejszyła się 128 razy. Oblicz czas połowicznego rozpadu tego izotopu.

Odpowiedź: Czas połowicznego rozpadu to około $T_{1/2} = t/n = 60 \cdot 10^3$ lat.

59 Zadanie – Wiek próbki

Czas połowicznego rozpadu pewnego izotopu jest równy $7,24 \cdot 10^6$ s. Oblicz wiek próbki, jeśli wiadomo, że 95% jąder tego izotopu w próbce już się rozpadło. Wynik podaj w tygodniach.

Odpowiedź: Najbardziej prawdopodobny wiek próbki to około $t = nT_{1/2} \approx 51,7$ tygodnia.

60 Zadanie – Datowanie geologiczne

W pewnej próbce granitu znajduje się 0,777 mg argonu ^{40}Ar i 0,933 mg potasu ^{40}K . Wyznacz wiek tej próbki. Czas połowicznego rozpadu ^{40}K wynosi $1,25 \cdot 10^9$ lat. Wiadomo, że tylko ok. 11% rozpadających się jąder ^{40}K zmienia się w jądra ^{40}Ar . Przyjmij, że wszystkie jądra ^{40}Ar w próbce powstały z rozpadu ^{40}K i że poza tym rozpadem inne procesy nie wpływały na zmianę składu tych dwóch pierwiastków w próbce granitu.

Odpowiedź: Najbardziej prawdopodobny wiek próbki $t = n \cdot T_{1/2} \approx 3,87 \cdot 10^9$ lat.