Warszawa, 2017–10–01

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

Joanna Drabarz, update: 2016-07-14, id: pl-prędkość-droga-czas-0003000, diff: 2

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

Wskazówka: Ile metrów pokonuje w ciągu minuty? Odpowiedź: 450 m.

Wskazówka: Ile metrów przejedzie w ciągu godziny? Odpowiedź: 27000 m.

Wskazówka: Ile kilometrów przejedzie w ciągu godziny? Odpowiedź: 27 km.

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

2 Zadanie – Prędkość jazdy rowerem

Piotr Nieżurawski, update: 2016-07-30, id: pl-prędkość-droga-czas-0004000-dpc, diff: 3

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?

Wskazówka: Ile czasu jechał Jaś? Odpowiedź: 150 s.

Wskazówka: Jaka była długość trasy? (Jaś...) Odpowiedź: 900 m.

Odpowiedź: Maciek jechał z prędkością 10 m/s.

3 Zadanie – Samochód

Joanna Drabarz, update: 2016-07-09, id: pl-prędkość-droga-czas-0005000, diff: 2

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?

Wskazówka: Na ile litrów benzyny wystarczy równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej? Odpowiedź: 0,5 litra.

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

4 Zadanie – Koło ratunkowe

Piotr Nieżurawski, update: 2016-08-06, id: pl-prędkość-droga-czas-0006000-dpc, diff: 2

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.

Wskazówka: Rozważ całe zdarzenie w układzie związanym z wodą.

Odpowiedź: Prędkość prądu rzeki to 3 km/h.

5 Zadanie – Startujący samolot

Piotr Nieżurawski, update: 2016-07-09, id: pl-kinematyka-0000500-dpc, diff: 1

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

Wskazówka: $v = at$

Odpowiedź: 63 m/s

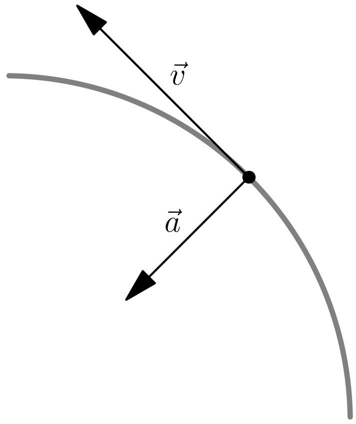
6 Zadanie – Na zakręcie

Piotr Nieżurawski, update: 2017-07-04, id: pl-kinematyka-0002000, diff: 2

Samochód jedzie po łuku o promieniu 75 m ze stałą wartością prędkości 108 km/h.
a) Narysuj fragment toru samochodu, zaznacz jego przykładowe położenie i narysuj wektor jego prędkości oraz wektor jego przyśpieszenia, opisz elementy rysunku.
b) Oblicz wartość przyśpieszenia samochodu w m/s^2.

Wskazówka: Wartość prędkości (szybkość) $v = 30$ m/s. Przyśpieszenie $a = v^2/R$.

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



b) Wartość przyśpieszenia dośrodkowego to ok. 12 m/s^2.

7 Zadanie – Prędkość i przyśpieszenie punktu materialnego

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-21, id: pl-kinematyka-0010000, diff: 2

Oblicz prędkość i przyśpieszenie 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.

Wskazówka: $v = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$

Wskazówka: $a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

Odpowiedź: Prędkość i przyśpieszenie:

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

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

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

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

8 Zadanie – Prędkość i przyśpieszenie punktu materialnego 3D

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-23, id: pl-kinematyka-0010100, diff: 2

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
$3\ \mathrm{m/s}$	$16\ \mathrm{m}$	$-3\ \mathrm{m/s^3}$	$-3\ \mathrm{m/s^2}$	$-2\ \mathrm{m/s}$	$-3\ \mathrm{m/s^2}$	$4\ \mathrm{m/s}$	$-20\ \mathrm{m}$

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

Wskazówka: $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$

Wskazówka: $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$

Wskazówka:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{b}}{\mathrm{d}t} = \begin{bmatrix} \dfrac{\mathrm{d}b_x}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}b_y}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}b_z}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix}$$

Wskazówka:

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} g_x \\ 3e_y t^2 + 2f_y t + g_y \\ 2f_z t + g_z \end{bmatrix} \qquad \vec{a} = \begin{bmatrix} 0 \\ 6e_y t + 2f_y \\ 2f_y \end{bmatrix}$$

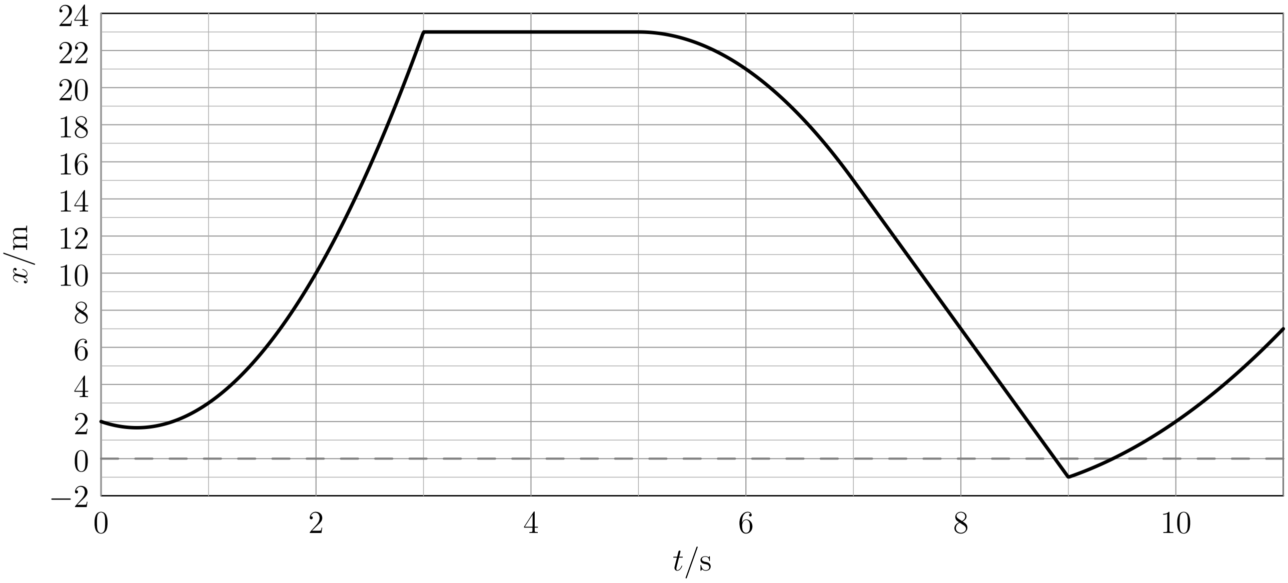
Odpowiedź: Prędkość i przyśpieszenie:

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

9 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-21, id: pl-kinematyka-0001000, diff: 2

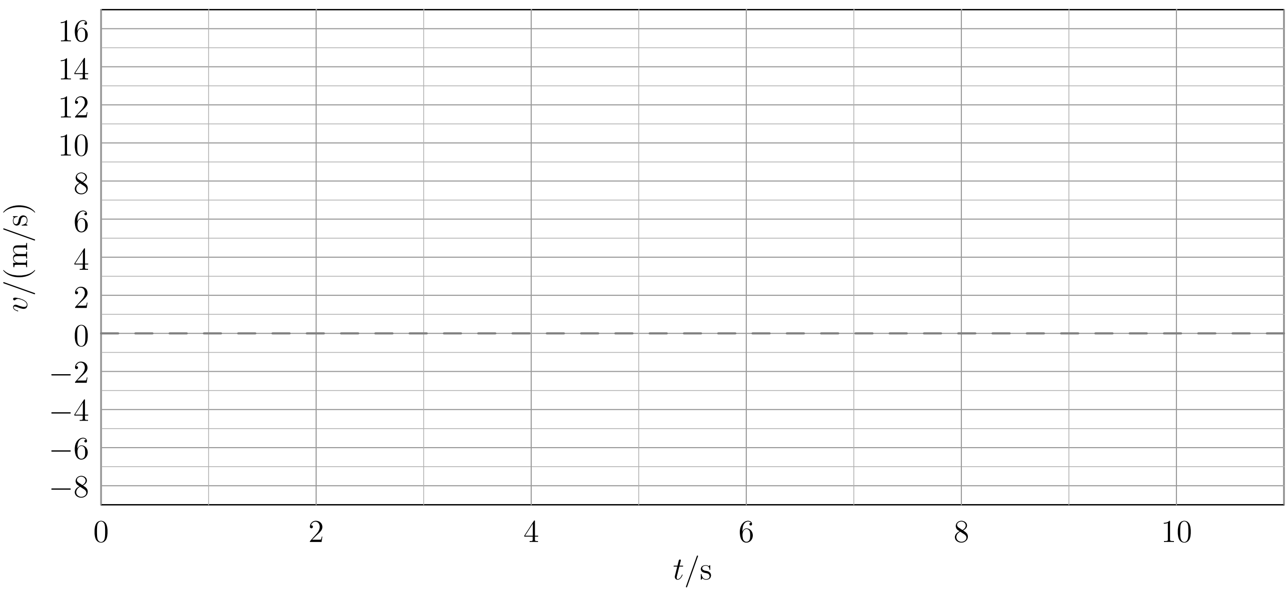
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi X. Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia x od czasu t.



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

t/s	$[0,3[$	$]3,5[$	$]5,7[$	$]7,9[$	$]9,11]$
$a/(\mathrm{m/s^2})$	6	0	−4	0	2

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



Wskazówka: Jeśli v jest dodatnie, to punkt materialny porusza się zgodnie ze zwrotem osi X, a jeśli v jest ujemne, to punkt materialny porusza się w przeciwną stronę.

Wskazówka:

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

Wskazówka: Wygodniej będzie posłużyć się zmianami wielkości. Po danym interwale czasowym Δt mamy:

$$\Delta x = v_0\,\Delta t + \frac{1}{2}a\,\Delta t^2,$$

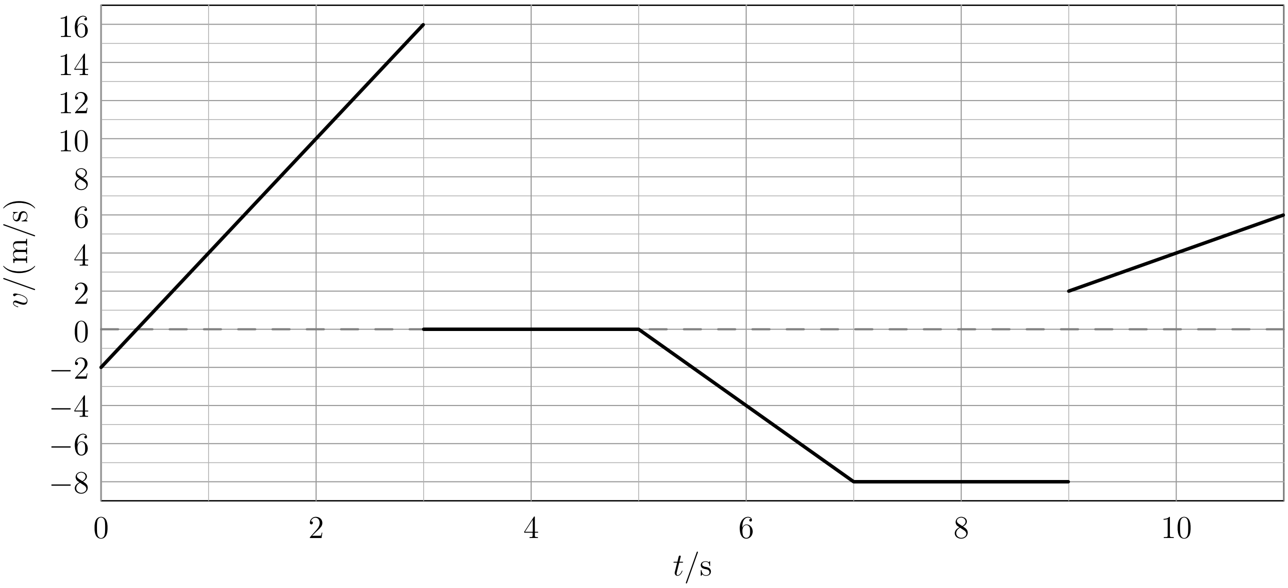
więc prędkość na początku przedziału to

$$v_0 = \Delta x/\Delta t - \frac{1}{2}a\,\Delta t$$

Wskazówka: Na końcu interwału czasowego Δt prędkość to

$$v_f = v_0 + a\,\Delta t = \Delta x/\Delta t + \frac{1}{2}a\,\Delta t$$

Odpowiedź: Poprawny wykres:



Dynamika, statyka...

10 Zadanie – Statek kosmiczny Zazula

Piotr Nieżurawski, update: 2017-03-18, id: pl-dynamika-0000500, diff: 1

W przestrzeni kosmicznej, z dala od innych ciał spoczywał w układzie inercjalnym 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.

Wskazówka: Jakie wielkości są zachowane?

Wskazówka: Którą z zachowanych wielkości można obliczyć na podstawie danych?

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

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-16, id: pl-dynamika-0001000, diff: 1

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 przyśpieszenie ziemskie jest tam równe 9,8 m/s^2. Oblicz siłę oporów ruchu działającą na spadochroniarza wraz z jego wyposażeniem.

Wskazówka: Jakim ruchem względem Ziemi porusza się spadochroniarz? Jakie siły na niego działają i jaki związek zachodzi między nimi?

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

12 Zadanie – Zderzenie wagonów

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-16, id: pl-dynamika-0002000, diff: 1

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:
a) wartość prędkości, z jaką poruszają się wagony tuż po zderzeniu i połączeniu,
b) o ile zmniejszyła się na skutek sczepienia wagonów energia kinetyczna ich ruchu postępowego.

Wskazówka: Z jakiej zasady zachowania można skorzystać?

Wskazówka: Zasada zachowania pędu (składowa pozioma) prowadzi do równania $mv_0 = (n + 1)mv$, a więc po sczepieniu skład porusza się z prędkością $v = 0{,}3$ m/s.

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

13 Zadanie – Kula w polu dwóch sił

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-16, id: pl-dynamika-0004000, diff: 2

Kula o masie 10 kg porusza się pod wpływem siły ciężkości oraz poziomo skierowanej, stałej siły elektrostatycznej. Wpływ innych sił jest pomijalny. Przyśpieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe 9,8 m/s^2. Wartość siły elektrostatycznej to 93 N. Oblicz:
a) wartość wypadkowej siły działającej na kulę,
b) wartość przyśpieszenia kuli,
c) wartość prędkości kuli po czasie 6 s, zakładając, że początkowo znajdowała się ona w spoczynku.

Wskazówka: Pod jakim względnym kątem skierowane są dwie siły? Z jakiego twierdzenia dotyczącego trójkąta prostokątnego można skorzystać?

Wskazówka: Wartość wypadkowej siły to ok. 135 N. Z której zasady dynamiki należy skorzystać, by obliczyć przyśpieszenie kuli?

Wskazówka: Wartość przyśpieszenia to ok. 13,5 m/s^2. Przyśpieszenie to jest stałe. Jaką prędkość po czasie t osiągnie ciało poruszające się ze stałym przyśpieszeniem a?

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

14 Zadanie – Przyśpieszenie planety

Piotr Nieżurawski, update: 2017-03-19, id: pl-dynamika-0008000, diff: 1

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

Wskazówka: Jaka siła działa na planetę?

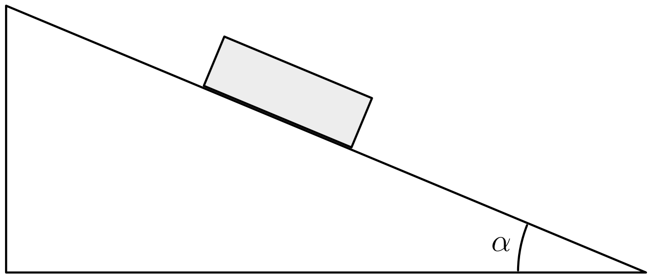
Wskazówka: Jak powiązane są przyśpieszenie i siła?

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

15 Zadanie – Równia pochyła z rysunkiem

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-30, id: pl-dynamika-0006450, diff: 1

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



Wskazówka: Jakie siły działają na cegłę?

Wskazówka: W którym kierunku cegła się nie porusza?

Wskazówka: Ile wynosi składowa przyśpieszenia ziemskiego równoległa do równi?

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

16 Zadanie – Obrót Ziemi

Magda Gładka, update: 2017-10-01, id: pl-dynamika-0008060, diff: 2

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 przyśpieszenie grawitacyjne na równiku jest równe 9,8 m/s^2.

Wskazówka: W układzie nieinercjalnym związanym z Ziemią na człowieka, stojącego na równiku, działa siła grawitacji, z którą jest on przyciągany i siła odśrodkowa bezwładności. Ciężar człowieka Q jest to wypadkowa tych dwóch sił

$$Q = G\frac{Mm}{R^2} - \frac{mV^2}{R},$$

$$Q = kmg,$$

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

gdzie G to stała grawitacji, M i m to odpowiednio masa Ziemi i człowieka, a g to przyśpieszenie ziemskie wynikające tylko z oddziaływania grawitacyjnego.

Odpowiedź:
a) Prędkość liniowa Ziemi na równiku powinna wynosić $V = \sqrt{Rg(1-k)} \approx 2850$ 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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-05-15, id: pl-dynamika-0006800, diff: 1

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.

Wskazówka: Jak praca wypadkowej siły związana jest ze zmianą szybkości ciała?

Wskazówka: Wartość wypadkowej siły działającej na łyżwiarza to $F - T$, gdzie F to wartość siły rozpędzającej, a T to wartość siły oporu.

Wskazówka: Praca wypadkowej siły na drodze S, czyli $W = (F - T)S$, jest równa zmianie energii kinetycznej łyżwiarza.

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

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-21, id: pl-dynamika-0007000, diff: 1

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.

Wskazówka: Jak obliczyć składową poziomą siły?

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

19 Zadanie – Cegły z wykopaliska

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-20, id: pl-dynamika-0005000, diff: 1

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.

Wskazówka: O ile zmieni się energia potencjalna cegieł?

Wskazówka: Ilu studentów potrzeba, by zmienić energię potencjalną cegieł o 1131900 J? Zwróć uwagę na fakt, że część studenta nie może wnosić cegieł :-)

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

20 Zadanie – Wahadło

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-20, id: pl-dynamika-0006000, diff: 1

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. Nić cały czas była napięta. Po wypuszczeniu kulka wykonuje ruch wahadłowy. Zaniedbując opory ruchu, oblicz wartość prędkości kulki w momencie przechodzenia przez położenie równowagi. Przyjmij, że przyśpieszenie grawitacyjne jest równe 9,8 m/s^2.

Wskazówka: Z jakiej zasady zachowania możesz skorzystać?

Wskazówka: Korzystając z równania opisującego zasadę zachowania energii mechanicznej, oblicz wartość prędkości kulki w najniższym punkcie jej toru.

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

21 Zadanie – Lot mionu

Piotr Nieżurawski, update: 2019-09-23, id: pl-szczególna-teoria-względności-0001000, diff: 1

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 μs 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.

Wskazówka: Czas lotu zmierzony w układzie związanym z laboratorium, t, będzie dłuższy niż czas zmierzony w układzie związanym z mionem, t_0.

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-03-28, id: pl-statyka-0001000, diff: 1

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 przyśpieszenie ziemskie 9,8 m/s^2.

Wskazówka: $F = p\,A$

Wskazówka: $A = \pi(d/2)^2$

Wskazówka: $F \approx 9690$ N.

Wskazówka: $m = F/g$

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

23 Zadanie – Pod wodą

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-21, id: pl-statyka-0002000, diff: 1

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 N/kg.

Wskazówka: $p = dgh$

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

24 Zadanie – Prasa hydrauliczna

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-28, id: pl-statyka-0003000, diff: 1

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?

Wskazówka: $p = mg/S$, gdzie $S = \pi r^2$

Wskazówka: $p_1 = p_2$

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

25 Zadanie – Kula w cieczy

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-29, id: pl-dynamika-0004500, diff: 1

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.

Wskazówka: Jakie siły działają na kulę?

Wskazówka: Jaka jest wartość wypadkowej siły?

Wskazówka: $V_2\, d_l\, g = V d_b\, g$

Wskazówka: $V_1 + V_2 = V$

Wskazówka: $V_1/V = 1 - V_2/V$

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

Piotr Nieżurawski, update: 2016-08-29, id: pl-prędkość-droga-czas-0007000, diff: 1

Gumowy wąż ogrodowy o wewnętrzej 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?

Wskazówka: Skorzystaj z tego, że wodę w tym przypadku można uznać za ciecz nieściśliwą.

Wskazówka: $v_1 t A_1 = v_2 t A_2$, gdzie $A_i \propto d_i^2$

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

27 Zadanie – Rura z przewężeniem

Piotr Nieżurawski, update: 2019-09-20, id: pl-hydrodynamika-0001000, diff: 1

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.

Wskazówka: Skorzystaj z równania Bernoulliego.

Wskazówka: Ciecz przemieszcza się w poziomie.

Wskazówka: Ciśnienia p_i oraz szybkości v_i przed ($i = 1$) i w przewężeniu ($i = 2$) spełniają równanie

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

gdzie ρ jest gęstością wody.

Odpowiedź:
a) Zmiana ciśnienia $\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) \approx -68{,}4$ Pa.
b) Ciśnienie jest większe przed przewężeniem.

Termodynamika

28 Zadanie – Ogrzewanie wody

Małgorzata Berajter, update: 2017-07-15, id: pl-ciepło-0000400, diff: 1

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

Wskazówka:

$$c_w = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

c_w - ciepło właściwe, Q - przekazane ciepło, ΔT - zmiana temperatury.

Odpowiedź: Należy dostarczyć 201,6 kJ.

29 Zadanie – Parowanie wody

Małgorzata Berajter, update: 2017-07-15, id: pl-ciepło-0000900, diff: 1

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.

Wskazówka:

$$Q = P \cdot t$$

Q - przekazane ciepło, P - moc grzałki, t - czas.

Wskazówka: Wykonaj bilans energetyczny.

Odpowiedź: Wyparowało 21,2 g wody.

30 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-22, id: pl-ciepło-0001000, diff: 1

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 cieplna 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).

Wskazówka: Układ jest izolowany, całkowita energia nie zmieniła się.

Wskazówka: Wykonaj bilans energetyczny.

Wskazówka: $(0°\mathrm{C} - T_i)c_i m_i + m_i l_i + (T_f - 0°\mathrm{C})m_i c_w + (T_f - T_w)m_w c_w = 0$

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°C.

31 Zadanie – Granitowa płyta

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-19, id: pl-ciepło-0002000, diff: 1

Powierzchnia płyty granitowej to $104 \cdot 10^3$ 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 W/(K · m).

Wskazówka: Strumień ciepła jest wprost proporcjonalny do różnicy temperatur, ΔT, i powierzchni, A, a odwrotnie proporcjonalny do grubości, h.

Wskazówka: Strumień ciepła: $H = k\, A\, \Delta T/h$

Wskazówka: Ciepło: $Q = Ht$, gdzie t to czas.

Odpowiedź: Ciepło: $Q \approx 168$ MJ.

32 Zadanie – Wydłużenie szyny

Piotr Nieżurawski, update: 2016-10-30, id: pl-ciepło-0003000, diff: 1

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 $0{,}99 \cdot 10^{-5}$ K^{-1}.

Wskazówka: Wydłużenie jest wprost proporcjonalne do różnicy temperatur i początkowej długości.

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

33 Zadanie – Lodowiec

Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-04, id: pl-ciepło-0004000, diff: 1

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 powstałą podczas topnienia lodowca powoduje dalsze topnienie lodu. Przyjmij ciepło topnienia lodu 334 kJ/kg. Przyśpieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe 9,8 m/s^2.

Wskazówka: Zmiana energii potencjalnej jest równa energii, która została zużyta na stopienie lodu.

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 przyśpieszenia 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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-30, id: pl-termodynamika-0003000, diff: 1

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.

Wskazówka: $\Delta U = Q + W$, gdzie Q jest ciepłem dostarczanym do układu, a W jest pracą wykonywaną nad układem.

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

35 Zadanie – Entropia i porcja wody

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-22, id: pl-termodynamika-0010000, diff: 1

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

Wskazówka: $\Delta S = Q/T$

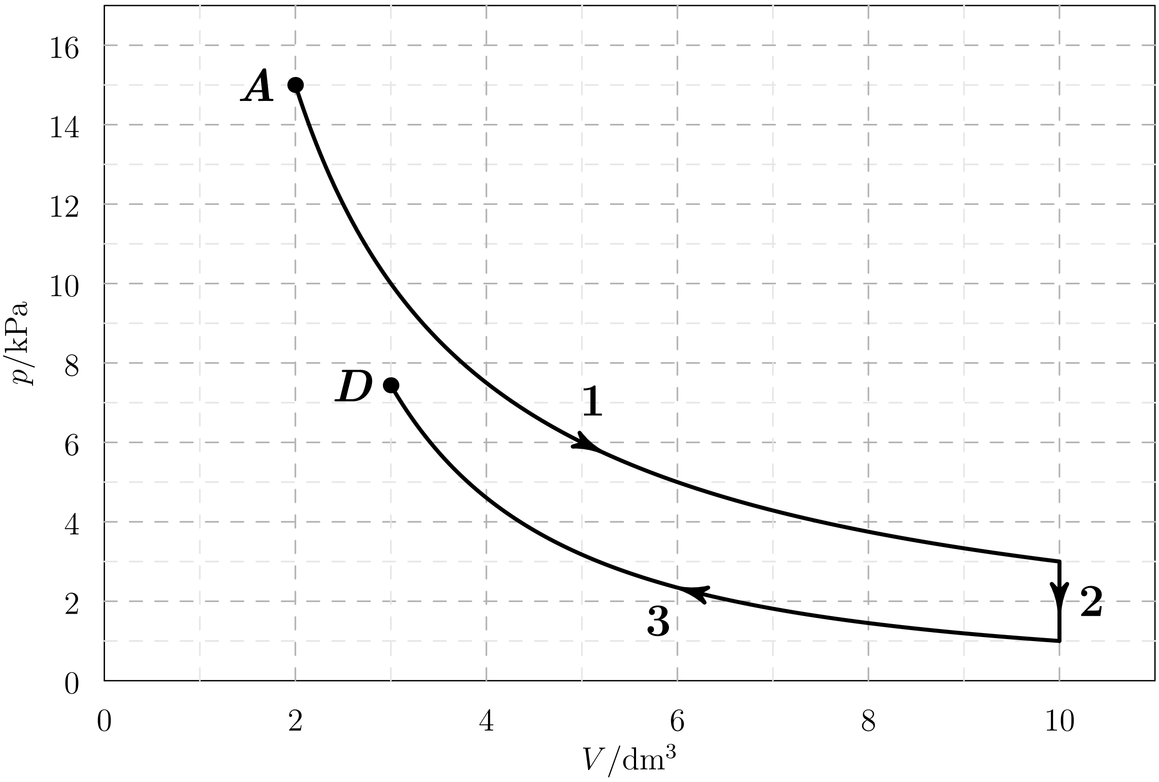
Wskazówka: $Q = mL$

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

36 Zadanie – Przemiany gazowe

Piotr Nieżurawski, update: 2017-05-03, id: pl-termodynamika-0020000, diff: 1

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



Wskazówka: W przemianie 1 iloczyn pV jest stały.

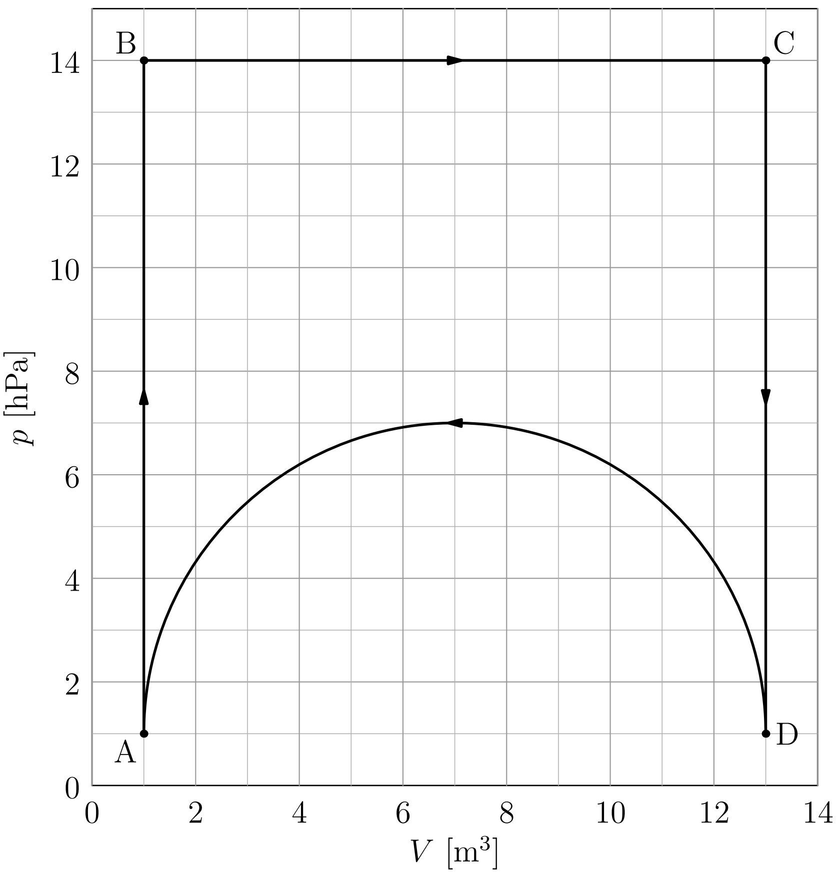
Wskazówka: Dla gazu doskonałego $T \propto pV$.

Odpowiedź:
a) Przemiana 1 to przemiana izotermiczna, gdyż pV ma zawsze tę samą wartość, np. $2 \cdot 15 = 3 \cdot 10 = 5 \cdot 6$ (w jednostkach kPa·dm^3). Przemiana 2 jest przemianą izochoryczną.
b) 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.
c) 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 kPa·dm^3).
d) Nie, gdyż ciśnienia w tych punktach są różne.

37 Zadanie – Praca wykonana przez gaz

Małgorzata Berajter, update: 2017-10-01, id: pl-termodynamika-0020100, diff: 2

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.

Wskazówka: Praca wykonana przez gaz jest równa polu pod wykresem $p(V)$.

Wskazówka: Dolny fragment wykresu ma kształt półokręgu

$$W = \mathrm{AB} \cdot \mathrm{BC} - \frac{\pi}{2} r^2$$

Odpowiedź: Praca wykonana przez gaz wynosi około 9950 J.

Elektryczność, magnetyzm, optyka, obwody

38 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Piotr Nieżurawski, update: 2017-05-16, id: pl-elektrodynamika-0001000, diff: 1

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 $8{,}988 \cdot 10^{9}$ $\mathrm{Nm^2/C^2}$.

Wskazówka: Ile protonów znajduje się w jądrze?

Wskazówka: Jaki jest ładunek elektryczny protonu?

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

Piotr Nieżurawski, update: 2016-12-15, id: pl-dynamika-0020000, diff: 2

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 przyśpieszenie, 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.

Wskazówka: Ile wynosi wartość działającej na proton siły?

Wskazówka: Na proton działa siła Lorentza o wartości $F = qvB \approx 155 \cdot 10^{-17}$ N.

Odpowiedź: Proton porusza się z przyśpieszeniem o wartości $a = F/m \approx 92{,}5 \cdot 10^{10}$ $\mathrm{m/s^2}$.

40 Zadanie – Cewka i magnes

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-26, id: pl-elektrodynamika-0008000, diff: 1

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-30, id: pl-magnetyzm-0004000, diff: 1

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-07-04, id: pl-obwody-elektryczne-0000500, diff: 1

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.

Wskazówka: $I = Q/t$

Wskazówka: $1\ \mathrm{C} = 1\ \mathrm{A} \cdot 1\ \mathrm{s}$

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

43 Zadanie – Opornik

Piotr Nieżurawski, update: , id: pl-obwody-elektryczne-0001000, diff: 1

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 25 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,5 V.
a) Oblicz opór opornika.
b) Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 12 V.

Wskazówka: $U = RI$

Wskazówka: $I_1/U_1 = I_2/U_2$

Odpowiedź:
a) Opór $R = U_1/I_1 = 60\ \Omega$.
b) Natężenie prądu $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 200$ mA.

Fale

44 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-07, id: pl-fale-0001000, diff: 1

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.

Wskazówka: $\lambda = v\,T$

Wskazówka: $f = 1/T$

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

45 Zadanie – Częstotliwość światła

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-08, id: pl-fale-0002000, diff: 1

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 szkle. Przyjmij wartość prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s.

Wskazówka: $\lambda = v\,T = v/f$

Wskazówka: $v = c/n$

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

46 Zadanie – Fala podłużna w pręcie

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-19, id: pl-fale-0004000, diff: 1

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/m^3, 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.

Wskazówka: $\mathrm{Pa} = \mathrm{N/m^2}$

Wskazówka: $\mathrm{N} = \mathrm{kg \cdot m/s^2}$

Wskazówka: $\mathrm{Pa} = \mathrm{kg/(m \cdot s^2)}$

Wskazówka: $\mathrm{Pa/(kg/m^3)} = \mathrm{m^2/s^2}$

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

47 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

Piotr Nieżurawski, update: 2017-03-18, id: pl-fale-0005000, diff: 1

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.

Wskazówka: $|d_1 - d_2|/\lambda = ?$

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?

Piotr Nieżurawski, update: 2017-04-22, id: pl-fale-0008000, diff: 2

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.

Wskazówka:

$$v^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-15, id: pl-optyka-0002000, diff: 1

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.
a) Oblicz odległość od soczewki do diody.
b) Oblicz stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu.

Wskazówka: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$.

Wskazówka: $h_o/h_i = x/y$

Odpowiedź:
a) Odległość od soczewki do diody to 20 cm.
b) Stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu to 4.

50 Zadanie – Polaryzacja odbitego światła

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-21, id: pl-optyka-0008000, diff: 1

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°. 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.

Wskazówka: Kąt między wiązką odbitą a załamaną musi być kątem prostym.

Wskazówka: Kąt padania jest równy kątowi odbicia.

Wskazówka: $n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2 = n_2 \sin(90^\circ - \alpha_1)$

Wskazówka: $\sin(90^\circ - \alpha_1) = \cos\alpha_1$

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-06, id: pl-fizyka-kwantowa-0001000, diff: 1

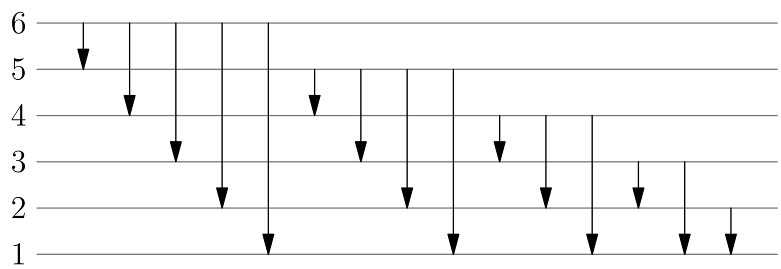
Próbka składa się z wielu atomów wodoru, a każdy z nich na początku znajduje się w stanie wzbudzonym o głównej liczbie kwantowej $n = 6$.
a) Narysuj schemat przedstawiający poziomy energetyczne atomu wodoru wraz z wartościami odpowiadającej im głównej liczby kwantowej n (odległości między poziomami mogą 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.

Wskazówka: $n = 1, 2, ...$

Wskazówka: $E_\gamma = E_i - E_f = hf$.

Wskazówka: $E_n \propto -n^{-2}$.

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-18, id: pl-fizyka-kwantowa-0002000, diff: 1

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 $n = 5$.

Wskazówka: $l = 0, 1, ..., n - 1$.

Wskazówka: $m = -l, ..., 0, ..., +l$.

Odpowiedź: Możliwe stany to:
$l = 0$ z $m \in \{0\}$
$l = 1$ z $m \in \{-1, 0, 1\}$
$l = 2$ z $m \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}$
$l = 3$ z $m \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$
$l = 4$ z $m \in \{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4\}$

53 Zadanie – Liczba fotonów

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-19, id: pl-fizyka-kwantowa-0003000, diff: 1

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 $\cdot$ s.

Wskazówka: $E_\gamma = hf$

Wskazówka: $\lambda = c/f$.

Wskazówka: $E_\gamma = hc/\lambda \approx 3{,}06 \cdot 10^{-19}$ J.

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

54 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-15, id: pl-fizyka-kwantowa-0004000, diff: 1

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 $\cdot$ s $= 4{,}136 \cdot 10^{-15}$ eV $\cdot$ s.

Wskazówka: $E_\gamma = W + E_k$.

Wskazówka: $E_\gamma = hf$

Wskazówka: $\lambda = c/f$.

Wskazówka: $E_\gamma = hc/\lambda \approx 5{,}64$ eV.

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

55 Zadanie – Elektron i najmniejsze prawdopodobieństwo

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-19, id: pl-fizyka-kwantowa-0005000, diff: 1

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. $\sin(\pi/2) = 1$, $\cos(\pi/2) = 0$.

Wskazówka: Prawdopodobieństwo jest najmniejsze w pobliżu miejsc zerowych funkcji falowej.

Wskazówka: $\sin(n\pi) = 0$ oraz $\cos(\pi/2 + n\pi) = 0$ dla n całkowitego.

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-23, id: pl-fizyka-jądrowa-0001000, diff: 1

Z jądrem $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ 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.

$$^{239}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{\dots}_{\dots}\alpha \to {}^{242}_{96}\mathrm{Cm} + {}^{\dots}_{\dots}\dots$$

Wskazówka: Wykonaj bilans liczb masowych i atomowych.

Wskazówka: $\alpha = {}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

Odpowiedź:

$$^{239}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{4}_{2}\alpha \to {}^{242}_{96}\mathrm{Cm} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

57 Zadanie – Procesy jądrowe

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-23, id: pl-fizyka-jądrowa-0002000, diff: 1

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

$$^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \to {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\dots + {}^{\dots}_{\dots}\dots$$

Wskazówka: Wykonaj bilans liczb masowych i atomowych.

Odpowiedź:

$$^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \to {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

58 Zadanie – Czas połowicznego rozpadu

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-07, id: pl-fizyka-jądrowa-0004000, diff: 1

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

Wskazówka: Po upływie czasu połowicznego rozpadu liczba radioaktywnych jąder danego izotopu zmniejsza się o (około) połowę.

Wskazówka: $2^n = ...$

Wskazówka: $2^7 = 128$.

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

59 Zadanie – Wiek próbki

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-30, id: pl-fizyka-jądrowa-0004100, diff: 1

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.

Wskazówka: Po upływie czasu połowicznego rozpadu, $T_{1/2}$, liczba radioaktywnych jąder danego izotopu zmniejsza się o (około) połowę.

Wskazówka: Liczba jąder izotopu jest równa $N = N_0/2^n$, gdzie $n = t/T_{1/2}$, N_0 jest początkową liczbą jąder izotopu, a t czasem.

Wskazówka: Część jąder, które się rozpadły, to $d = (N_0 - N)/N_0 = 1 - N/N_0 = 1 - 2^{-n}$.

Wskazówka: $n = -\log_2(1 - d)$.

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

60 Zadanie – Datowanie geologiczne

Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-23, id: pl-fizyka-jądrowa-0005000, diff: 2

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.

Wskazówka: Po upływie czasu połowicznego rozpadu liczba – a więc i masa – radioaktywnych jąder danego izotopu zmniejsza się o (około) połowę.

Wskazówka: $m_{\mathrm{K}i} = m_{\mathrm{K}f} + m_{\mathrm{Ar}}/b = 0{,}933\ \mathrm{mg} + 0{,}777\ \mathrm{mg}/0{,}11$.

Wskazówka: $m_{\mathrm{K}f} = m_{\mathrm{K}i}/2^n$, gdzie $n = t/T_{1/2}$.

Wskazówka: $n = \log_2(m_{\mathrm{K}i}/m_{\mathrm{K}f}) = \log_2(1 + m_{\mathrm{Ar}}/(b \cdot m_{\mathrm{K}f}))$.

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