

# Przykładowy zbiór zadań do wykładu *Fizyka* dla kierunku *kierunek* Wydział ..., Uniwersytet ...

Uwagi proszę kierować na adres Piotr.Niezurawski@pionie.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 w pierwszym terminie 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 18450 metrów w ciągu 45 minut?

**Wskazówka:** Ile metrów pokonuje w ciągu minuty? Odpowiedź: 410 m.

**Wskazówka:** Ile metrów przejedzie w ciągu godziny? Odpowiedź: 24600 m.

**Wskazówka:** Ile kilometrów przejedzie w ciągu godziny? Odpowiedź: 24,6 km.

**Odpowiedź:** Człowiek porusza się z prędkością 24,6 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 5 m/s. Maciek, który wyruszył 12 s po Jasiu z linii startu, ukończył wyścig 24 s przed Jasiem. Obaj chłopcy przebyli tę samą odległość. Z jaką średnią prędkością jechał Maciek, jeśli całą trasę przejechał w trakcie 60 s?

**Wskazówka:** Ile czasu jechał Jaś? Odpowiedź: 96 s.

**Wskazówka:** Jaka była długość trasy? (Jaś...) Odpowiedź: 480 m.

**Odpowiedź:** Maciek jechał z prędkością 8 m/s.

## 3 Zadanie – Samochód

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

Samochód pana Krzysztofa spala 7 litrów benzyny na sto kilometrów, a litr benzyny kosztuje 4 zł. Ile **pełnych** kilometrów przejedzie pan Krzysztof samochodem za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej, czyli za 2 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 7 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 18 min. wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził koło w odległości 2400 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 4 km/h.

## 5 Zadanie – Wąż ogrodowy

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

Gumowy wąż ogrodowy o wewnętrznej średnicy 10 mm zakończony jest otworem o średnicy 3 mm. Z jaką szybkością wylatuje woda z otworu, jeśli w wężu porusza się ona z szybkością 60 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. 667 cm/s.

## 6 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  $9 \text{ m/s}^2$ . Jaka prędkość osiągnie po czasie równym  $8 \text{ s}$ ?

**Wskazówka:**  $v = at$

**Odpowiedź:**  $72 \text{ m/s}$

## 7 Zadanie – Na zakręcie

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

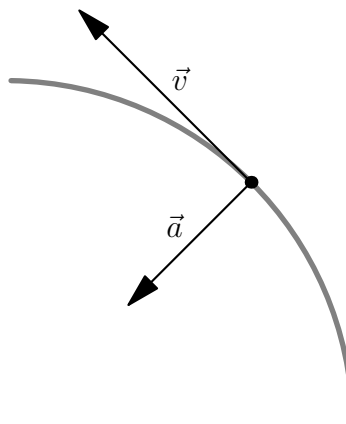
Samochód jedzie po łuku o promieniu  $45 \text{ m}$  ze stałą wartością prędkości  $64,8 \text{ km/h}$ .

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  $\text{m/s}^2$ .

**Wskazówka:** Wartość prędkości (szybkość)  $v = 18 \text{ m/s}$ . 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.  $7,2 \text{ m/s}^2$ .

## 8 Zadanie – Prędkość i przyśpieszenie punktu materialnego

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-10-27, id: pl-kinematyka-0010000, diff: 2*

Oblicz prędkość i przyśpieszenie punktu materialnego w chwili  $t_1 = 2,6 \text{ s}$ , którego położenie na osi  $X$  jest opisane równaniem

$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi) + B t^2$$

gdzie  $A = 1,7 \text{ m}$ ,  $\omega = 3,4 \text{ s}^{-1}$ ,  $\phi = 2,4$  oraz  $B = 1,2 \text{ m/s}^2$ .

**Wskazówka:**  $v = \frac{dx}{dt}$

**Wskazówka:**  $a = \frac{dv}{dt}$

**Odpowiedź:** Prędkość i przyspieszenie:

$$v(t) = A\omega \cos(\omega t + \phi) + 2Bt$$

$$v(t_1) \approx 7,64 \text{ m/s}$$

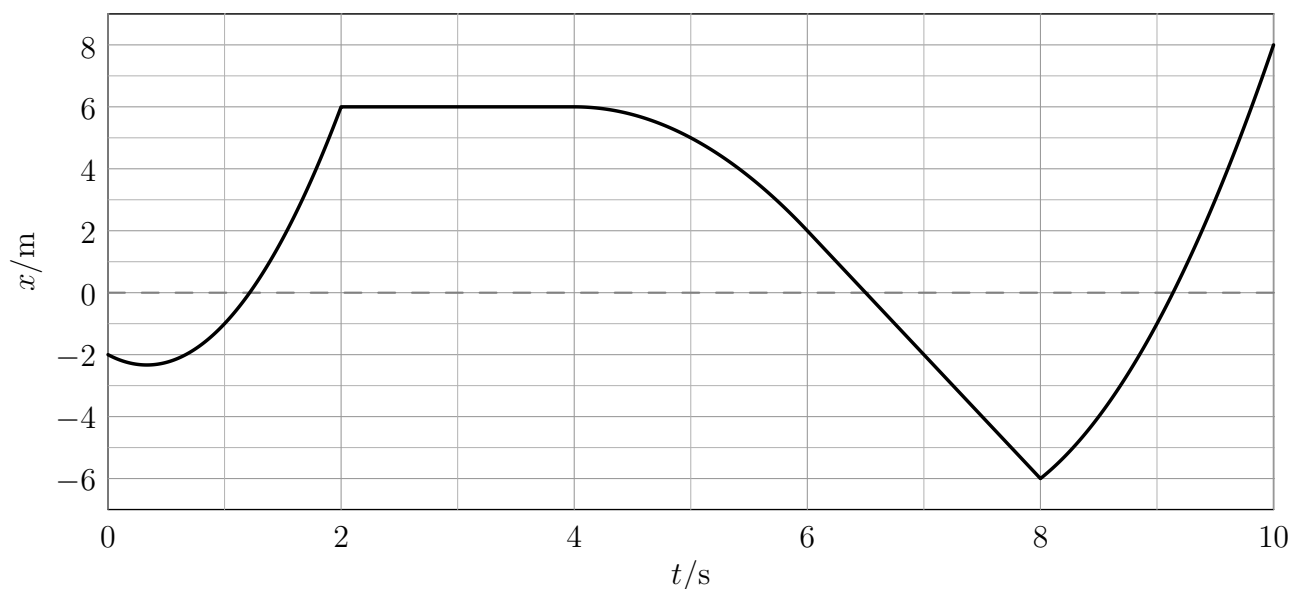
$$a(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi) + 2B$$

$$a(t_1) \approx 21,5 \text{ m/s}^2$$

## 9 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

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

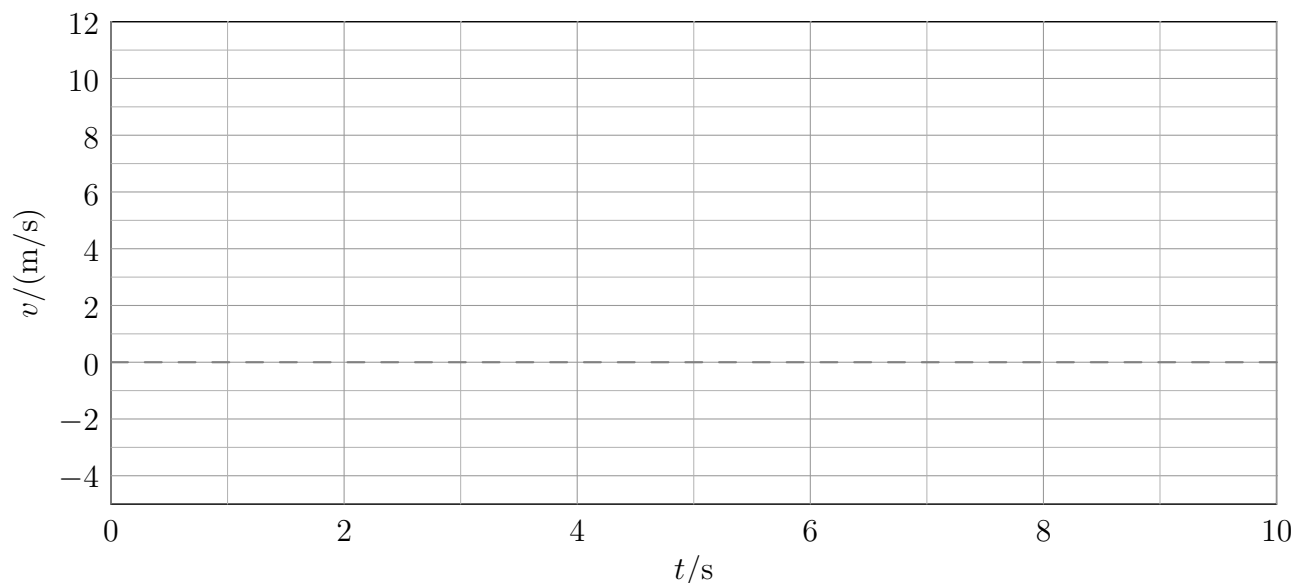
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi  $X$ . Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia  $x$  od czasu  $t$ .



W tabeli podano przyspieszenie  $a$  punktu materialnego w poszczególnych interwałach czasu.

$t/s$	$[0, 2[$	$]2, 4[$	$]4, 6[$	$]6, 8[$	$]8, 10]$
$a/(m/s^2)$	6	0	-2	0	4

Wykonaj wykres zależności prędkości  $v$  od czasu dla tego punktu materialnego dla  $t \in [0, 10]$  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  $\Delta t$  mamy:

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

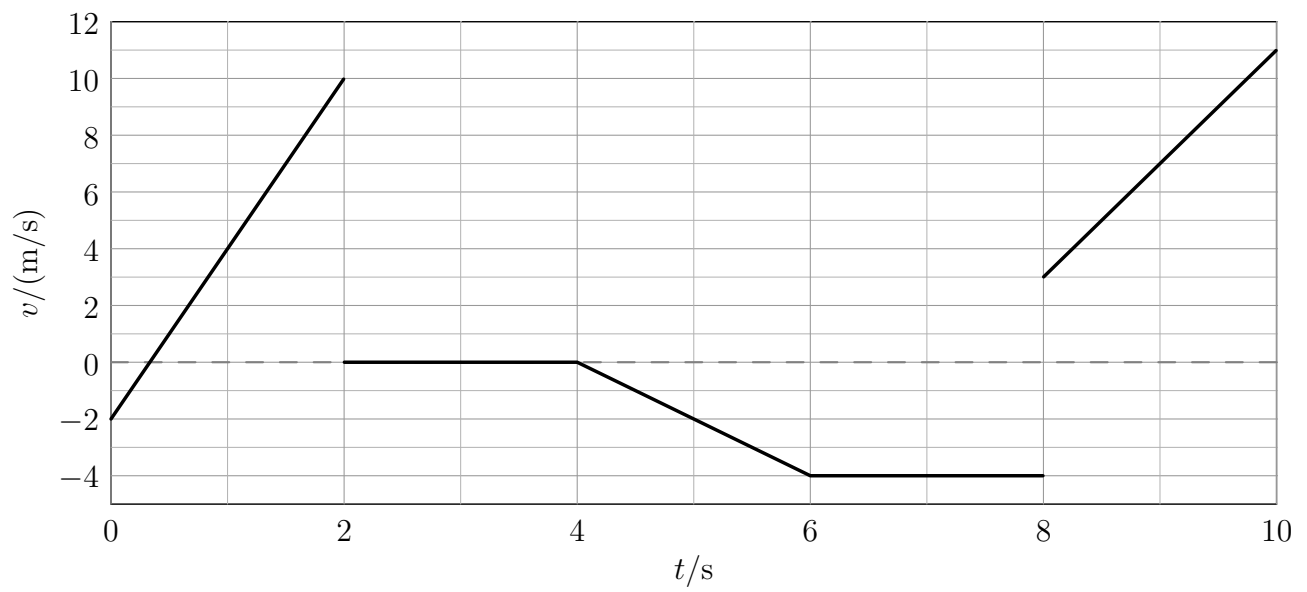
więc prędkość na początku przedziału to

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

**Wskazówka:** Na końcu interwału czasowego  $\Delta t$  prędkość to

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

**Odpowiedź:** Poprawny wykres:



# Dynamika i 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 inercyjnym statek międzygalaktyczny Zazula. Na skutek eksplozji rozpadł się na trzy części. Jedna część o masie  $11,5 \cdot 10^3$  kg porusza się z szybkością 4,3 m/s. Druga część o masie  $25,4 \cdot 10^3$  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  $m_3v_3 = m_1v_1$ , co prowadzi do wyniku:  $m_3 = m_1v_1/v_3 \approx 4,46 \cdot 10^3$  kg.

## 11 Zadanie – Spadochroniarz

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

Spadochroniarz wraz z wyposażeniem ma masę 142 kg i opada na spadochronie pionowo w dół ze stałą prędkością o wartości 4,2 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.

**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 przyspieszeniem, a więc wartość siły oporów ruchu jest równa wartości siły ciężkości skoczka:  $Q = mg \approx 1390 \text{ N}$ .

## 12 Zadanie – Zderzenie wagonów

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

Wagon kolejowy o masie 46 ton, jadąc po poziomych torach z prędkością o wartości 1,6 m/s, uderzył w stojący skład 7 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.

**Wskazówka:** Z jakiej zasady zachowania można skorzystać?

**Wskazówka:** Zasada zachowania pędu (składowa pozioma) prowadzi do równania  $mv_0 = (n+1)mv$ , a więc po szepieniu skład porusza się z prędkością  $v = 0,2 \text{ m/s}$ .

**Odpowiedź:**

- a) Po szepieniu skład porusza się z prędkością  $v = 0,2$  m/s.  
b) Energia kinetyczna ruchu postepowego zmniejszyła się o  $\Delta E_k = m(v_0^2 - (n+1)v^2)/2 \approx 51,5$  kJ.

**13 Zadanie – Kula w polu dwóch sił**

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

Kula o masie 4 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  $9,8$  m/s<sup>2</sup>. Wartość siły elektrostatycznej to 54 N. Oblicz:

- a) wartość wypadkowej siły działającej na kulę,  
b) wartość przyspieszenia kuli,  
c) wartość prędkości kuli po czasie 11 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. 66,7 N. Z której zasady dynamiki należy skorzystać, by obliczyć przyspieszenie kuli?

**Wskazówka:** Wartość przyspieszenia to ok. 16,7 m/s<sup>2</sup>. Przyspieszenie to jest stałe. Jaką prędkość po czasie  $t$  osiągnie ciało poruszające się ze stałym przyspieszeniem  $a$ ?

**Odpowiedź:**

- a) Wartość wypadkowej siły (po skorzystaniu z twierdzenia Pitagorasa) to ok. 66,7 N.  
b) Wartość przyspieszenia to  $a = F/m \approx 16,7$  m/s<sup>2</sup>.  
c) Wartość prędkości po czasie  $t$  to  $v = at \approx 184$  m/s.

**14 Zadanie – Kula w cieczy**

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

Pełna kula wykonana z materiału o gęstości 1600 kg/m<sup>3</sup> pływa w cieczy o gęstości 3100 kg/m<sup>3</sup>. 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  $1 - d_b/d_l \approx 0,484$ .



## 15 Zadanie – Cegły z wykopaliska

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

Ilu studentów archeologii potrzeba, by wynieść 2000 cegieł z wykopaliska? Każda z cegieł ma masę 7 kg, a każdy student może wykonać pracę 21000 J, niosąc cegły samodzielnie albo w grupie. Każdą cegłę należy przenieść o 24 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 3292800 J? Zwróć uwagę na fakt, że część studenta nie może wnosić cegieł :-)

**Odpowiedź:** Minimalna liczba studentów potrzebna do wniesienia cegieł to 157.

## 16 Zadanie – Wahadło

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

Kulkę o masie 30 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. Nici 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  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Wskazówka:** Z jakiej zasady zachowania możesz skorzystać?

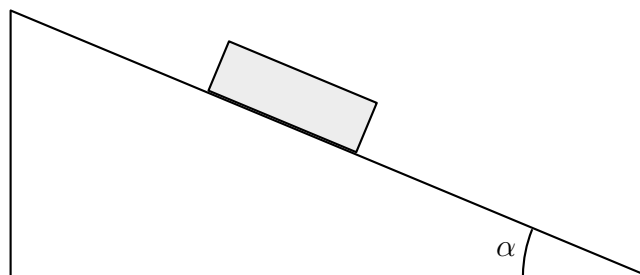
**Wskazówka:** Korzystając z równania opisującego zasadę zachowania energii mechanicznej, oblicz wartość prędkości kulki w najniższym punkcie jej toru.

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

## 17 Zadanie – Równia pochyła (rysunek)

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-10-29, id: pl-dynamika-0006450, diff: 1*

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $\alpha = 16^\circ$  zsuwa się cegła o masie 4,1 kg. Oblicz przyspieszenie cegły. Pomiń wpływ oporu powietrza. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Wartość kąta  $\alpha$  na rysunku może być inna od podanej.



**Wskazówka:** Jakie siły działają na cegłę?

**Wskazówka:** W którym kierunku cegła się nie porusza?

**Wskazówka:** Ile wynosi składowa przyspieszenia ziemskiego równoległa do równi?

**Odpowiedź:** Cegła porusza się z przyspieszeniem równoległym do równi o wartości  $a = g \sin \alpha \approx 2,7 \text{ m/s}^2$ , w dół równi.

## 18 Zadanie – Równia pochyła

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-10-29, id: pl-dynamika-0006500, diff: 1*

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $35^\circ$  zsuwa się cegła o masie 5,1 kg. Oblicz przyspieszenie cegły. Pomiń wpływ oporu powietrza. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Wskazówka:** Jakie siły działają na cegłę?

**Wskazówka:** W którym kierunku cegła się nie porusza?

**Wskazówka:** Ile wynosi składowa przyspieszenia ziemskiego równoległa do równi?

**Odpowiedź:** Cegła porusza się z przyspieszeniem równoległym do równi o wartości  $a = g \sin \alpha \approx 5,62 \text{ m/s}^2$ , w dół równi.

## 19 Zadanie – Rozpędzanie z oporem

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

Na lodowisku stoi łyżwiarz o masie 53 kg. Kolega rozpędza go, działając na łyżwiarza poziomą siłą o wartości 38 N na drodze 2,1 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  $v = \sqrt{2(F - T)S/m} \approx 1,49 \text{ m/s}$ .

## 20 Zadanie – Spacer z sankami

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-10-27, id: pl-dynamika-0007000, diff: 1*

Dziecko ciągnie sanki ze stałą prędkością, po poziomym boisku, wzdłuż odcinka o długości 70 m. Oblicz pracę, jaką wykona ono przy ciągnięciu, jeśli siła napięcia sznurka wynosi 69 N i tworzy on kąt  $35^\circ$  z poziomem.

**Wskazówka:** Jak obliczyć składową poziomą siły?

**Odpowiedź:** Dziecko wykona pracę równą  $W = Fs \cos \alpha \approx 3960 \text{ J}$ .

## 21 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  $6,48 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  i  $3,32 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , a planeta porusza się ze stałą szybkością w odległości  $433 \cdot 10^6 \text{ km}$  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.

**Wskazówka:** Jaka siła działa na planetę?

**Wskazówka:** Jak powiązane są przyśpieszenie i siła?

**Odpowiedź:** Planeta porusza się z przyśpieszeniem o wartości  $a = GM/r^2 \approx 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ .

## 22 Zadanie – Proton w polu magnetycznym

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

Proton porusza się z prędkością o wartości  $2700 \text{ m/s}$  w jednorodnym polu magnetycznym o wartości  $1,5 \text{ T}$ . Wektor prędkości jest prostopadły do pola magnetycznego. Oblicz przyśpieszenie, z jakim porusza się proton. Ładunek protonu jest równy  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , a jego masa jest równa  $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

**Wskazówka:** Ile wynosi wartość działającej na proton siły?

**Wskazówka:** Na proton działa siła Lorentza o wartości  $F = qvB \approx 64,9 \cdot 10^{-17} \text{ N}$ .

**Odpowiedź:** Proton porusza się z przyśpieszeniem o wartości  $a = F/m \approx 38,8 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$ .

## 23 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  $31 \text{ cm}$ . Przyjmij, że między przyssawką a sufitem jest próżnia, ciśnienie atmosferyczne jest równe  $1019 \text{ hPa}$ , a przyśpieszenie ziemskie  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Wskazówka:**  $F = pA$

**Wskazówka:**  $A = \pi(d/2)^2$

**Wskazówka:**  $F \approx 7690 \text{ N}$ .

**Wskazówka:**  $m = F/g$

**Odpowiedź:** Maksymalna masa odważnika jest równa ok.  $785 \text{ kg}$ .

## 24 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 35 m. Przyjmij gęstość wody  $1023 \text{ kg/m}^3$  oraz natężenie pola grawitacyjnego  $9,8 \text{ N/kg}$ .

**Wskazówka:**  $p = dgh$

**Odpowiedź:** Ciśnienie wody jest równe ok. 351 kPa. Jeśli chcesz uwzględnić ciśnienie atmosferyczne, to należy dodać ok. 100 kPa.

## 25 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 6 cm, a duży średnicę 55 cm. Jaki odważnik trzeba umieścić na małym tłoku, by utrzymać bryłę o masie 1900 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. 22,6 kg.

## Termodynamika

### 26 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

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

Blok lodu o temperaturze  $-9^{\circ}\text{C}$  i masie 380 g włożono do 2100 g wody o temperaturze  $55^{\circ}\text{C}$ . Oblicz końcową temperaturę układu, zakładając, że nie następuje wymiana ciepła z otoczeniem. Przyjmij wartości: ciepła właściwego lodu  $2050\text{ J}/(\text{kg K})$ , ciepła topnienia lodu  $334\text{ kJ}/\text{kg}$ , ciepła właściwego wody (cieczy)  $4200\text{ J}/(\text{kg K})$ .

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

**Wskazówka:** Wykonaj bilans energetyczny.

**Wskazówka:**  $(0^{\circ}\text{C} - T_i)c_i m_i + m_i l_i + (T_f - 0^{\circ}\text{C})m_i c_w + (T_f - T_w)m_w c_w = 0$

**Odpowiedź:** Końcowa temperatura układu  $T_f = (T_w m_w c_w + (T_i c_i - l_i) m_i) / [(m_i + m_w) c_w] \approx 33,7^{\circ}\text{C}$ .

### 27 Zadanie – Granitowa płyta

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

Powierzchnia płyty granitowej to  $96 \cdot 10^3\text{ m}^2$ , a jej grubość 6 m. Pod płytą panuje temperatura  $40^{\circ}\text{C}$ , a nad płytą  $-8^{\circ}\text{C}$ . Oblicz ciepło przepływające przez płytę w trakcie jednej minuty, jeśli współczynnik przewodnictwa cieplnego granitu jest równy  $2,86\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ .

**Wskazówka:** Strumień ciepła jest wprost proporcjonalny do różnicy temperatur,  $\Delta T$ , 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:  $Q \approx 132\text{ MJ}$ .

### 28 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  $14^{\circ}\text{C}$ , jeśli jej długość przy temperaturze  $6^{\circ}\text{C}$  jest równa 12 m. Współczynnik rozszerzalności cieplnej użytej stali jest równy  $0,99 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ .

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

**Odpowiedź:** Wydłużenie szyny:  $\Delta l = \alpha \Delta T l \approx 0,95\text{ mm}$ .

## 29 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 342 m nad doliną i miał masę  $12 \cdot 10^9$  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  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

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

**Odpowiedź:** Masa stopionego lodu to około  $m_i = m_0 g h / l \approx 120 \cdot 10^6$  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.

## 30 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 260 J, wykonaliśmy pracę nad tym układem (np. sprężając go) o wartości 90 J oraz odebraliśmy od układu ciepło o wartości 270 J, a układ wykonał pracę o wartości 120 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:  $\Delta U = Q_1 + W_1 + Q_2 + W_2 = -40$  J. Zauważ, że  $Q_2 < 0$  oraz  $W_2 < 0$ .

## 31 Zadanie – Entropia i porcja wody

*Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-05, id: pl-termodynamika-0010000, diff: 1*

Oblicz zmianę entropii wody o masie 36 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.

**Wskazówka:** Zmiana entropii  $\Delta S = Q/T$ , gdzie  $Q$  – ciepło,  $T$  – temperatura (w K).

**Wskazówka:**  $Q = mL$ , gdzie  $m$  – masa wody,  $L$  – ciepło przemiany.

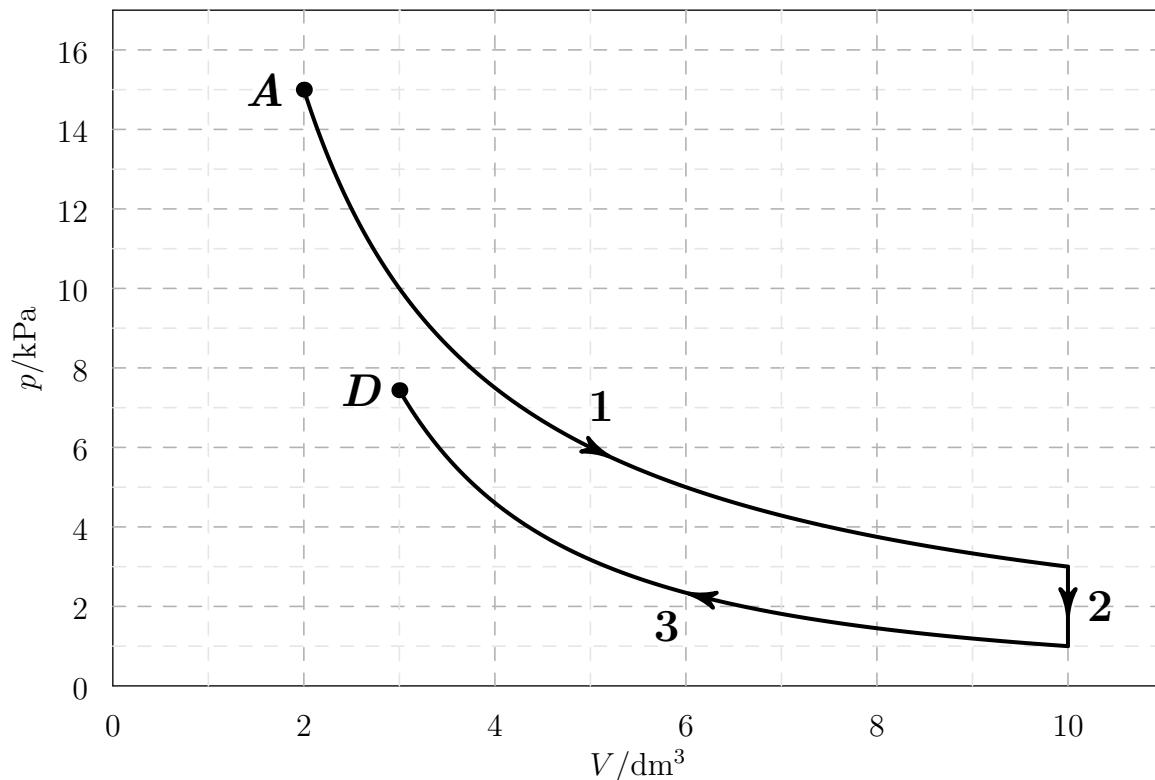
**Odpowiedź:** Zmiana entropii:  $\Delta S \approx 81252 \text{ J} / 373 \text{ K} \approx 218 \text{ J/K}$ .

## 32 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.

- 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?



**Wskazówka:** W przemianie 1 iloczyn  $pV$  jest stały.

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

### 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.

## Fale

### 33 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

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

Prędkość dźwięku w piaskowcu jest równa 2700 m/s. Oblicz okres oraz częstotliwość fali rozchodzącej się w płycie z tego piaskowca, jeśli długość fali jest równa 0,4 km.

**Wskazówka:**  $\lambda = vT$

**Wskazówka:**  $f = 1/T$

**Odpowiedź:** Okres fali  $T = \lambda/v \approx 0,148$  s, a jej częstotliwość  $f = 1/T \approx 6,75$  Hz.

### 34 Zadanie – Częstotliwość światła

*Piotr Nieżurawski, update: 2018-01-09, id: pl-fale-0002000, diff: 1*

Wiązka światła o długości fali 730 nm w próżni pada na powierzchnię szkła o bezwzględny współczynniku załamania tego światła równym 1,78. Oblicz częstotliwość i długość fali tego światła w szkłe. Przyjmij wartość prędkości światła w próżni  $3 \cdot 10^8$  m/s.

**Wskazówka:**

$$\lambda = vT = v/f$$

$\lambda$  – długość fali;  $v$  – prędkości fali;  $T$  – okres fali;  $f$  – częstotliwość fali.

**Wskazówka:**

$$v = c/n$$

$c$  – prędkość światła w próżni;  $n$  – bezwzględny współczynnik załamania światła.

**Odpowiedź:** Częstotliwość fali w szkłe  $f_2 = f_1 = c/\lambda_1 \approx 411$  THz, gdzie  $f_1$  i  $\lambda_1$  to odpowiednio częstotliwość i długość fali w próżni. Długość fali w szkłe  $\lambda_2 = v_2 T = cT/n = \lambda_1/n \approx 410$  nm, gdzie  $v_2$  to prędkość fali w szkłe.

### 35 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  $6800 \text{ kg/m}^3$ , a moduł Younga tego metalu jest równy 255 GPa. Jeśli nie pamiętasz zależności prędkości fali od modułu Younga i gęstości, to w opisanym przypadku możesz ją uzyskać, rozważając wymiary tych wielkości.

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

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

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



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

**Odpowiedź:** Prędkość fali jest równa  $v = \sqrt{E/\rho} \approx 6120 \text{ m/s}$ .

### 36 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

*Piotr Niezurawski, update: 2018-01-09, id: pl-fale-0005000, diff: 1*

W jednorodnym ośrodku umieszczono dwa głośniki. Pierwszy głośnik znajduje się w odległości 5,4 m, a drugi w odległości 11 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 140 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:**

$$|d_1 - d_2|/\lambda = ?$$

$d_1$  oraz  $d_2$  – odległość od mikrofonu odpowiednio pierwszego oraz drugiego głośnika;  $\lambda$  – długość fali.

**Odpowiedź:** Iloczyn wartości bezwzględnej różnicy odległości i długości fali  $|d_1 - d_2|/\lambda = 4$ , a więc w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, fale spotykają się w zgodnej fazie – nastąpi wzmocnienie.

### 37 Zadanie – Czy to fala?

*Piotr Niezurawski, 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  $t$ :

$$f(x, t) = N \cdot (\cos(x/L) + t/T)$$

gdzie  $N$ ,  $L$ ,  $T$  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:**

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = -N \cos(x/L)/L^2 \qquad \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

A więc  $f(x, t)$  nie spełnia równania falowego, wobec czego nie opisuje fali.

## 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 29 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 9. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

**Wskazówka:** Ile protonów znajduje się w jądrze?

**Wskazówka:** Jaki jest ładunek elektryczny protonu?

**Odpowiedź:** Wartość natężenia pola elektrycznego  $|\vec{E}| = kne/r^2 \approx 15,4 \cdot 10^6$  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 – 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 jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki		
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki		

**Odpowiedź:**

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

#### 40 Zadanie – Rodzaje magnetyków

*Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-05, id: pl-magnetyzm-0004000, diff: 1*

Zaobserwowano, że próbka materiału umieszczona w pobliżu cewki, przez którą płynął prąd elektryczny, była przyciągana do cewki. Po wyłączeniu prądu płynącego przez cewkę magnetyzacja próbki zmniejszyła się do zera. Podkreśl nazwę opisującą rodzaj magnetyka, z którego wykonana jest próbka: diamagnetyk, paramagnetyk.

**Odpowiedź:** Próbkę wykonano z paramagnetyka.

#### 41 Zadanie – Odległość do diody

*Piotr Nieżurawski, update: 2018-01-11, id: pl-optyka-0002000, diff: 1*

Cienka soczewka o ogniskowej 9 cm musi być odsunięta na odległość 12 cm od ekranu, aby uzyskać na nim ostry obraz świecącej diody znajdującej się na osi optycznej soczewki.

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

**Wskazówka:**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$

$f$  – ogniskowa;  $x$  – odległość od soczewki do diody;  $y$  – odległość od soczewki do obrazu (ekranu).

**Wskazówka:**

$$h_o/h_i = x/y$$

$h_o$  – wysokość diody (*object*);  $h_i$  – wysokość obrazu (*image*)

**Odpowiedź:**

- Odległość od soczewki do diody to 36 cm.
- Stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu to 3.

## 42 Zadanie – Polaryzacja odbitego światła

*Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-24, 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  $55,6^\circ$ . Na podstawie odpowiednich obliczeń wskaż, z którego z następujących materiałów najprawdopodobniej wykonano bryłę (w nawiasach podano bezwzględny współczynnik załamania światła dla referencyjnej próbki): chlorek sodu (1,54), fluorek litu (1,39), szkło kwarcowe (1,46). 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:**

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

$n_1$  oraz  $n_2$  – bezwzględny współczynnik załamania światła odpowiednio dla powietrza oraz materiału;  $\alpha_1$  oraz  $\alpha_2$  – kąt padania oraz załamania światła.

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

**Odpowiedź:** Bezwzględny współczynnik załamania jest równy  $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,46$ . A więc materiałem jest najprawdopodobniej szkło kwarcowe.

## 43 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

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

Przez 17 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 24 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

**Wskazówka:**  $I = Q/t$

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

**Odpowiedź:** Przepłynął ładunek równy  $Q = It \approx 1470 \text{ C}$ .

## 44 Zadanie – Opornik

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-24, id: pl-obwody-elektryczne-0001000, diff: 1*

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 25 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,25 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 10 V.

**Wskazówka:**  $U = RI$

**Wskazówka:**  $I_1/U_1 = I_2/U_2$

**Odpowiedź:**

a) Opór  $R = U_1/I_1 = 50 \Omega$ .

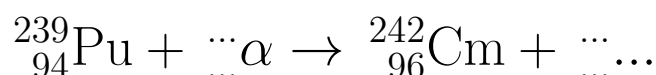
b) Natężenie prądu  $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 200 \text{ mA}$ .

## Fizyka jądrowa

### 45 Zadanie – Zderzenie z $\alpha$

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

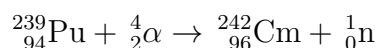
Z jądrem  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  zderza się cząstka  $\alpha$ . Uzupełnij zapis tej reakcji, wpisując właściwe liczby lub symbole w 5 miejscach oznaczonych wielokropkiem. Symbol pierwiastka chemicznego oznacza tylko jądro atomowe, bez elektronów.



**Wskazówka:** Wykonaj bilans liczb masowych i atomowych.

**Wskazówka:**  $\alpha = {}^4_2\text{He}$ .

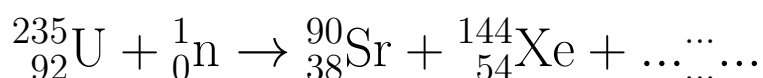
**Odpowiedź:**



### 46 Zadanie – Procesy jądrowe

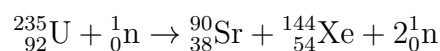
*Piotr Nieżurawski, update: 2017-09-23, id: pl-fizyka-jądrowa-0002000, diff: 1*

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



**Wskazówka:** Wykonaj bilans liczb masowych i atomowych.

**Odpowiedź:**



### 47 Zadanie – Czas połowicznego rozpadu

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

W próbce po  $1380 \cdot 10^3$  latach liczba radioaktywnych jąder atomowych pewnego izotopu zmniejszyła się 64 razy. Oblicz czas połowicznego rozpadu tego izotopu.

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

**Wskazówka:**  $2^n = \dots$

**Wskazówka:**  $2^6 = 64$ .

**Odpowiedź:** Czas połowicznego rozpadu to około  $T_{1/2} = t/n = 230 \cdot 10^3$  lat.

## 48 Zadanie – Datowanie geologiczne

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

W pewnej próbce granitu znajduje się 0,745 mg argonu  $^{40}\text{Ar}$  i 1,23 mg potasu  $^{40}\text{K}$ . Wyznacz wiek tej próbki. Czas połowicznego rozpadu  $^{40}\text{K}$  wynosi  $1,25 \cdot 10^9$  lat. Wiadomo, że tylko ok. 11% rozpadających się jąder  $^{40}\text{K}$  zmienia się w jądra  $^{40}\text{Ar}$ . Przyjmij, że wszystkie jądra  $^{40}\text{Ar}$  w próbce powstały z rozpadu  $^{40}\text{K}$  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:**  $m_{\text{Ki}} = m_{\text{Kf}} + m_{\text{Ar}}/b = 1,23 \text{ mg} + 0,745 \text{ mg}/0,11$ .

**Wskazówka:**  $m_{\text{Kf}} = m_{\text{Ki}}/2^n$ , gdzie  $n = t/T_{1/2}$ .

**Wskazówka:**  $n = \log_2(m_{\text{Ki}}/m_{\text{Kf}}) = \log_2(1 + m_{\text{Ar}}/(b \cdot m_{\text{Kf}}))$ .

**Odpowiedź:** Najbardziej prawdopodobny wiek próbki  $t = n \cdot T_{1/2} \approx 3,38 \cdot 10^9$  lat.

## Fizyka kwantowa

### 49 Zadanie – Wzbudzone atomy wodoru

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-06, id: pl-fizyka-quantowa-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  $n = 5$ .

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.

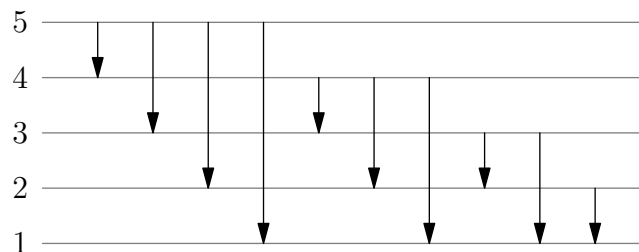
**Wskazówka:**  $n = 1, 2, \dots$

**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 10 linii.

c) Przejście z poziomu 5 na poziom 4.

### 50 Zadanie – Liczby kwantowe atomu wodoru

*Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-18, id: pl-fizyka-quantowa-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  $n = 4$ .

**Wskazówka:**  $l = 0, 1, \dots, n - 1$ .

**Wskazówka:**  $m = -l, \dots, 0, \dots, +l$ .



**Odpowiedź:** Możliwe stany to:

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

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

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

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

## 51 Zadanie – Liczba fotonów

*Piotr Niezurawski, update: 2018-01-09, id: pl-fizyka-kwantowa-0003000, diff: 1*

Impuls monochromatycznego światła o długości fali 520 nm w próżni padł na ciemną płytkę, która pochłania 61% energii padającego na nią promieniowania. Oblicz liczbę fotonów w tym impulsie, jeśli wiadomo, że na skutek oświetlenia energia płytki zwiększyła się o 14 mJ. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s i stałej Plancka  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J · s.

**Wskazówka:**

$$E_\gamma = hf$$

$E_\gamma$  – energia fotonu;  $f$  – częstotliwość światła.

**Wskazówka:**

$$\lambda = c/f$$

$\lambda$  – długość fali.

**Wskazówka:**  $E_\gamma = hc/\lambda \approx 3,82 \cdot 10^{-19}$  J.

**Wskazówka:**

$$E_i = E_{\text{abs}}/\varepsilon_{\text{eff}}$$

$E_i$  – energia impulsu;  $E_{\text{abs}}$  – energia zaabsorbowana przez płytkę;  $\varepsilon_{\text{eff}}$  – efektywność pochłaniania energii przez płytkę.

**Odpowiedź:** Liczba fotonów w impulsie  $n = E_i/E_\gamma = E_{\text{abs}}/(\varepsilon_{\text{eff}} E_\gamma) \approx 600 \cdot 10^{14}$ .

## 52 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

*Piotr Niezurawski, update: 2018-01-09, 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 2,65 eV. Oblicz pracę wyjścia elektronu z powierzchni tego metalu. Wynik podaj w eV. Przyjmij wartości: prędkości światła w próżni  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, ładunku elementarnego  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, stałej Plancka  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J · s =  $4,136 \cdot 10^{-15}$  eV · s.

**Wskazówka:**

$$E_\gamma = W + E_k$$

$E_\gamma$  – energia fotonu;  $W$  – praca wyjścia;  $E_k$  – maksymalna energia kinetyczna elektronu.

**Wskazówka:**

$$E_\gamma = hf$$

$f$  – częstotliwość światła.

**Wskazówka:**

$$\lambda = c/f$$

$\lambda$  – długość fali światła.

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

**Odpowiedź:** Praca wyjścia  $W = E_\gamma - E_k \approx 2,99$  eV.

### 53 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.