

## 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

Z jaką prędkością – w kilometrach na godzinę – porusza się człowiek, który pokonuje 83250 metrów w ciągu 225 minut?

**Odpowiedź:** Człowiek porusza się z prędkością 22,2 km/h.

### 2 Zadanie – Prędkość jazdy rowerem

Jaś wyruszył rowerem z linii startu i jechał ze średnią prędkością 6 m/s. Maciek, który wyruszył 13 s po Jasiu z linii startu, ukończył wyścig 39 s przed Jasiem. Obaj chłopcy przebyli tę samą odległość. Z jaką średnią prędkością jechał Maciek, jeśli całą trasę przejechał w trakcie 78 s?

**Odpowiedź:** Maciek jechał z prędkością 10 m/s.

### 3 Zadanie – Samochód

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

**Odpowiedź:** Za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej samochód przejedzie 6 pełnych km.

### 4 Zadanie – Koło ratunkowe

Wioślarz płynął łodzią w górę szerokiej, prostej i równomiernie płynącej rzeki. Gdy przepływał pod kładką, z jego łodzi wypadło koło ratunkowe. Po 12 min. wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził koło w odległości 1600 m od kładki. Oblicz prędkość prądu rzeki względem brzegu w km/h, jeżeli wioślarz cały czas wiosłował z jednakowym wysiłkiem i w jednakowy sposób, a koło od chwili, gdy wypadło z łodzi, nie poruszało się względem wody.

**Odpowiedź:** Prędkość prądu rzeki to 4 km/h.

### 5 Zadanie – Wąż ogrodowy

Gumowy wąż ogrodowy o wewnętrznej średnicy 13 mm zakończony jest otworem o średnicy 6 mm. Z jaką szybkością wylatuje woda z otworu, jeśli w węży porusza się ona z szybkością 10 cm/s?

**Odpowiedź:** Szybkość wody w otworze to ok. 46,9 cm/s.

### 6 Zadanie – Startujący samolot

Samolot, stojący początkowo na lotnisku, ruszył wzdłuż pasa startowego ze stałym przyspieszeniem  $8 \text{ m/s}^2$ . Jaką prędkość osiągnie po czasie równym 9 s?

**Odpowiedź:** 72 m/s

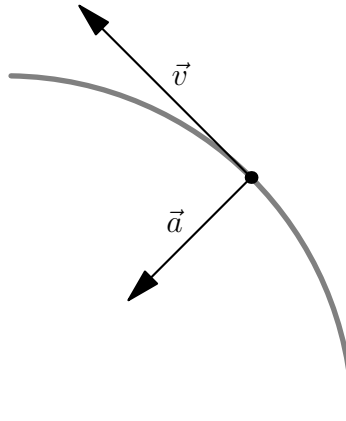
## 7 Zadanie – Na zakręcie

Samochód jedzie po łuku o promieniu 45 m ze stałą wartością prędkości 81 km/h.

a) Narysuj fragment toru samochodu, zaznacz jego przykładowe położenie i narysuj wektor jego prędkości oraz wektor jego przyspieszenia, opisz elementy rysunku.

b) Oblicz wartość przyspieszenia samochodu w  $\text{m/s}^2$ .

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



b) Wartość przyspieszenia dośrodkowego to ok.  $11,3 \text{ m/s}^2$ .

## 8 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego

Oblicz prędkość i przyspieszenie punktu materialnego w chwili  $t_1 = 1,2 \text{ s}$ , którego położenie na osi  $X$  jest opisane równaniem

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

gdzie  $A = 2,5 \text{ m}$ ,  $\omega = 1,5 \text{ s}^{-1}$ ,  $\phi = 1,3$  oraz  $B = 1,7 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Prędkość i przyspieszenie:

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

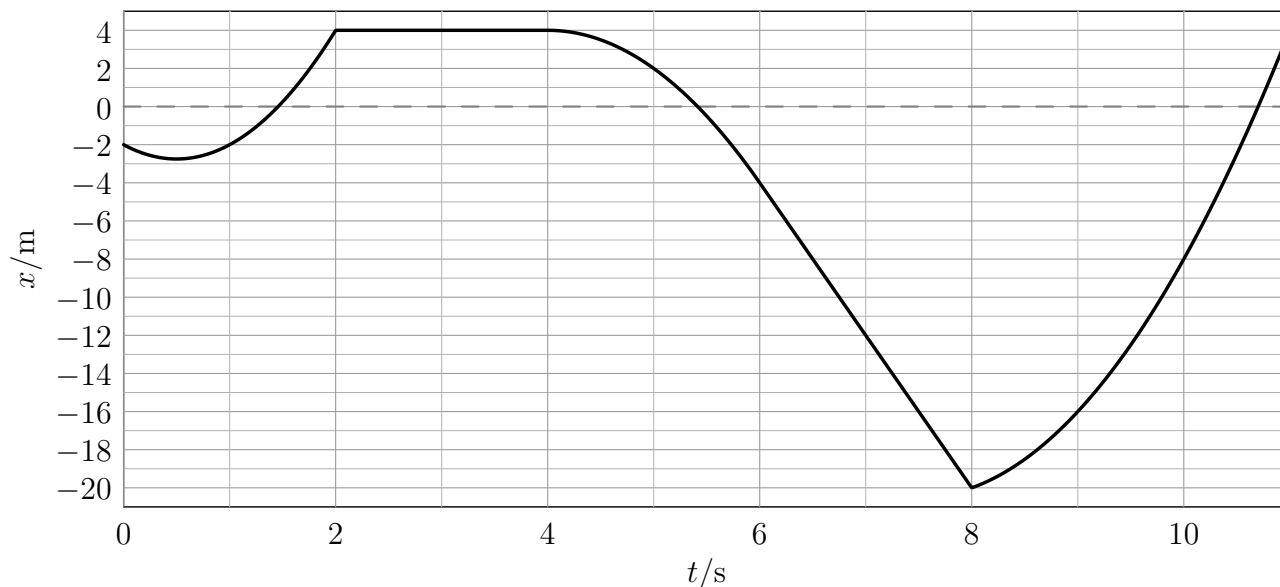
$$v(t_1) \approx 0,333 \text{ m/s}$$

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

$$a(t_1) \approx 3,17 \text{ m/s}^2$$

## 9 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

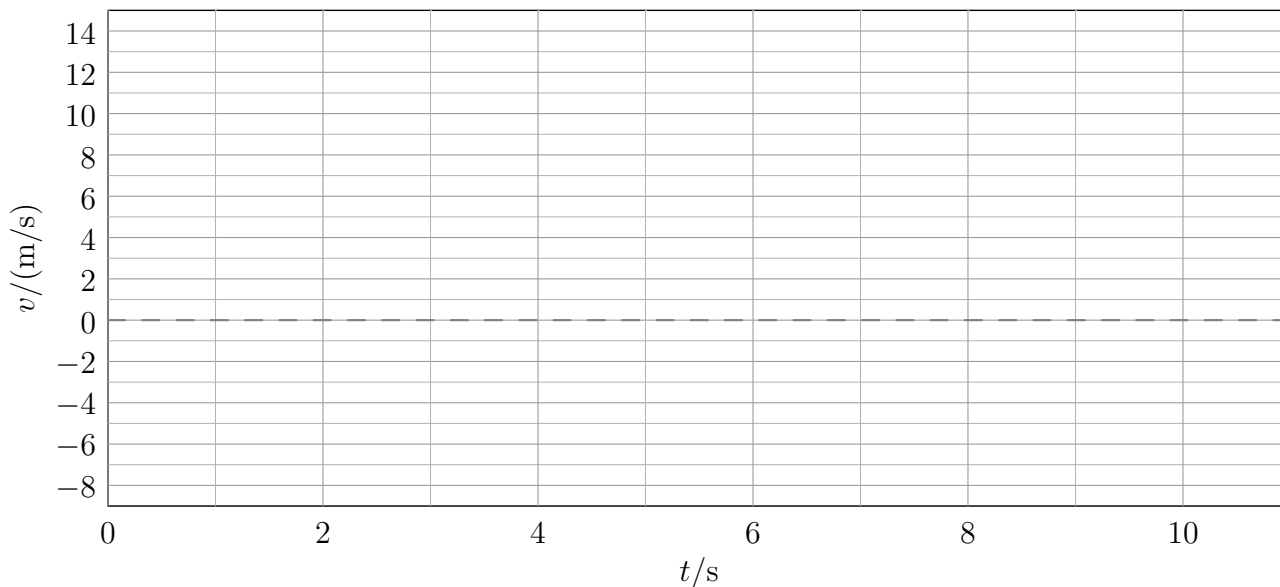
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi  $X$ . Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia  $x$  od czasu  $t$ .



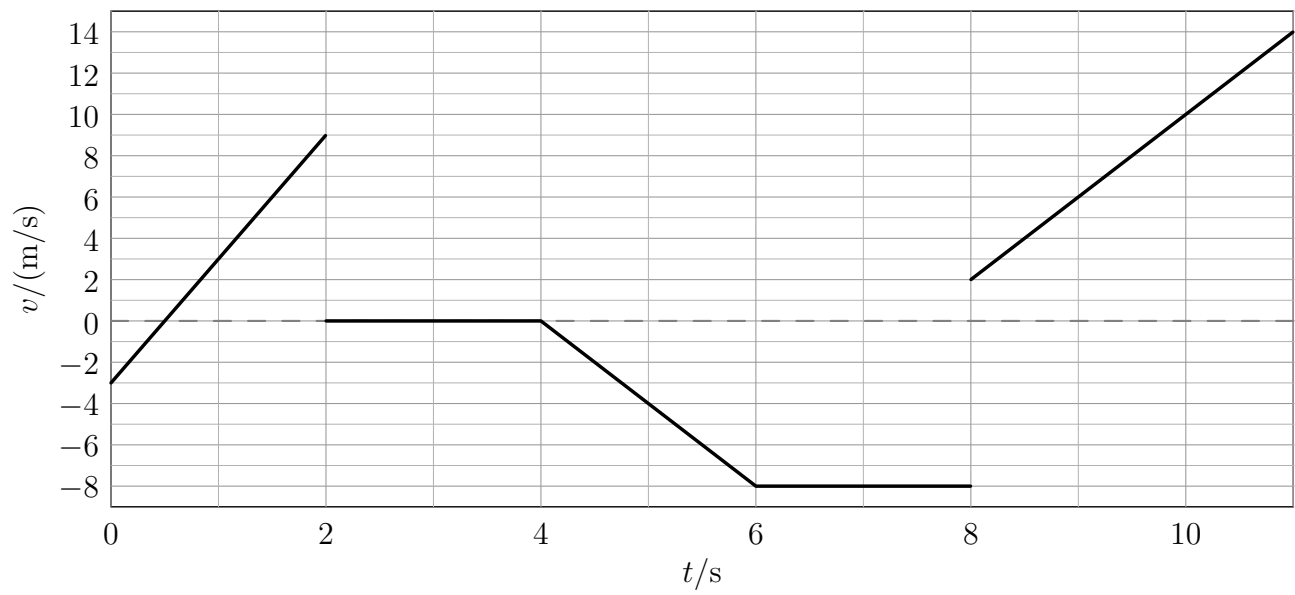
W tabeli podano przyspieszenie  $a$  punktu materialnego w poszczególnych interwałach czasu.

|             |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| $t/s$       | $[0, 2[$ | $]2, 4[$ | $]4, 6[$ | $]6, 8[$ | $]8, 11]$ |
| $a/(m/s^2)$ | 6        | 0        | -4       | 0        | 4         |

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



**Odpowiedź:** Poprawny wykres:



## Dynamika i statyka

### 10 Zadanie – Statek kosmiczny Zazula

W przestrzeni kosmicznej, z dala od innych ciał spoczywał w układzie inercyjnym statek międzygalaktyczny Zazula. Na skutek eksplozji rozpadł się na trzy części. Jedna część o masie  $16,5 \cdot 10^3$  kg porusza się z szybkością 3,6 m/s. Druga część o masie  $27,9 \cdot 10^3$  kg nadal spoczywa. Oblicz masę trzeciego fragmentu statku, jeśli jego szybkość jest równa 4,9 m/s.

**Odpowiedź:** Z zasady zachowania pędu układu,  $\vec{p}_0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3$ , oraz z  $\vec{p}_0 = 0$  i  $\vec{p}_2 = 0$  otrzymujemy:  $\vec{p}_3 = -\vec{p}_1$ . Obliczając wartość obu stron,  $|\vec{p}_3| = |-\vec{p}_1|$ , otrzymujemy równanie  $p_3 = p_1$ , czyli  $m_3 v_3 = m_1 v_1$ , co prowadzi do wyniku:  $m_3 = m_1 v_1 / v_3 \approx 12,1 \cdot 10^3$  kg.

### 11 Zadanie – Spadochroniarz

Spadochroniarz wraz z wyposażeniem ma masę 147 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.

**Odpowiedź:** Spadochroniarz porusza się z zerowym przyspieszeniem, a więc wartość siły oporów ruchu jest równa wartości siły ciężkości skoczka:  $Q = mg \approx 1440 \text{ N}$ .

### 12 Zadanie – Zderzenie wagonów

Wagon kolejowy o masie 23 ton, jadąc po poziomych torach z prędkością o wartości 2,1 m/s, uderzył w stojący skład 6 wagonów. Po zderzeniu wszystkie wagony poruszają się razem, ze stałą prędkością. Wszystkie wagony są identyczne. Można pominąć wpływ zewnętrznych sił poziomych. Oblicz:

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

**Odpowiedź:**

- Po szepieniu skład porusza się z prędkością  $v = 0,3 \text{ m/s}$ .
- Energia kinetyczna ruchu postępowego zmniejszyła się o  $\Delta E_k = m(v_0^2 - (n+1)v^2)/2 \approx 43,5 \text{ kJ}$ .

### 13 Zadanie – Kula w polu dwóch sił

Kula o masie 5 kg porusza się pod wpływem siły ciężkości oraz poziomo skierowanej, stałej siły elektrostatycznej. Wpływ innych sił jest pomijalny. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Wartość siły elektrostatycznej to 45 N. Oblicz:

- wartość wypadkowej siły działającej na kulę,
- wartość przyspieszenia kuli,
- wartość prędkości kuli po czasie 7 s, zakładając, że początkowo znajdowała się ona w spoczynku.

**Odpowiedź:**

- a) Wartość wypadkowej siły (po skorzystaniu z twierdzenia Pitagorasa) to ok. 66,5 N.  
b) Wartość przyspieszenia to  $a = F/m \approx 13,3 \text{ m/s}^2$ .  
c) Wartość prędkości po czasie  $t$  to  $v = at \approx 93,1 \text{ m/s}$ .

**14 Zadanie – Kula w cieczy**

Pełna kula wykonana z materiału o gęstości  $670 \text{ kg/m}^3$  pływa w cieczy o gęstości  $1400 \text{ kg/m}^3$ . Cały układ znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym. Oblicz stosunek objętości tej części kuli, która znajduje się powyżej powierzchni cieczy, do objętości całej kuli.

**Odpowiedź:** Stosunek objętości części kuli, która znajduje się powyżej powierzchni cieczy, do objętości całej kuli jest równy  $1 - d_b/d_l \approx 0,521$ .

**15 Zadanie – Cegły z wykopaliska**

Ilu studentów archeologii potrzeba, by wynieść 2200 cegieł z wykopaliska? Każda z cegieł ma masę 5 kg, a każdy student może wykonać pracę 25000 J, niosąc cegły samodzielnie albo w grupie. Każdą cegłę należy przenieść o 15 m wyżej w polu grawitacyjnym o natężeniu 9,8 N/kg.

**Odpowiedź:** Minimalna liczba studentów potrzebna do wniesienia cegieł to 65.

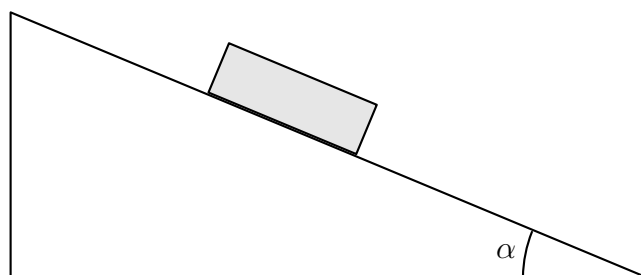
**16 Zadanie – Wahadło**

Kulkę o masie 20 dag zawieszoną na długiej, nierozciągliwej i bardzo lekkiej nici przymocowanej do nieruchomego zaczepu wychylono z położenia równowagi tak, że podniosła się ona na wysokość 6 cm. 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  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

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

**17 Zadanie – Równia pochyła (rysunek)**

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $\alpha = 35^\circ$  zsuwa się cegła o masie 5,8 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.



**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.

## 18 Zadanie – Równia pochyła

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $45^\circ$  zsuwa się cegła o masie  $5,7 \text{ kg}$ . Oblicz przyspieszenie cegły. Pomiń wpływ oporu powietrza. Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Cegła porusza się z przyspieszeniem równoległym do równi o wartości  $a = g \sin \alpha \approx 6,93 \text{ m/s}^2$ , w dół równi.

## 19 Zadanie – Rozpędzanie z oporem

Na lodowisku stoi łyżwiarz o masie  $73 \text{ kg}$ . Kolega rozpędza go, działając na łyżwiarza poziomą siłą o wartości  $50 \text{ N}$  na drodze  $4,1 \text{ m}$ . Wiedząc, że działająca na łyżwiarza pozioma siła oporu ma wartość  $10 \text{ N}$ , oblicz szybkość, z jaką łyżwiarz będzie się poruszać po rozpędzeniu.

**Odpowiedź:** Końcowa szybkość łyżwiarza o masie  $m$  będzie równa  $v = \sqrt{2(F - T)S/m} \approx 2,12 \text{ m/s}$ .

## 20 Zadanie – Spacer z sankami

Dziecko ciągnie sanki ze stałą prędkością, po poziomym boisku, wzdłuż odcinka o długości  $30 \text{ m}$ . Oblicz pracę, jaką wykona ono przy ciągnięciu, jeśli siła napięcia sznurka wynosi  $63 \text{ N}$  i tworzy on kąt  $35^\circ$  z poziomem.

**Odpowiedź:** Dziecko wykona pracę równą  $W = Fs \cos \alpha \approx 1550 \text{ J}$ .

## 21 Zadanie – Przyspieszenie planety

Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim porusza się planeta MLMC wokół gwiazdy PRPL. Przyjmij, że MLMC i PRPL są punktami materialnymi o masach odpowiednio  $7,82 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  i  $3,6 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , 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 inercjalnym. Wpływ innych ciał jest nieistotny.

**Odpowiedź:** Planeta porusza się z przyspieszeniem o wartości  $a = GM/r^2 \approx 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ .

## 22 Zadanie – Proton w polu magnetycznym

Proton porusza się z prędkością o wartości  $2800 \text{ m/s}$  w jednorodnym polu magnetycznym o wartości  $1,4 \text{ T}$ . Wektor prędkości jest prostopadły do pola magnetycznego. Oblicz przyspieszenie, z jakim porusza się proton. Ładunek protonu jest równy  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , a jego masa jest równa  $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

**Odpowiedź:** Proton porusza się z przyspieszeniem o wartości  $a = F/m \approx 37,5 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$ .



### 23 Zadanie – Przyssawka

Oblicz maksymalną masę odważnika, który może wisieć przyczepiony do okrągłej przyssawki przylegającej do poziomego sufitu. Średnica przyssawki jest równa 31 cm. Przyjmij, że między przyssawką a sufitem jest próżnia, ciśnienie atmosferyczne jest równe 1034 hPa, a przyspieszenie ziemskie  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Maksymalna masa odważnika jest równa ok. 796 kg.

### 24 Zadanie – Pod wodą

Oblicz ciśnienie wody działające na nurka znajdującego się na głębokości 45 m. Przyjmij gęstość wody  $1027 \text{ kg/m}^3$  oraz natężenie pola grawitacyjnego  $9,8 \text{ N/kg}$ .

**Odpowiedź:** Ciśnienie wody jest równe ok. 453 kPa. Jeśli chcesz uwzględnić ciśnienie atmosferyczne, to należy dodać ok. 100 kPa.

### 25 Zadanie – Prasa hydrauliczna

Dwa walcowe tłoki prasy hydraulicznej mogą poruszać się w pionie. Gdy są nieobciążone, znajdują się na tym samym poziomie. Mniejszy tłok ma średnicę 4 cm, a duży średnicę 46 cm. Jaki odważnik trzeba umieścić na małym tłoku, by utrzymać bryłę o masie 200 kg leżącą na dużym tłoku?

**Odpowiedź:** Na małym tłoku należy umieścić odważnik o masie ok. 1,51 kg.

## Termodynamika

### 26 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

Blok lodu o temperaturze  $-6^{\circ}\text{C}$  i masie 490 g włożono do 1800 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)  $4200\text{ J}/(\text{kg K})$ .

**Odpowiedź:** Końcowa temperatura układu  $T_f = (T_w m_w c_w + (T_i c_i - l_i) m_i) / [(m_i + m_w) c_w] \approx 25,6^{\circ}\text{C}$ .

### 27 Zadanie – Granitowa płyta

Powierzchnia płyty granitowej to  $119 \cdot 10^3\text{ m}^2$ , a jej grubość 3 m. Pod płytą panuje temperatura  $50^{\circ}\text{C}$ , a nad płytą  $-6^{\circ}\text{C}$ . Oblicz ciepło przepływające przez płytę w trakcie jednej minuty, jeśli współczynnik przewodnictwa cieplnego granitu jest równy  $2,06\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ .

**Odpowiedź:** Ciepło:  $Q \approx 275\text{ MJ}$ .

### 28 Zadanie – Wydłużenie szyny

Oblicz, o ile zmieni się długość stalowej szyny po ogrzaniu jej do temperatury  $12^{\circ}\text{C}$ , jeśli jej długość przy temperaturze  $7^{\circ}\text{C}$  jest równa 8 m. Współczynnik rozszerzalności cieplnej użytej stali jest równy  $0,99 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ .

**Odpowiedź:** Wydłużenie szyny:  $\Delta l = \alpha \Delta T l \approx 0,396\text{ mm}$ .

### 29 Zadanie – Lodowiec

Oszacuj masę stopionego lodu z lodowca, który zsunął się i zatrzymał w dolinie. Początkowo lodowiec spoczywał na wysokości 328 m nad doliną i miał masę  $8 \cdot 10^9\text{ kg}$ . Załóż, że energia tracona przez zsuwający się lodowiec i spływającą wodę powstała podczas topnienia lodowca powoduje dalsze topnienie lodu. Przyjmij ciepło topnienia lodu  $334\text{ kJ}/\text{kg}$ . Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe  $9,8\text{ m}/\text{s}^2$ .

**Odpowiedź:** Masa stopionego lodu to około  $m_i = m_0 g h / l \approx 77 \cdot 10^6\text{ kg}$ , 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

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 260 J, a układ wykonał pracę o wartości 130 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej tego układu wskutek opisanego procesu.

**Odpowiedź:** Zmiana energii wewnętrznej układu:  $\Delta U = Q_1 + W_1 + Q_2 + W_2 = -40 \text{ J}$ . Zauważ, że  $Q_2 < 0$  oraz  $W_2 < 0$ .

### 31 Zadanie – Entropia i porcja wody

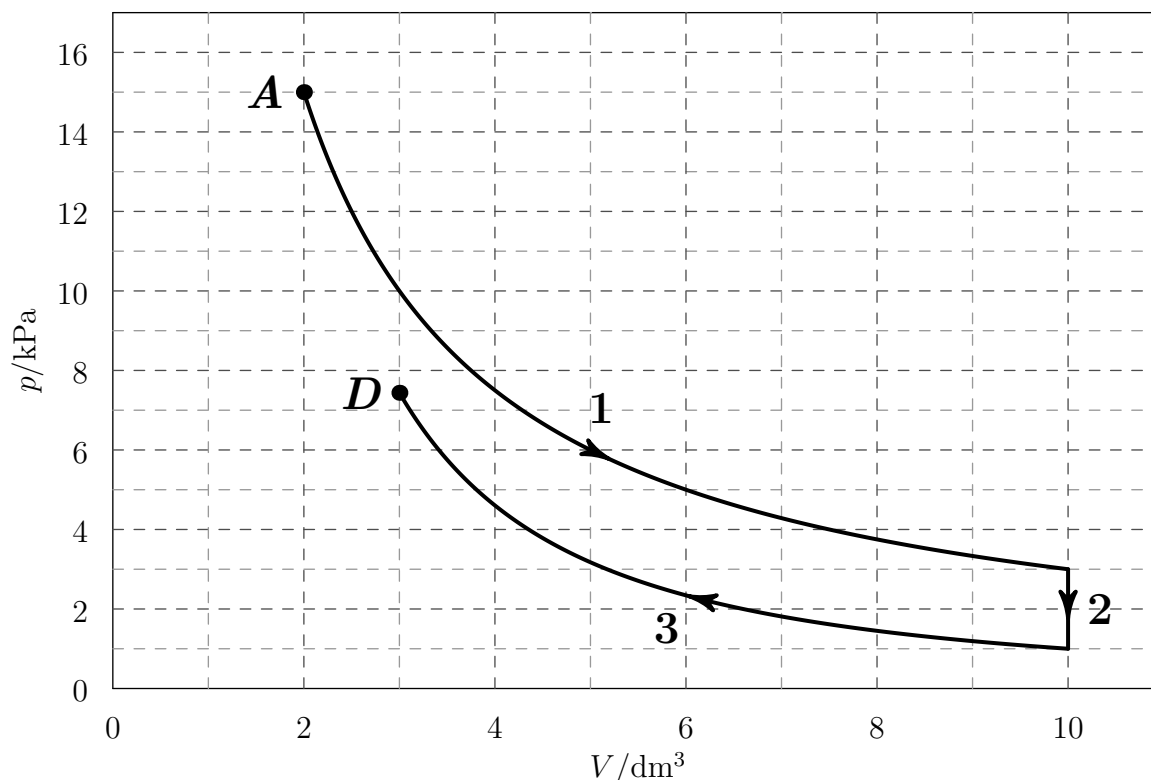
Oblicz zmianę entropii wody o masie 75 g podczas przemiany jej stanu ze stałego (lód) w stan ciekły (płyn) w temperaturze topnienia pod ciśnieniem 1 atm. Przyjmij ciepło topnienia równe 334 kJ/kg.

**Odpowiedź:** Zmiana entropii:  $\Delta S \approx 25050 \text{ J} / 273 \text{ K} \approx 91,8 \text{ J/K}$ .

### 32 Zadanie – Przemiany gazowe

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

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



**Odpowiedź:**

- Przemiana 1 to przemiana izotermiczna, gdyż  $pV$  ma zawsze tę samą wartość, np.  $2 \cdot 15 = 3 \cdot 10 = 5 \cdot 6$  (w jednostkach kPa·dm<sup>3</sup>). 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  $\text{kPa}\cdot\text{dm}^3$ ).

d) Nie, gdyż ciśnienia w tych punktach są różne.

## Fale

### 33 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

Prędkość dźwięku w piaskowcu jest równa 2800 m/s. Oblicz okres oraz częstotliwość fali rozchodzącej się w płycie z tego piaskowca, jeśli długość fali jest równa 0,8 km.

**Odpowiedź:** Okres fali  $T = \lambda/v \approx 0,286$  s, a jej częstotliwość  $f = 1/T \approx 3,5$  Hz.

### 34 Zadanie – Częstotliwość światła

Wiązka światła o długości fali 530 nm w próżni pada na powierzchnię szkła o bezwzględnym współczynniku załamania tego światła równym 1,84. Oblicz częstotliwość i długość fali tego światła w szkłe. Przyjmij wartość prędkości światła w próżni  $3 \cdot 10^8$  m/s.

**Odpowiedź:** Częstotliwość fali w szkłe  $f_2 = f_1 = c/\lambda_1 \approx 566$  THz, gdzie  $f_1$  i  $\lambda_1$  to odpowiednio częstotliwość i długość fali w próżni. Długość fali w szkłe  $\lambda_2 = v_2 T = cT/n = \lambda_1/n \approx 288$  nm, gdzie  $v_2$  to prędkość fali w szkłe.

### 35 Zadanie – Fala podłużna w pręcie

Oblicz prędkość rozchodzenia się podłużnej fali w długim, metalowym pręcie. Długość fali jest znacznie większa od średnicy pręta. Gęstość metalu, z którego wykonano pręt, jest równa 6100 kg/m<sup>3</sup>, a moduł Younga tego metalu jest równy 299 GPa. Jeśli nie pamiętasz zależności prędkości fali od modułu Younga i gęstości, to w opisanym przypadku możesz ją uzyskać, rozważając wymiary tych wielkości.

**Odpowiedź:** Prędkość fali jest równa  $v = \sqrt{E/\rho} \approx 7000$  m/s.

### 36 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

W jednorodnym ośrodku umieszczono dwa głośniki. Pierwszy głośnik znajduje się w odległości 9,65 m, a drugi w odległości 5,15 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 180 cm. Następnie włączono oba głośniki. Drgają one w taki sam sposób, czyli w zgodnej fazie. Na podstawie odpowiednich obliczeń określ, czy w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, nastąpi wzmocnienie czy osłabienie dźwięku w porównaniu z sytuacją, gdy był włączony tylko jeden z głośników.

**Odpowiedź:** Iloczyn wartości bezwzględnej różnicy odległości i długości fali  $|d_1 - d_2|/\lambda = 2,5$ , a więc w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, fale spotykają się w przeciwnej fazie – nastąpi osłabienie.

### 37 Zadanie – Czy to fala?

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

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

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

**Odpowiedź:**

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

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

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

## Elektryczność, magnetyzm, optyka, obwody

### 38 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 24 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 5. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

**Odpowiedź:** Wartość natężenia pola elektrycznego  $|\vec{E}| = kne/r^2 \approx 12,5 \cdot 10^6$  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

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 |
|---|-------|---------------|
| Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu |       |               |
| Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki                      |       |               |
| Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki   |       |               |

**Odpowiedź:**

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

## 40 Zadanie – Rodzaje magnetyków

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

Cienka soczewka o ogniskowej 4 cm musi być odsunięta na odległość 5 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.

**Odpowiedź:**

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

## 42 Zadanie – Polaryzacja odbitego światła

Studenci powinni określić materiał, z którego została wykonana sześcienna bryła. Mają tego dokonać tylko na podstawie badania polaryzacji odbitego od jej ściany światła. Dysponują wiązką światła o długości fali 589 nm. Maksymalną polaryzację liniową odbitej wiązki uzyskali, gdy kąt między normalną do ściany a odbitą wiązką był równy  $58^\circ$ . Na podstawie odpowiednich obliczeń wskaż, z którego z następujących materiałów najprawdopodobniej wykonano bryłę (w nawiasach podano bezwzględny współczynnik załamania światła dla referencyjnej próbki): korund (1,77), polistyren (1,6), szkło kwarcowe (1,46). Bryła znajduje się w powietrzu, dla którego przyjmij bezwzględny współczynnik załamania światła równy 1.

**Odpowiedź:** Bezwzględny współczynnik załamania jest równy  $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,6$ . A więc materiałem jest najprawdopodobniej polistyren.

## 43 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 17 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 59 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

**Odpowiedź:** Przepłynął ładunek równy  $Q = It \approx 3610 \text{ C}$ .

## 44 Zadanie – Opornik

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 10 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 0,78 V.

- Oblicz opór opornika.
- Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 4,68 V.



**Odpowiedź:**

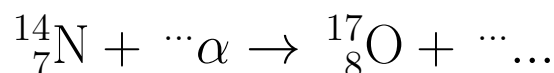
a) Opór  $R = U_1/I_1 = 78 \Omega$ .

b) Natężenie prądu  $I_2 = U_2/R = I_1 U_2/U_1 = 60 \text{ mA}$ .

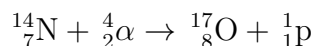
## Fizyka jądrowa

### 45 Zadanie – Zderzenie z $\alpha$

Z jądrem  ${}^{14}_7\text{N}$  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.



**Odpowiedź:**

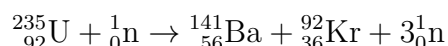


### 46 Zadanie – Procesy jądrowe

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



**Odpowiedź:**



### 47 Zadanie – Czas połowicznego rozpadu

W próbce po  $400 \cdot 10^3$  latach liczba radioaktywnych jąder atomowych pewnego izotopu zmniejszyła się 16 razy. Oblicz czas połowicznego rozpadu tego izotopu.

**Odpowiedź:** Czas połowicznego rozpadu to około  $T_{1/2} = t/n = 100 \cdot 10^3$  lat.

### 48 Zadanie – Datowanie geologiczne

W pewnej próbce granitu znajduje się 1,21 mg argonu  ${}^{40}\text{Ar}$  i 2 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.

**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

Próbka składa się z wielu atomów wodoru, a każdy z nich na początku znajduje się w stanie wzbudzonym o głównej liczbie kwantowej  $n = 7$ .

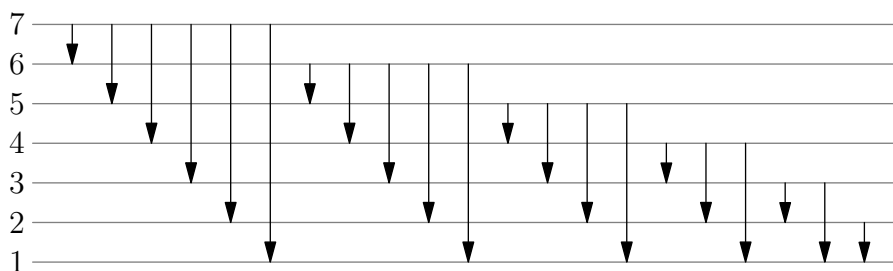
a) Narysuj schemat przedstawiający poziomy energetyczne atomu wodoru wraz z wartościami odpowiadającą im głównej liczby kwantowej  $n$  (odległości między poziomami mogą być dowolne). Zaznacz na rysunku wszystkie możliwe bezpośrednie i pośrednie przejścia elektronów, których skutkiem jest emisja fotonu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

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

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

#### Odpowiedź:

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



b) Można zaobserwować 21 linii.

c) Przejście z poziomu 7 na poziom 6.

### 50 Zadanie – Liczby kwantowe atomu wodoru

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

**Odpowiedź:** Możliwe stany to:

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

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

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

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

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

### 51 Zadanie – Liczba fotonów

Impuls monochromatycznego światła o długości fali 620 nm w próżni padł na ciemną płytkę, która pochłania 74% energii padającego na nią promieniowania. Oblicz liczbę fotonów w tym impulsie, jeśli wiadomo, że na skutek oświetlenia energia płytki zwiększyła się o 25 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.

**Odpowiedź:** Liczba fotonów w impulsie  $n = E_i/E_\gamma = E_{\text{abs}}/(\varepsilon_{\text{eff}}E_\gamma) \approx 1050 \cdot 10^{14}$ .

## 52 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

Metalową płytkę oświetlono promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 300 nm. Maksymalna energia kinetyczna wybijanych z płytki elektronów jest równa 1,9 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.

**Odpowiedź:** Praca wyjścia  $W = E_\gamma - E_k \approx 2,24$  eV.

## 53 Zadanie – Elektron i najmniejsze prawdopodobieństwo

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

$$\Psi(x) = N \cdot x \cdot \cos\left(2\pi \frac{x}{L}\right)$$

gdzie  $N$  oraz  $L = 20$  nm są stałymi. Zmienna  $x$  przyjmuje wartości od 0 do  $L$ . Wypisz wszystkie wartości  $x$  w tym zakresie, w pobliżu których prawdopodobieństwo znalezienia elektronu jest najmniejsze. Argumentami funkcji trygonometrycznych są liczby, np.  $\sin(\pi/2) = 1$ ,  $\cos(\pi/2) = 0$ .

**Odpowiedź:** Wartości  $x$ , w pobliżu których prawdopodobieństwo znalezienia elektronu jest najmniejsze, to: 0,  $L/4$ ,  $3L/4$ , a więc 0 nm, 5 nm, 15 nm.