

## 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 83850 metrów w ciągu 195 minut?

**Odpowiedź:** Człowiek porusza się z prędkością 25,8 km/h.

### 2 Zadanie – Prędkość jazdy rowerem

Jaś wyruszył rowerem z linii startu i jechał ze średnią prędkością 7 m/s. Maciek, który wyruszył 11 s po Jasiu z linii startu, ukończył wyścig 22 s przed Jasiem. Obaj chłopcy przebyli tę samą odległość. Z jaką średnią prędkością jechał Maciek, jeśli całą trasę przejechał w trakcie 77 s?

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

### 3 Zadanie – Samochód

Samochód pana Krzysztofa spala 5 litrów benzyny na sto kilometrów, a litr benzyny kosztuje 6 zł. Ile **pełnych** kilometrów przejedzie pan Krzysztof samochodem za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej, czyli za 3 zł?

**Odpowiedź:** Za równowartość hot-doga zakupionego na stacji benzynowej samochód przejedzie 10 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 15 min. wioślarz zauważył zgubę. Natychmiast zaczął płynąć w dół rzeki i dopędził koło w odległości 2000 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 10 mm zakończony jest otworem o średnicy 3 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. 111 cm/s.

### 6 Zadanie – Startujący samolot

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

**Odpowiedź:** 72 m/s

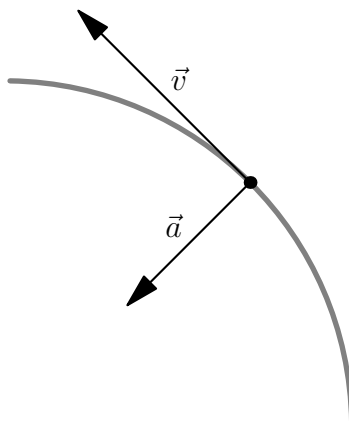
## 7 Zadanie – Na zakręcie

Samochód jedzie po łuku o promieniu 45 m ze stałą wartością prędkości 48,6 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.  $4,05 \text{ m/s}^2$ .

## 8 Zadanie – Prędkość i przyspieszenie punktu materialnego

Oblicz prędkość i przyspieszenie punktu materialnego w chwili  $t_1 = 3,2 \text{ s}$ , którego położenie na osi  $X$  jest opisane równaniem

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

gdzie  $A = 1,2 \text{ m}$ ,  $\omega = 3,1 \text{ s}^{-1}$ ,  $\phi = 3$  oraz  $B = 0,9 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Prędkość i przyspieszenie:

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

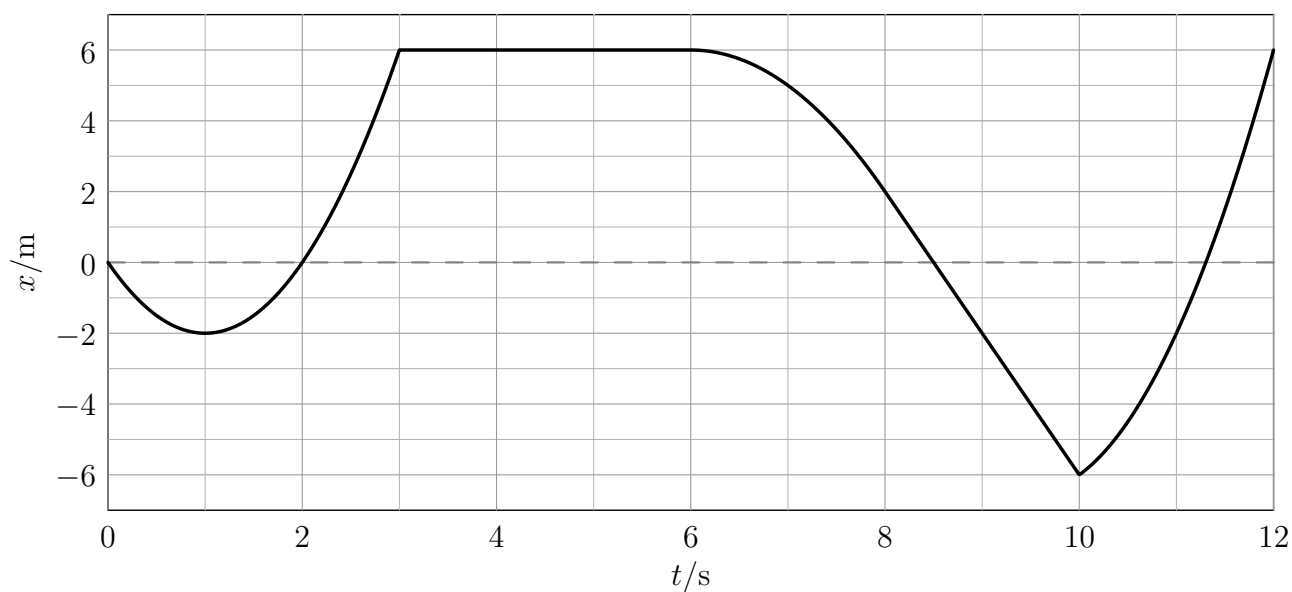
$$v(t_1) \approx 9,25 \text{ m/s}$$

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

$$a(t_1) \approx -2,19 \text{ m/s}^2$$

## 9 Zadanie – Niezdecydowany punkt materialny

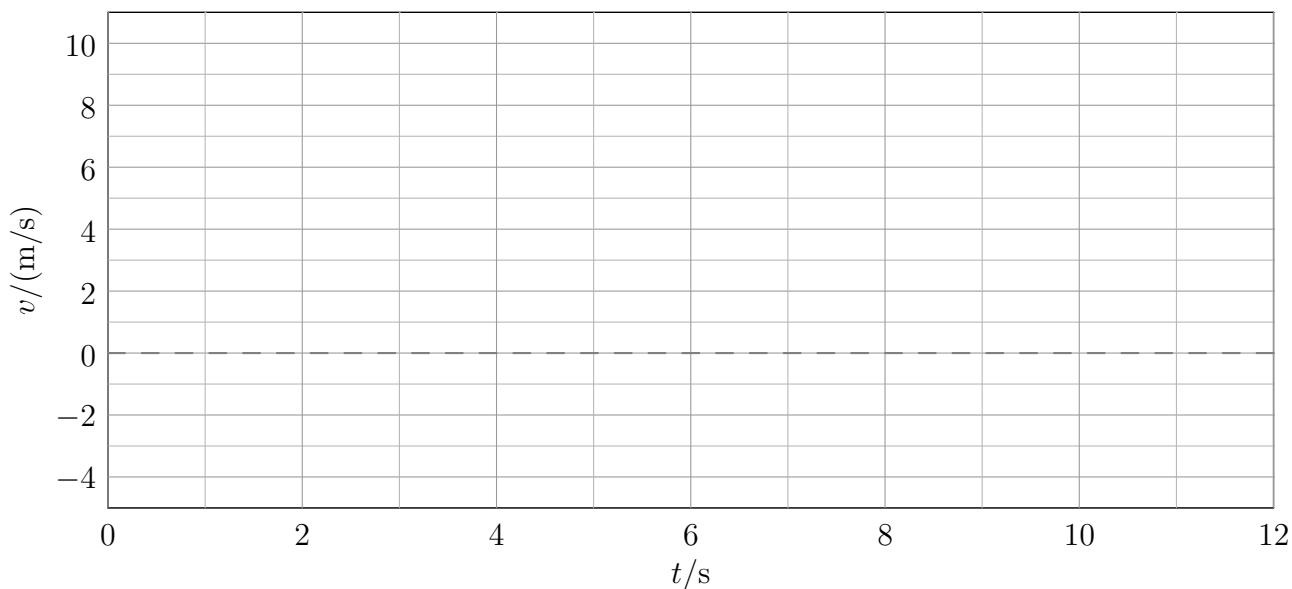
Punkt materialny porusza się wzdłuż osi  $X$ . Na wykresie przedstawiono zależność jego położenia  $x$  od czasu  $t$ .



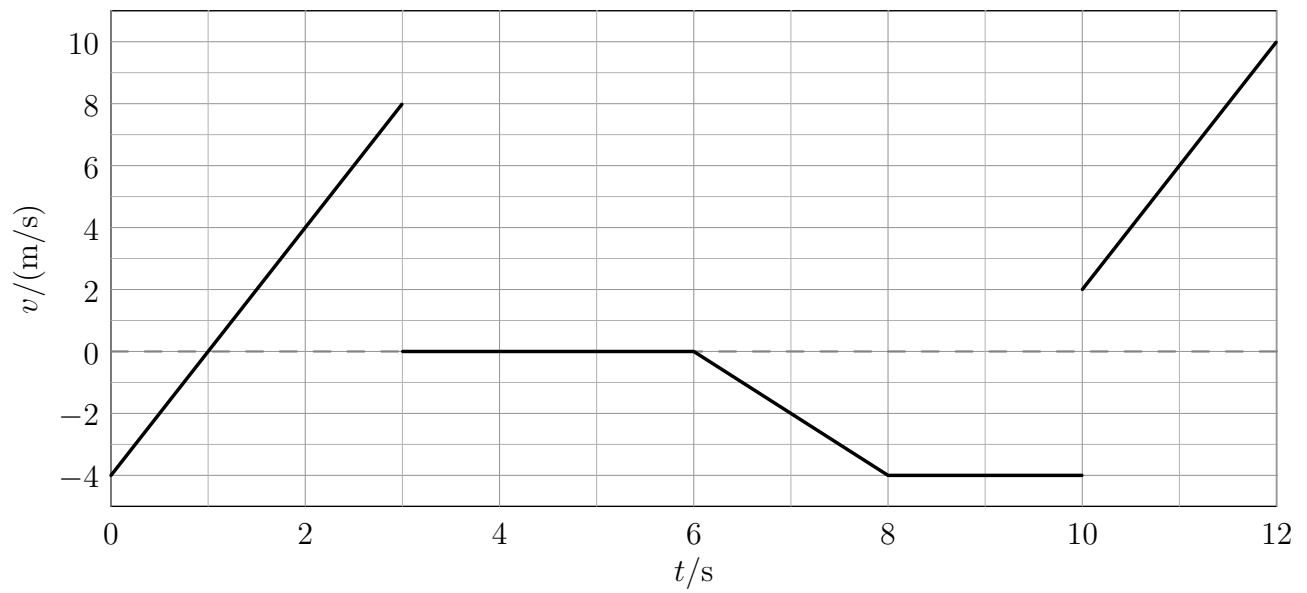
W tabeli podano przyśpieszenie  $a$  punktu materialnego w poszczególnych interwałach czasu.

$t/s$	$[0, 3[$	$]3, 6[$	$]6, 8[$	$]8, 10[$	$]10, 12]$
$a/(m/s^2)$	4	0	-2	0	4

Wykonaj wykres zależności prędkości  $v$  od czasu dla tego punktu materialnego dla  $t \in [0, 12]$  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  $15,7 \cdot 10^3$  kg porusza się z szybkością 1,9 m/s. Druga część o masie  $29,6 \cdot 10^3$  kg nadal spoczywa. Oblicz masę trzeciego fragmentu statku, jeśli jego szybkość jest równa 5,9 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:  $m_3 = m_1 v_1 / v_3 \approx 5,06 \cdot 10^3$  kg.

### 11 Zadanie – Spadochroniarz

Spadochroniarz wraz z wyposażeniem ma masę 114 kg i opada na spadochronie pionowo w dół ze stałą prędkością o wartości 8,6 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:  $Q = mg \approx 1120 \text{ N}$ .

### 12 Zadanie – Zderzenie wagonów

Wagon kolejowy o masie 39 ton, jadąc po poziomych torach z prędkością o wartości 1,4 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  $v = 0,2 \text{ m/s}$ .
- Energia kinetyczna ruchu postępowego zmniejszyła się o  $\Delta E_k = m(v_0^2 - (n+1)v^2)/2 \approx 32,8 \text{ kJ}$ .

### 13 Zadanie – Kula w polu dwóch sił

Kula o masie 3 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 25 N. Oblicz:

- wartość wypadkowej siły działającej na kulę,
- wartość przyspieszenia kuli,
- wartość prędkości kuli po czasie 9 s, zakładając, że początkowo znajdowała się ona w spoczynku.

**Odpowiedź:**

- a) Wartość wypadkowej siły (po skorzystaniu z twierdzenia Pitagorasa) to ok. 38,6 N.  
b) Wartość przyspieszenia to  $a = F/m \approx 12,9 \text{ m/s}^2$ .  
c) Wartość prędkości po czasie  $t$  to  $v = at \approx 116 \text{ m/s}$ .

**14 Zadanie – Kula w cieczy**

Pełna kula wykonana z materiału o gęstości  $720 \text{ kg/m}^3$  pływa w cieczy o gęstości  $1600 \text{ kg/m}^3$ . 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  $1 - d_b/d_l \approx 0,55$ .

**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 37000 J, niosąc cegły samodzielnie albo w grupie. Każdą cegłę należy przenieść o 17 m wyżej w polu grawitacyjnym o natężeniu 9,8 N/kg.

**Odpowiedź:** Minimalna liczba studentów potrzebna do wniesienia cegieł to 50.

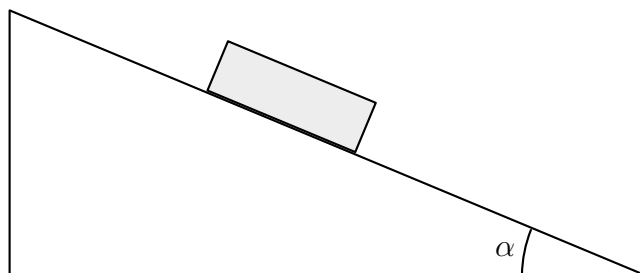
**16 Zadanie – Wahadło**

Kulkę o masie 70 dag zawieszoną na długiej, nierozciągliwej i bardzo lekkiej nici przymocowanej do nieruchomego zaczepu wychylono z położenia równowagi tak, że podniosła się ona na wysokość 2 cm. Nici 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 przyspieszenie grawitacyjne jest równe  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Wartość prędkości kulki w momencie przechodzenia przez położenie równowagi to ok. 0,626 m/s.

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

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $\alpha = 37^\circ$  zsuwa się cegła o masie 4,9 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  $a = g \sin \alpha \approx 5,9 \text{ m/s}^2$ , w dół równi.

## 18 Zadanie – Równia pochyła

Po idealnie śliskiej, nieruchomej równi pochyłej o kącie nachylenia do poziomu  $44^\circ$  zsuwa się cegła o masie 5,5 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  $a = g \sin \alpha \approx 6,81 \text{ m/s}^2$ , w dół równi.

## 19 Zadanie – Rozpędzanie z oporem

Na lodowisku stoi łyżwiarz o masie 78 kg. Kolega rozpędza go, działając na łyżwiarza poziomą siłą o wartości 40 N na drodze 3,2 m. Wiedząc, że działająca na łyżwiarza pozioma siła oporu ma wartość 9 N, oblicz szybkość, z jaką łyżwiarz będzie się poruszać po rozpędzeniu.

**Odpowiedź:** Końcowa szybkość łyżwiarza o masie  $m$  będzie równa  $v = \sqrt{2(F - T)S/m} \approx 1,6 \text{ m/s}$ .

## 20 Zadanie – Spacer z sankami

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 65 N i tworzy on kąt  $25^\circ$  z poziomem.

**Odpowiedź:** Dziecko wykona pracę równą  $W = Fs \cos \alpha \approx 4120 \text{ J}$ .

## 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  $9,11 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  i  $5,03 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , a planeta porusza się ze stałą szybkością w odległości  $313 \cdot 10^6 \text{ km}$  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  $a = GM/r^2 \approx 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ .

## 22 Zadanie – Proton w polu magnetycznym

Proton porusza się z prędkością o wartości 2500 m/s w jednorodnym polu magnetycznym o wartości 2,1 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  $a = F/m \approx 50,3 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$ .



### 23 Zadanie – Przyssawka

Oblicz maksymalną masę odważnika, który może wisieć przyczepiony do okrągłej przyssawki przylegającej do poziomego sufitu. Średnica przyssawki jest równa 25 cm. Przyjmij, że między przyssawką a sufitem jest próżnia, ciśnienie atmosferyczne jest równe 1032 hPa, a przyspieszenie ziemskie  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Odpowiedź:** Maksymalna masa odważnika jest równa ok. 517 kg.

### 24 Zadanie – Pod wodą

Oblicz ciśnienie wody działające na nurka znajdującego się na głębokości 45 m. Przyjmij gęstość wody  $1024 \text{ kg/m}^3$  oraz natężenie pola grawitacyjnego  $9,8 \text{ N/kg}$ .

**Odpowiedź:** Ciśnienie wody jest równe ok. 452 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 2 cm, a duży średnicę 49 cm. Jaki odważnik trzeba umieścić na małym tłoku, by utrzymać bryłę o masie 500 kg leżącą na dużym tłoku?

**Odpowiedź:** Na małym tłoku należy umieścić odważnik o masie ok. 0,833 kg.

## Termodynamika

### 26 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

Blok lodu o temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$  i masie 480 g włożono do 1300 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  $T_f = (T_w m_w c_w + (T_i c_i - l_i) m_i) / [(m_i + m_w) c_w] \approx 18,1^{\circ}\text{C}$ .

### 27 Zadanie – Granitowa płyta

Powierzchnia płyty granitowej to  $109 \cdot 10^3\text{ m}^2$ , a jej grubość 2 m. Pod płytą panuje temperatura  $30^{\circ}\text{C}$ , a nad płytą  $-2^{\circ}\text{C}$ . Oblicz ciepło przepływające przez płytę w trakcie jednej minuty, jeśli współczynnik przewodnictwa cieplnego granitu jest równy  $2,39\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ .

**Odpowiedź:** Ciepło:  $Q \approx 250\text{ MJ}$ .

### 28 Zadanie – Wydłużenie szyny

Oblicz, o ile zmieni się długość stalowej szyny po ogrzaniu jej do temperatury  $13^{\circ}\text{C}$ , jeśli jej długość przy temperaturze  $2^{\circ}\text{C}$  jest równa 15 m. Współczynnik rozszerzalności cieplnej użytej stali jest równy  $0,99 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ .

**Odpowiedź:** Wydłużenie szyny:  $\Delta l = \alpha \Delta T l \approx 1,63\text{ mm}$ .

### 29 Zadanie – Lodowiec

Oszacuj masę stopionego lodu z lodowca, który zsunął się i zatrzymał w dolinie. Początkowo lodowiec spoczywał na wysokości 379 m nad doliną i miał masę  $11 \cdot 10^9\text{ kg}$ . 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  $m_i = m_0 g h / l \approx 120 \cdot 10^6\text{ kg}$ , 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 230 J, wykonaliśmy pracę nad tym układem (np. sprężając go) o wartości 130 J oraz odebraliśmy od układu ciepło o wartości 210 J, a układ wykonał pracę o wartości 60 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej tego układu wskutek opisanego procesu.

**Odpowiedź:** Zmiana energii wewnętrznej układu:  $\Delta U = Q_1 + W_1 + Q_2 + W_2 = 90 \text{ J}$ . Zauważ, że  $Q_2 < 0$  oraz  $W_2 < 0$ .

### 31 Zadanie – Entropia i porcja wody

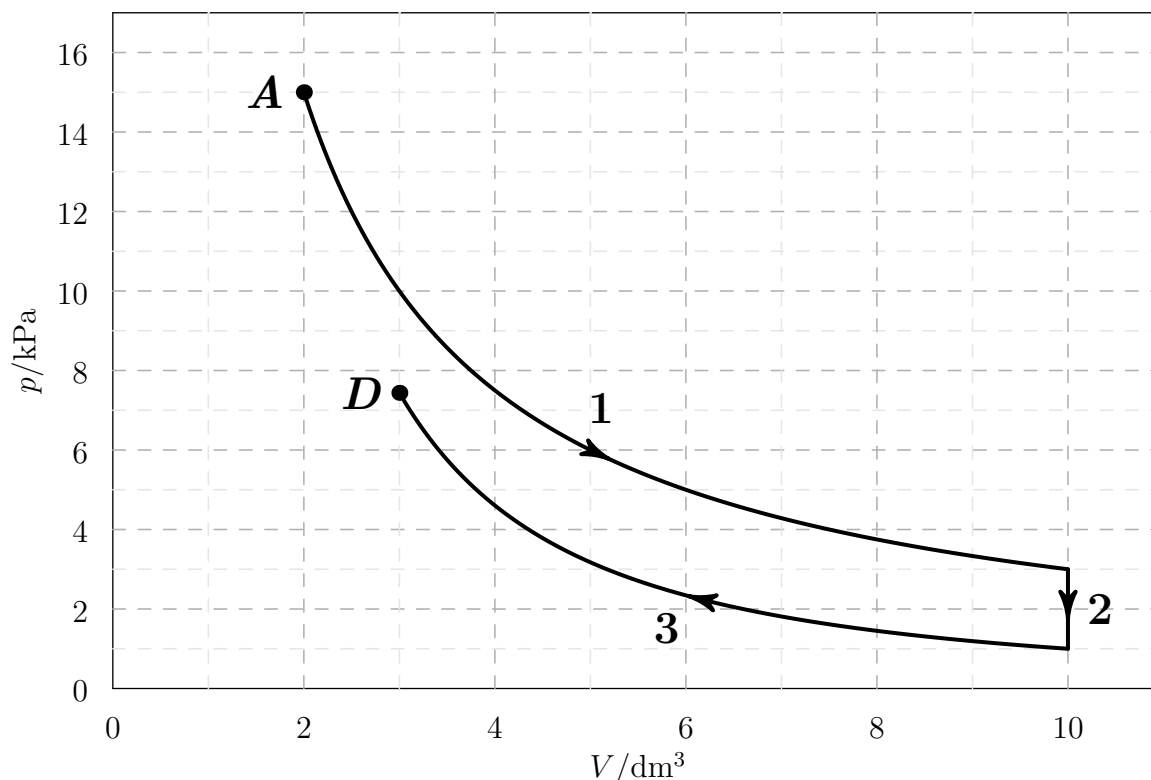
Oblicz zmianę entropii wody o masie 37 g podczas przemiany jej stanu z ciekłego (płyn) w stan gazowy (para) w temperaturze wrzenia pod ciśnieniem 1 atm. Przyjmij ciepło parowania równe 2257 kJ/kg.

**Odpowiedź:** Zmiana entropii:  $\Delta S \approx 83509 \text{ J} / 373 \text{ K} \approx 224 \text{ J/K}$ .

### 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  $\text{kPa} \cdot \text{dm}^3$ ). 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  $\text{kPa}\cdot\text{dm}^3$ ).

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

## Fale

### 33 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

Prędkość dźwięku w piaskowcu jest równa 3000 m/s. Oblicz okres oraz częstotliwość fali rozchodzącej się w płycie z tego piaskowca, jeśli długość fali jest równa 0,6 km.

**Odpowiedź:** Okres fali  $T = \lambda/v \approx 0,2$  s, a jej częstotliwość  $f = 1/T \approx 5$  Hz.

### 34 Zadanie – Częstotliwość światła

Wiązka światła o długości fali 690 nm w próżni pada na powierzchnię szkła o bezwzględnym współczynniku załamania tego światła równym 1,82. 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  $f_2 = f_1 = c/\lambda_1 \approx 435$  THz, gdzie  $f_1$  i  $\lambda_1$  to odpowiednio częstotliwość i długość fali w próżni. Długość fali w szkłe  $\lambda_2 = v_2 T = cT/n = \lambda_1/n \approx 379$  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  $5700 \text{ kg/m}^3$ , a moduł Younga tego metalu jest równy 228 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  $v = \sqrt{E/\rho} \approx 6330$  m/s.

### 36 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

W jednorodnym ośrodku umieszczono dwa głośniki. Pierwszy głośnik znajduje się w odległości 8,04 m, a drugi w odległości 5,79 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 150 cm. Następnie włączono oba głośniki. Drgają one w taki sam sposób, czyli w zgodnej fazie. Na podstawie odpowiednich obliczeń określ, czy w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, nastąpi wzmocnienie czy osłabienie dźwięku w porównaniu z sytuacją, gdy był włączony tylko jeden z głośników.

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

### 37 Zadanie – Czy to fala?

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

$$f(x, t) = N \cdot \sin\left(\frac{x}{L} + \left(\frac{t}{T}\right)^2\right)$$

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.

**Odpowiedź:**

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

$$\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 2N \left( -2 \left(\frac{t}{T}\right)^2 \sin\left(\frac{x}{L} + \left(\frac{t}{T}\right)^2\right) + \cos\left(\frac{x}{L} + \left(\frac{t}{T}\right)^2\right) \right) / T^2$$

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

## Elektryczność, magnetyzm, optyka, obwody

### 38 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 21 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 7. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

**Odpowiedź:** Wartość natężenia pola elektrycznego  $|\vec{E}| = kne/r^2 \approx 22,9 \cdot 10^6$  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
Magnes jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki		
Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki		
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		

**Odpowiedź:**

opis	$ I $	oddziaływanie
Magnes jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki	rośnie	odpychają się
Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki	maleje	przyciągają się
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu	maleje	przyciągają się

## 40 Zadanie – Rodzaje magnetyków

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

**Odpowiedź:** Próbkę wykonano z diamagnetyka.

## 41 Zadanie – Odległość do diody

Cienka soczewka o ogniskowej 10 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.

**Odpowiedź:**

- Odległość od soczewki do diody to 60 cm.
- Stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu to 5.

## 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  $57^\circ$ . 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), szkło kwarcowe (1,46), fluorek sodu (1,33). Bryła znajduje się w powietrzu, dla którego przyjmij bezwzględny współczynnik załamania światła równy 1.

**Odpowiedź:** Bezwzględny współczynnik załamania jest równy  $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,54$ . A więc materiałem jest najprawdopodobniej chlorek sodu.

## 43 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 45 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 39 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

**Odpowiedź:** Przepłynął ładunek równy  $Q = It \approx 6320 \text{ C}$ .

## 44 Zadanie – Opornik

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 10 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 0,52 V.

- Oblicz opór opornika.
- Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 3,12 V.



**Odpowiedź:**

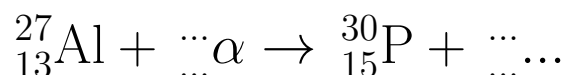
a) Opór  $R = U_1/I_1 = 52 \Omega$ .

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

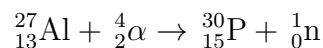
## Fizyka jądrowa

### 45 Zadanie – Zderzenie z $\alpha$

Z jądrem  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  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.

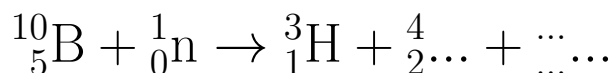


**Odpowiedź:**

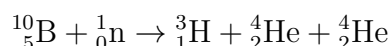


### 46 Zadanie – Procesy jądrowe

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  $1610 \cdot 10^3$  latach liczba radioaktywnych jąder atomowych pewnego izotopu zmniejszyła się 128 razy. Oblicz czas połowicznego rozpadu tego izotopu.

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

### 48 Zadanie – Datowanie geologiczne

W pewnej próbce granitu znajduje się 0,996 mg argonu  ${}^{40}\text{Ar}$  i 1,95 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  $t = n \cdot T_{1/2} \approx 3,12 \cdot 10^9$  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  $n = 6$ .

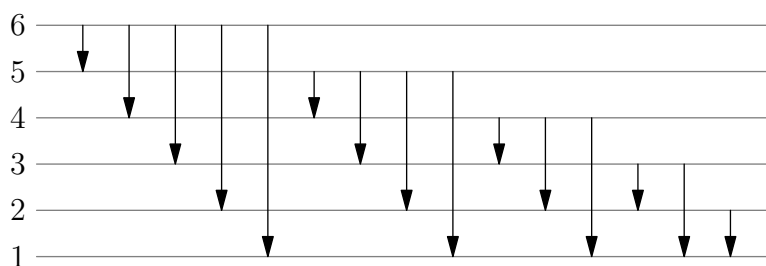
a) Narysuj schemat przedstawiający poziomy energetyczne atomu wodoru wraz z wartościami odpowiadającą im głównej liczby kwantowej  $n$  (odległości między poziomami mogą być dowolne). Zaznacz na rysunku wszystkie możliwe bezpośrednie i pośrednie przejścia elektronów, których skutkiem jest emisja fotonu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

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

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

#### Odpowiedź:

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



b) Można zaobserwować 15 linii.

c) Przejście z poziomu 6 na poziom 5.

### 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  $n = 3$ .

**Odpowiedź:** Możliwe stany to:

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

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

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

### 51 Zadanie – Liczba fotonów

Impuls monochromatycznego światła o długości fali 770 nm w próżni padł na ciemną płytkę, która pochłania 69% 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  $n = E_i/E_\gamma = E_{\text{abs}}/(\varepsilon_{\text{eff}}E_\gamma) \approx 1400 \cdot 10^{14}$ .

## 52 Zadanie – Efekt fotoelektryczny

Metalową płytkę oświetlono promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 200 nm. Maksymalna energia kinetyczna wybijanych z płytki elektronów jest równa 1,43 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  $W = E_\gamma - E_k \approx 4,77$  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

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

gdzie  $N$  oraz  $L = 8$  nm są stałymi. Zmienna  $x$  przyjmuje wartości od 0 do  $\frac{3}{4}L$ . 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,  $L/4$ ,  $L/2$ , a więc 0 nm, 2 nm, 4 nm.