CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	EFAP-R0-100-2206, EFAP-R0-200-2206
Termin egzaminu:	13 czerwca 2022 r.
Data publikacji dokumentu:	13 czerwca 2022 r.

Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.

Zadanie 1.1. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne wyskalowanie osi oraz poprawne narysowanie przemieszczeń w trzech etapach (tzn. zgodnie z wektorami przemieszczeń i położeniem początkowym).

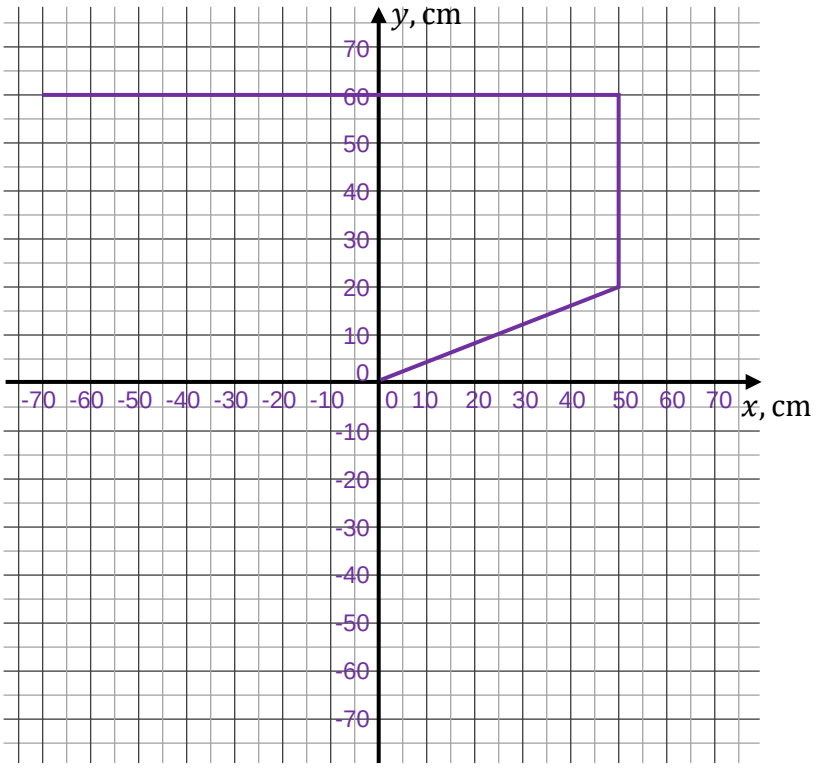
1 pkt – poprawne wyskalowanie osi oraz narysowanie przemieszczenia w jednym z etapów, zgodnego z wektorem przemieszczenia (tzn. niezależnie od współrzędnych początku danego przemieszczenia)

LUB

– brak wyskalowania osi oraz narysowanie przemieszczeń w trzech etapach, zgodnych ze skalą wynikającą z rysunku i położeniem początkowym.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie



Zadanie 1.2. (0–3)

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia całkowitego czasu ruchu robota oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda i poprawne obliczenie czasów ruchu robota w każdym etapie ruchu
LUB
– poprawne wyznaczenie długości odcinków w każdym etapie ruchu robota oraz poprawna metoda wyznaczenia całkowitego czasu ruchu robota, tzn. skorzystanie z równań ruchu do obliczenia czasu ruchu w danym etapie oraz dodanie trzech czasów.

1 pkt – poprawne wyznaczenie długości odcinków w każdym etapie ruchu robota
LUB
– poprawne obliczenie czasu ruchu robota w jednym z trzech etapów, tzn. poprawne wyznaczenie długości odcinka w danym etapie i skorzystanie z równania ruchu jednostajnego prostoliniowego.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Ustalimy / obliczymy długości odcinków przebytych na każdym z trzech etapów ruchu robota:

$$s_I = \sqrt{50^2 + 20^2}\ \text{cm} \approx 54\ \text{cm} \approx 0{,}54\ \text{m}$$

$$s_{II} = \sqrt{0^2 + 40^2}\ \text{cm} = 40\ \text{cm} = 0{,}4\ \text{m}$$

$$s_{III} = \sqrt{(-120)^2 + 0^2}\ \text{cm} = 120\ \text{cm} = 1{,}2\ \text{m}$$

Obliczymy czasy, w których robot przebył ruchem jednostajnym każdy z trzech odcinków:

$$t_I = \frac{s_I}{v_I} \approx \frac{54\ \text{cm}}{4\frac{\text{cm}}{\text{s}}} = 13{,}5\ \text{s}$$

$$t_{II} = \frac{s_{II}}{v_{II}} = \frac{40\ \text{cm}}{2\frac{\text{cm}}{\text{s}}} = 20\ \text{s}$$

$$t_{III} = \frac{s_{III}}{v_{III}} = \frac{120\ \text{cm}}{4\frac{\text{cm}}{\text{s}}} = 30\ \text{s}$$

Obliczymy czas ruchu robota od chwili $t = 0$ do końca trzeciego etapu ruchu:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \approx 63{,}5\ \text{s}$$

Zadanie 1.3. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia czasu pracy robota oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką ($2{,}1\ \text{h}$ lub $126\ \text{min}$ lub $7560\ \text{s}$).

1 pkt – poprawna metoda wyznaczenia czasu pracy robota, tzn. skorzystanie ze związku między mocą a pracą i czasem i poprawne podstawienie danych do wzoru.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Skorzystamy ze związku między mocą a pracą i czasem:

$$P = \frac{W}{t} \qquad \rightarrow \qquad t = \frac{W}{P}$$

Zatem:

$$t = \frac{42\ \text{Wh}}{20\ \text{W}} = 2{,}1\ \text{h}$$

Zadanie 2. (0–3)

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku $\frac{s_1}{s_2}$ oraz prawidłowy wynik liczbowy.

2 pkt – zapisanie lub wyprowadzenie wyrażeń (lub wyrażeń równoważnych)

$s_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} \qquad s_2 = \frac{v_2^2}{2a_2}$

oraz wykazanie na podstawie drugiej zasady dynamiki, że:

$a_1 = a_2$

1 pkt – zapisanie lub wyprowadzenie z kinematycznych równań ruchu związku między drogą a przyśpieszeniem i prędkością początkową

LUB

– wykazanie na podstawie drugiej zasady dynamiki, że wartości przyśpieszeń są stałe i są sobie równe w obu sytuacjach, gdy samochód hamuje (np. wystarczy wykazać, że przyśpieszenie podczas hamowania samochodu nie zależy od prędkości początkowej).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku $\frac{s_1}{s_2}$ oraz prawidłowy wynik liczbowy.

2 pkt – skorzystanie z twierdzenia o zmianie energii kinetycznej i pracy, zastosowanie wzoru na energię kinetyczną oraz wzoru na pracę oraz wykorzystanie warunków zadania i uzyskanie wzorów (lub wzorów równoważnych) dla obu przypadków hamowania:

$\frac{1}{2}mv_1^2 = T_s \cdot s_1 \qquad oraz \qquad \frac{1}{2}mv_2^2 = T_s \cdot s_2$

1 pkt – skorzystanie z twierdzenia o zmianie energii kinetycznej i pracy (wystarczy zapis $E_{kin} = W_T$)

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania

Sposób 1.

Zapiszemy równania drugiej zasady dynamiki dla hamującego samochodu. Zgodnie z modelem zadania, na hamujący samochód w kierunku poziomym w obu przypadkach działa siła tarcia statycznego, która jest maksymalna. Zatem:

$$ma = T_s \qquad \rightarrow \qquad ma = \mu_s mg \qquad \rightarrow \qquad a = \mu_s g$$

Z powyższego wynika, że wartość przyśpieszenia z jakim hamuje samochód jest stała i zależy tylko od współczynnika tarcia statycznego i przyśpieszenia ziemskiego. W związku z tym, za każdym razem, gdy samochód hamuje na tym samym podłożu, to porusza się ruchem jednostajnie opóźnionym z takim samym przyśpieszeniem. Zatem:

$$a_1 = a_2$$

Z równań ruchu jednostajnie opóźnionego do zatrzymania wyprowadzimy związek między drogą a prędkością początkową i przyśpieszeniem:

$$0 = v - at \quad \text{i} \quad s = \frac{1}{2}at^2 \quad \rightarrow \quad s = \frac{v^2}{2a}$$

Z powyższego wynika, że:

$$s_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} \qquad s_2 = \frac{v_2^2}{2a_2} \qquad \rightarrow \qquad \frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \cdot \frac{a_2}{a_1}$$

Ponieważ $a_1 = a_2$, to:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \qquad \rightarrow \qquad \frac{s_1}{s_2} = \frac{\left(70\ \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{\left(50\ \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2} = 1{,}96$$

Sposób 2.

Skorzystamy z twierdzenia o pracy i zmianie energii kinetycznej. W tym przypadku oznacza to, że zmiana energii kinetycznej samochodu jest równa pracy siły tarcia statycznego

$$E_{kin\,k} - E_{kin\,p} = W_{T_s} \qquad \rightarrow \qquad \frac{1}{2}mv^2 = T_s \cdot s$$

Z warunków zadania wynika, że siła tarcia statycznego działająca na samochód w obu przypadkach jest taka sama, zatem:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = T_s \cdot s_1 \qquad \text{oraz} \qquad \frac{1}{2}mv_2^2 = T_s \cdot s_2$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{s_1}{s_2} \qquad \rightarrow \qquad \frac{s_1}{s_2} = \frac{\left(70\ \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{\left(50\ \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2} = 1{,}96$$

Zadanie 3.1. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda wykazania, że współczynnik liczbowy C jest bezwymiarowy.

1 pkt – zapisanie jednostki współczynnika C jako $\frac{\text{N}\cdot\text{s}^2}{\text{kg}\cdot\text{m}}$ lub równoważnie.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Ze wzoru na siłę oporu wyznaczymy współczynnik C, następnie określimy jego wymiar:

$$F_o = \frac{1}{2}CS\rho v^2 \quad \rightarrow \quad C = \frac{2F_o}{S\rho v^2} \quad \rightarrow \quad [C] = \frac{[F_o]}{[S]\cdot[\rho]\cdot[v]^2}$$

Zatem:

$$[C] = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2 \cdot \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{s}^2}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \mathrm{s}^2}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}} = 1$$

Zadanie 3.2. (0–1)

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

AE

Zadanie 3.3. (0–3)

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku $\frac{v_{2g}}{v_{1g}}$ oraz prawidłowy wynik liczbowy.

2 pkt – zapisanie warunku równowagi sił działających na każdą z kul z uwzględnieniem wzorów na siłę oporu i siłę grawitacji oraz z uwzględnieniem zależności masy od promienia oraz zależności przekroju poprzecznego od promienia, np. zapisy

$m_1 g = \frac{1}{2} C S_1 \rho v_{1g}^2$ oraz $m_2 g = \frac{1}{2} C S_2 \rho v_{2g}^2$ oraz $m_i \propto R_i^3$ oraz $S_i \propto R_i^2$

LUB

– zapisanie warunku równowagi sił działających na każdą z kul z uwzględnieniem wzorów na siłę oporu i siłę grawitacji oraz doprowadzenie do jednego wyrażenia w postaci (lub w postaci równoważnej):

$$\frac{v_{2g}}{v_{1g}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{S_1}{S_2}}$$

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił działających na każdą z kul: siły ciężkości i siły oporu powietrza, np. zapisy:

$F_{op1} = Q_1$ oraz $F_{op2} = Q_2$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Gdy kula opada ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością graniczną, to siła oporu powietrza działająca na kulę równoważy siłę ciężkości działającą na tę kulę. Zapiszemy równania Pierwszej zasady dynamiki dla obu kul:

$$F_{op1} = Q_1 \qquad \text{oraz} \qquad F_{op2} = Q_2$$

Uwzględnimy wzory na siłę ciężkości oraz siłę oporu:

$$m_1 g = \frac{1}{2} C S_1 \rho v_{1g}^2 \quad \text{oraz} \quad m_2 g = \frac{1}{2} C S_2 \rho v_{2g}^2$$

Obliczymy stosunek prędkości granicznych, podzielimy przez siebie lewe i prawe strony obu równań:

$$\frac{m_2 g}{m_1 g} = \frac{\frac{1}{2} C S_2 \rho v_{2g}^2}{\frac{1}{2} C S_1 \rho v_{1g}^2} \quad \rightarrow \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{S_2 v_{2g}^2}{S_1 v_{1g}^2} \quad \rightarrow \quad \frac{v_{2g}^2}{v_{1g}^2} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{S_1}{S_2}$$

$$\frac{v_{2g}}{v_{1g}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{S_1}{S_2}}$$

Uwzględnimy zależności masy i przekroju od promienia (masa o stałej gęstości zależy od promienia tak jak zależy objętość od promienia):

$$\frac{v_{2g}}{v_{1g}} = \sqrt{\frac{R_2^3}{R_1^3} \cdot \frac{R_1^2}{R_2^2}} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad \rightarrow \quad \frac{v_{2g}}{v_{1g}} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$$

Zadanie 4. (0–4)

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda wykazania związku miedzy wartościami sił działających wzdłuż pręta oraz prawidłowy wynik.

3 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach z uwzględnieniem wyrażeń na siły tarcia, poprawne użycie funkcji trygonometrycznych do wyrażenia składowych sił działających wzdłuż pręta i doprowadzenie do jednego równania, z którego można bezpośrednio otrzymać żądany związek między wartościami sił, np. zapisy:
$F_1 \cos\alpha = \mu(Q + F_1 \sin\alpha)$ oraz $F_2 \cos\alpha = \mu(Q - F_2 \sin\alpha)$ oraz
$F_1 \cos\alpha - F_2 \cos\alpha = \mu F_1 \sin\alpha + \mu F_2 \sin\alpha$

2 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach z uwzględnieniem wyrażeń na siły tarcia, np. zapisy:
$F_{1\parallel} = \mu(Q + F_{1\perp})$ oraz $F_{2\parallel} = \mu(Q - F_{2\perp})$

1 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach w postaci bez wyprowadzonych wyrażeń na siły tarcia, np. zapisy:
$F_{1\parallel} = T_1$ oraz $F_{2\parallel} = T_2$
LUB
– poprawne zapisanie warunku równowagi sił w jednym przypadku oraz zapisanie wyrażenia na siłę tarcia w tym przypadku, np. zapisy:
$F_{1\parallel} = T_1$ oraz $T_1 = \mu(Q + F_{1\perp})$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy warunek równowagi sił, gdy skrzynia jest pchana siłą $\vec{F}_1$ i porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Warunek równowagi zapiszemy dla poziomych składowych sił. Siłę $\vec{F}_1$ rozłożymy na składową pionową (prostopadłą do podłoża) $\vec{F}_{1\perp}$ oraz składową pozioma $\vec{F}_{1\parallel}$ (równoległą do podłoża). Siłę tarcia oznaczymy jako $\vec{T}$, a ciężar skrzyni jako $\vec{Q}$. Zatem:

$$1)\ F_{1\parallel} = T_1 \quad \rightarrow \quad 2)\ F_{1\parallel} = \mu(Q + F_{1\perp}) \quad \rightarrow \quad 3)\ F_1\cos\alpha = \mu(Q + F_1\sin\alpha)$$

Zapiszemy analogiczny warunek równowagi sił, gdy skrzynia jest ciągnięta siłą $\vec{F}_2$ i porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

$$4)\ F_{2\parallel} = T_2 \quad \rightarrow \quad 5)\ F_{2\parallel} = \mu(Q - F_{2\perp}) \quad \rightarrow \quad 6)\ F_2\cos\alpha = \mu(Q - F_2\sin\alpha)$$

Równania 3) i 6) odejmiemy od siebie stronami

$$3) - 6) \quad \rightarrow \quad 7)\ F_1\cos\alpha - F_2\cos\alpha = \mu F_1\sin\alpha + \mu F_2\sin\alpha$$

Dla $\alpha = 45°$ mamy $\sin\alpha = \cos\alpha$, zatem równanie 7) przekształca się do postaci:

$$8)\ F_1 - F_2 = \mu F_1 + \mu F_2 \quad \rightarrow \quad 9) \quad F_1 = \frac{(1+\mu)}{(1-\mu)}F_2$$

Dla $\mu = 0{,}5$ otrzymujemy

$$10)\ F_1 = \frac{(1+0{,}5)}{(1-0{,}5)}F_2 = 3F_2$$

Zadanie 5.1. (0–4)

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia liczby obiegów satelity Sat2 po orbicie kołowej w czasie 26 pełnych dób oraz prawidłowy wynik liczbowy.

3 pkt – poprawna metoda obliczenia okresu obiegu satelity Sat2 po orbicie dookoła Ziemi (np. jak w krokach 1.–3. przykładowych rozwiązań) oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką

LUB

– wyprowadzenie lub zapisanie jednego poprawnego wyrażenia (do którego zdający bezpośrednio podstawia wartości liczbowe albo na którym kończy rozwiązanie), z którego można bezpośrednio obliczyć okres obiegu satelity Sat2 po orbicie dookoła Ziemi jedynie na podstawie odpowiednich stałych, masy Ziemi oraz promienia orbity (np. zapisanie wyrażenia na T jak w kroku 2. w sposobie 1. albo sposobie 2.) oraz poprawna metoda obliczenia liczby pełnych obiegów satelity po orbicie na podstawie okresu (np. zapisanie wyrażenia $\frac{t}{T}$).

2 pkt – wyprowadzenie lub zapisanie jednego poprawnego wyrażenia (do którego zdający bezpośrednio podstawia wartości liczbowe albo na którym kończy rozwiązanie), z którego można bezpośrednio obliczyć okres obiegu satelity Sat2 po orbicie dookoła Ziemi jedynie na podstawie odpowiednich stałych, masy Ziemi oraz promienia orbity (np. zapisanie wyrażenia na T jak w kroku 2. w sposobie 1. albo sposobie 2.).

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji działającą na satelitę jako siłę dośrodkową (lub relacji identyfikującej przyśpieszenie dośrodkowe jako przyśpieszenie grawitacyjne) oraz uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyśpieszenia) (np. jak w kroku 1. w sposobie 1.)

LUB

– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną łącznie z zastosowaniem wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu dla tej orbity (np. jak w kroku 1. w sposobie 2.).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Krok 1. Wyznaczymy związek między okresem T obiegu satelity Sat2 po orbicie kołowej a masą M_Z Ziemi i promieniem r orbity satelity. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę grawitacji działającą na satelitę jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m\frac{v_{or}^2}{r} = \frac{GmM_Z}{r^2}$$

Krok 2. Do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu: $v = \frac{2\pi r}{T}$ i jednocześnie obie strony równania podzielimy przez masę satelity. Następnie równanie przekształcimy i wyznaczymy okres T:

$$\frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{GM_Z}{r^2} \quad \rightarrow \quad \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{GM_Z}{r^2} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_Z}}$$

Krok 3. Do otrzymanego wyrażenia podstawiamy dane z treści zadania oraz z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki:*

$$T = 2 \cdot 3{,}142\sqrt{\frac{\left((6{,}370 + 0{,}575)\cdot 10^6\ \mathrm{m}\right)^3}{6{,}67\cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}97\cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}} \approx 57{,}64\cdot 10^2\ \mathrm{s} = 5764\ \mathrm{s}$$

Krok 3. Obliczymy liczbę obiegów satelity po orbicie kołowej w czasie $t = 26$ pełnych dób.

$$\frac{t}{T} \approx \frac{26\cdot 24\cdot 3600\ \mathrm{s}}{5764\ \mathrm{s}} \approx 389{,}7$$

$n \approx 390$ razy

Sposób 2. (z wykorzystaniem wzoru na prędkość orbitalną)

Krok 1. Wyznaczymy związek między okresem T obiegu satelity Sat2 po orbicie kołowej a masą M_Z Ziemi i promieniem r orbity satelity. Skorzystamy z gotowego wzoru na prędkość ciała w ruchu po orbicie kołowej o promieniu r oraz zastosujemy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu.

$$v_{or} = \sqrt{\frac{GM_Z}{r}} \quad \text{oraz} \quad v_{or} = \frac{2\pi r}{T}$$

Krok 2. Z powyższych równań wyznaczymy T:

$$\frac{2\pi r}{T} = \sqrt{\frac{GM_Z}{r}} \quad \rightarrow \quad \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM_Z}{r} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_Z}}$$

Krok 3.–4. Dalsze obliczenia prowadzimy podobnie jak w sposobie 1.

Zadanie 5.2. (0–1)

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

B

Zadanie 5.3. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia liczby cząsteczek gazu oraz prawidłowy wynik liczbowy.
1 pkt – zapisanie równania Clapeyrona (w wersji z liczbą moli lub z liczbą cząsteczek) oraz poprawne podstawienie danych do równania.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

$$pV = NkT$$

$$0{,}1\ \text{Pa} \cdot 1\ \text{m}^3 = N \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 200\ \text{K}$$

$$N \approx 0{,}00036 \cdot 10^{23} \approx 3{,}6 \cdot 10^{19}$$

Zadanie 6.1. (0–3)

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych oraz poprawne obliczenie współczynnika A (z zakresu od $0{,}10\ \text{s/g}$ do $0{,}12\ \text{s/g}$) oraz poprawne wyznaczenie współczynnika B (z zakresu od $10\ \text{s}$ do $12\ \text{s}$) oraz zapisanie poprawnej wartości obu współczynników wraz z jednostkami.
2 pkt – poprawne narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych oraz poprawne obliczenie współczynnika A (wraz z jednostką), tzn. obliczenie ilorazu przyrostów wartości i przyrostu argumentów funkcji, której wykresem jest prosta (albo rozwiązaniu układu równań)
LUB
– poprawne narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych oraz poprawne wyznaczenie współczynnika B (wraz z jednostką).
1 pkt – poprawne narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych (prosta musi przecinać słupki błędów co najmniej czterech punktów pomiarowych).
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Współczynnik A obliczymy na podstawie dwóch wybranych punktów, które leżą na prostej. Wybierzemy dwa punkty, np. $P_1 = (140\ \text{g}, 26\ \text{s})$, $P_2 = (440\ \text{g}, 58\ \text{s})$.

Sposób 1.

$$A = \frac{58\ \text{s} - 26\ \text{s}}{440\ \text{g} - 140\ \text{g}} = 0{,}10666\ldots\ \frac{\text{s}}{\text{g}} \approx 0{,}11\ \frac{\text{s}}{\text{g}}$$

Współczynnik B jest równy wartości drugiej współrzędnej punktu przecięcia prostej z osią rzędnych. Odczytamy tę wartość z wykresu:

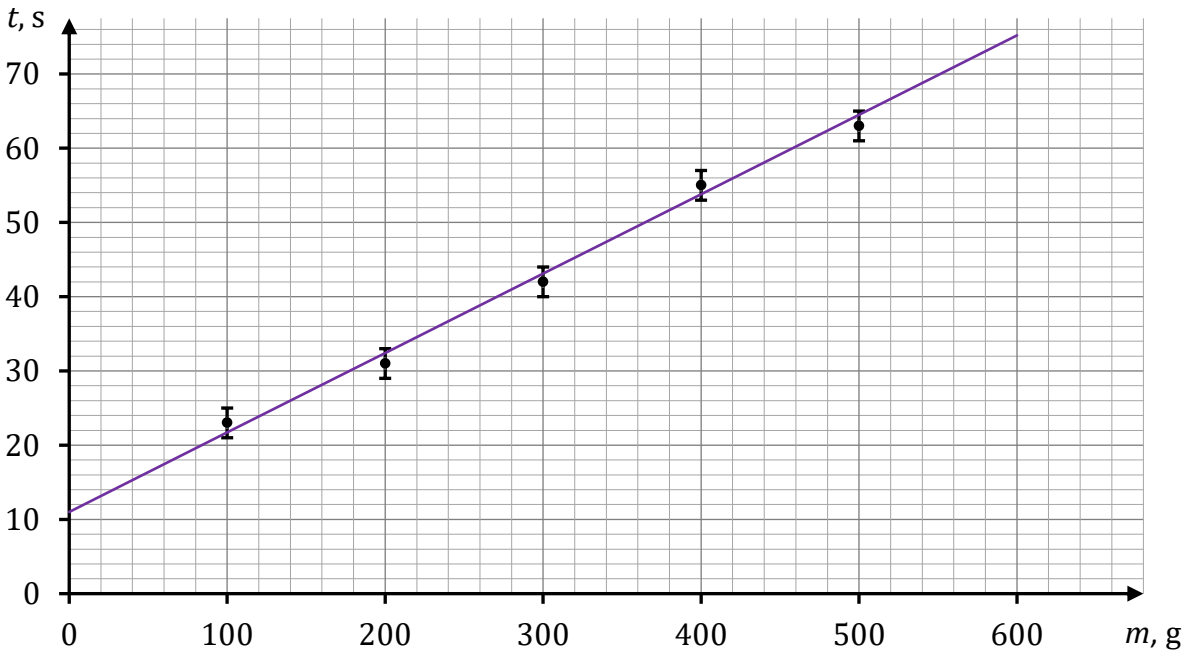
$$B \approx 11\ \mathrm{s}$$

Sposób 2.

Współrzędne punktów P_1 i P_2 podstawimy do równania prostej: $t = Am + B$. Przy wykonywaniu obliczeń pominiemy jednostki.

$$\begin{cases} 26 = A \cdot 140 + B \\ 58 = A \cdot 440 + B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 26 = A \cdot 140 + 58 - A \cdot 440 \\ B = 58 - A \cdot 440 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A = \dfrac{58 - 26}{440 - 140} \approx 0{,}107 \\ B \approx 58 - 0{,}107 \cdot 440 \approx 10{,}92 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A \approx 0{,}107\ \dfrac{\mathrm{s}}{\mathrm{g}} \approx 0{,}11\ \dfrac{\mathrm{s}}{\mathrm{g}} \\ B \approx 11\ \mathrm{s} \end{cases}$$



Zadanie 6.2. (0–4)

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ciepła właściwego wody oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia związku pomiędzy współczynnikiem A, ciepłem właściwym wody, przyrostem temperatury wody i mocą grzałki oraz prawidłowa postać tej zależności (np. jak w równaniach 1)–4)).

2 pkt – zapisanie, że ciepło wydzielane na grzałce jest równe sumie ciepła, jakie pobrała woda oraz ciepła, które pobrało naczynie oraz wykorzystanie związków między mocą grzałki a ciepłem wydzielanym na grzałce i czasem oraz między ciepłami pobranymi przez wodę i naczynie a przyrostem temperatury i ciepłami właściwymi wody i naczynia (np. zapisanie równania 2)).

1 pkt – zapisanie, że ciepło wydzielane na grzałce jest równe sumie ciepła, jakie pobrała woda oraz ciepła, które pobrało naczynie (np. zapisanie równania 1)).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy bilans energii. Przyjmiemy, że ciepło, które wydziela się na grzałce, jest wykorzystane w całości do podgrzania wody i naczynia:

$$1) \quad Q_g = Q_{wody} + Q_{naczynia}$$

Wykorzystamy związek miedzy ciepłem pobranym a ciepłem właściwym, masą i przyrostem temperatury oraz związek miedzy mocą a wydzielaną energią i czasem:

$$2) \quad P_g t = mc_w\Delta T + Mc_n\Delta T$$

Otrzymaną zależność przekształcimy do postaci $t(m) = Am + B$ i zidentyfikujemy współczynniki A i B:

$$3) \quad t = \frac{c_w\Delta T}{P_g}m + \frac{Mc_n\Delta T}{P_g} = Am + B$$

Współczynniki A i B wyrazimy poprzez wielkości fizyczne:

$$4) \quad A = \frac{c_w\Delta T}{P_g} \qquad B = \frac{Mc_n\Delta T}{P_g}$$

Ciepło właściwe wody obliczymy na podstawie współczynnika A i warunków doświadczenia:

$$5) \quad c_w = \frac{AP_g}{\Delta T}$$

$$6) \quad c_w = \frac{107\ \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{kg}} \cdot 800\ \mathrm{W}}{20\ \mathrm{K}} = 4280\ \frac{\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{kg}} \cdot \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{K}} = 4280\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}$$

Zadanie 6.3. (0–1)

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe odpowiedzi

Współczynnik B oznacza czas, jaki byłby potrzebny do podgrzania pustego naczynia (tzn. naczynia bez wody) o $\Delta T = 20\ \mathrm{K}$.

Zadanie 7.1. (0–2)

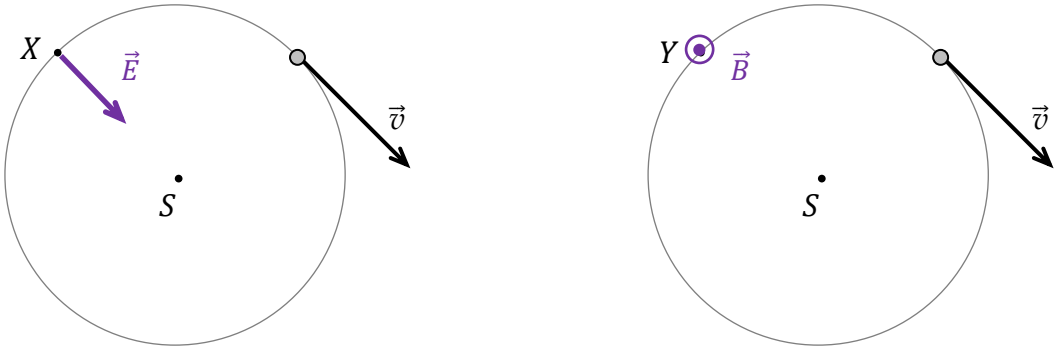
Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie wektora $\vec{E}$ natężenia pola elektrycznego w punkcie X oraz poprawne narysowanie wektora $\vec{B}$ indukcji magnetycznej w punkcie Y.

1 pkt – poprawne narysowanie wektora $\vec{E}$ natężenia pola elektrycznego w punkcie X
LUB
– poprawne narysowanie wektora $\vec{B}$ indukcji magnetycznej w punkcie Y.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 7.2. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia w obu zdaniach.

1 pkt – poprawne zaznaczenie w jednym zdaniu.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

BG

Zadanie 7.3. (0–3)

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia okresu oraz prawidłowa postać wzoru.

2 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły oraz zapisanie związku między prędkością liniową lub kątową (w zależności od postaci wzoru na siłę dośrodkową) w ruchu po okręgu a okresem, np. zapisy

$\frac{mv^2}{r} = qvB$ oraz $v = \frac{2\pi r}{T}$

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową oraz uwzględnienie wzoru na siłę dośrodkową albo wzoru siłę Lorenza, np. zapis

$F_{do} = qvB$ albo $\frac{mv^2}{r} = F_L$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Rolę siły dośrodkowej działającej na cząstkę pełni siła Lorenza:

$$F_{do} = F_L$$

Wykorzystamy wzory na siłę dośrodkową, siłę Lorenza oraz wykorzystamy związek między prędkością liniową i kątową:

$$m\omega^2 r = qvB \qquad \text{oraz} \qquad v = \omega r$$

$$m\omega = qB$$

Wykorzystamy związek między prędkością kątową a okresem:

$$m\frac{2\pi}{T} = qB \qquad \rightarrow \qquad T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Zadanie 8.1. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech zdaniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

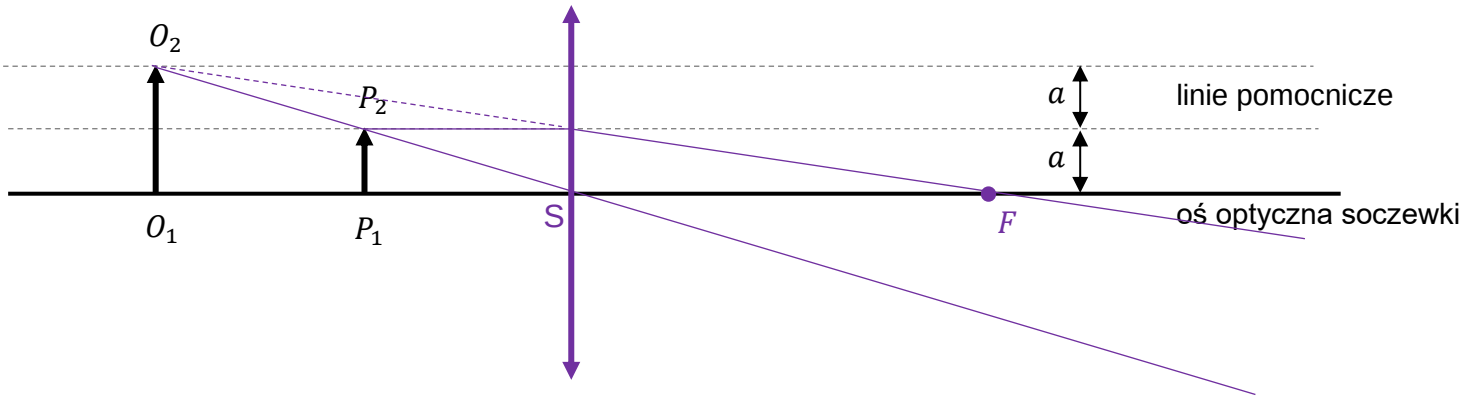
1. **P** 2. **F** 3. **F**

Zadanie 8.2. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia jednego z jej ognisk.
1 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S
LUB
– poprawne oznaczenie położenia soczewki S bez konstrukcji oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia jednego ogniska.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie



Zadanie 8.3. (0–4)

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku $\frac{|O_1'O_2'|}{|P_1P_2|}$ oraz prawidłowy wynik liczbowy.

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia położenia obrazu po przesunięciu przedmiotu, tzn. skorzystanie z równania soczewki z wyznaczoną ogniskową oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką

LUB

– poprawna metoda wyznaczenia położenia obrazu po przesunięciu przedmiotu, tzn. przyrównanie do siebie prawych stron równań soczewki dla położenia początkowego przedmiotu i po przesunięciu przedmiotu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawne zapisanie równania soczewki (dla początkowego położenia przedmiotu) z uwzględnieniem odpowiednich znaków oraz związku $y = 2x$ i wyznaczenie ogniskowej tej soczewki, np. zapisy:

$\frac{1}{x} - \frac{1}{2x} = \frac{1}{f}$ $\quad f = 2x = 10\ \text{cm}$

LUB

– poprawne zapisanie dwóch równań soczewki dla początkowego i końcowego położenia przedmiotu, przyrównanie do siebie prawych stron równań oraz uwzględnienie związku $y = 2x$, np. zapis

$\frac{1}{x} - \frac{1}{2x} = \frac{1}{x'} - \frac{1}{y'}$

1 pkt – zapisanie związku $\frac{x}{y} = \frac{1}{2}$

LUB

– zapisanie związku pomiędzy położeniami początkowymi końcowymi przedmiotu oraz obrazu, np. zapis

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Początkowe położenia przedmiotu i obrazu oznaczymy jako x oraz y, a położenia przedmiotu i obrazu po oddaleniu przedmiotu oznaczymy jako x' oraz y'. Z własności konstrukcji obrazu wynika, że:

$$\frac{|P_1P_2|}{|O_1O_2|} = \frac{x}{y} \quad \rightarrow \quad \frac{x}{y} = \frac{1{,}5\ \text{cm}}{3\ \text{cm}} = \frac{1}{2} \quad \rightarrow \quad y = 2x = 10\ \text{cm}$$

Zapiszemy równanie soczewki dla początkowego położenia przedmiotu i wyznaczymy jej ogniskową:

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{5\ \text{cm}} - \frac{1}{10\ \text{cm}} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad f = 10\ \text{cm}$$

Zapiszemy równanie tej samej soczewki dla przedmiotu po przesunięciu i wyznaczymy położenie nowego obrazu:

$$\frac{1}{x'} - \frac{1}{y'} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{8\ \text{cm}} - \frac{1}{y'} = \frac{1}{10\ \text{cm}}$$

$$\frac{1}{y'} = \frac{1}{8\ \text{cm}} - \frac{1}{10\ \text{cm}} = \frac{5}{40\ \text{cm}} - \frac{4}{40\ \text{cm}} = \frac{1}{40\ \text{cm}} \qquad \rightarrow \qquad y' = 40\ \text{cm}$$

Obliczymy stosunek wysokości obrazu po przesunięciu przedmiotu i tego przedmiotu.
Z własności konstrukcji obrazu wynika, że:

$$\frac{|O_1'O_2'|}{|P_1P_2|} = \frac{y'}{x'} \qquad \rightarrow \qquad \frac{|O_1'O_2'|}{|P_1P_2|} = \frac{40\ \text{cm}}{8\ \text{cm}} = 5$$

Zadanie 9. (0–4)

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości siły nacisku i podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

3 pkt – zapisanie, że wartość F_n siły nacisku krążka na brzegi probówki jest równa różnicy sił parcia powietrza działających na krążek od zewnętrznej i wewnętrznej strony probówki oraz uwzględnienie wzoru na siłę parcia oraz skorzystanie z własności przemiany izochorycznej i równania Clapeyrona do wyznaczenia ciśnienia wewnątrz probówki po ochłodzeniu się powietrza (np. zapisanie równań 2) i 4) lub 2) i 5) albo równoważnych) i doprowadzenie do wyrażenia (zapisanego symbolami albo wartościami liczbowymi wielkości fizycznych), z którego można bezpośrednio obliczyć wartość siły nacisku (np. jak w równaniu 7) albo 8)).

2 pkt – zapisanie, że wartość F_n siły nacisku krążka na brzegi probówki jest równa różnicy sił parcia powietrza działających na krążek od zewnętrznej i wewnętrznej strony probówki oraz uwzględnienie wzoru na siłę parcia (np. jak równanie 2) lub równoważne)
LUB
– zapisanie, że wartość F_n siły nacisku krążka na brzegi probówki jest równa różnicy sił parcia powietrza działających na krążek od zewnętrznej i wewnętrznej strony probówki oraz skorzystanie z własności przemiany izochorycznej i równania Clapeyrona do wyznaczenia ciśnienia wewnątrz probówki po ochłodzeniu się powietrza (np. zapisanie równań 1) i 4) lub 1) i 5) albo równoważnych).

1 pkt – zapisanie, że wartość F_n siły nacisku krążka na brzegi probówki jest równa różnicy sił parcia powietrza działających na krążek od zewnętrznej i wewnętrznej strony probówki (np. jak równanie 1) lub równoważne)
LUB
– skorzystanie z własności przemiany izochorycznej i równania Clapeyrona do wyznaczenia ciśnienia wewnątrz probówki po ochłodzeniu się powietrza (np. jak równanie 4) albo 5) lub równoważne).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Wartość F_n siły nacisku krążka na brzegi probówki jest równa różnicy sił parcia powietrza działających na krążek od zewnętrznej i wewnętrznej strony probówki:

$$1)\ F_n = F_{zew} - F_{wew}$$

Wykorzystamy związek między siłą parcia a ciśnieniem i powierzchnią, na jaką działa siła parcia. Ciśnienie w zamkniętej probówce, gdy temperatura spadła do T_2 oznaczymy jako p_{wew2}. Zatem:

$$2)\ F_n = p_{zew}S - p_{wew2}S = (p_{zew} - p_{wew2})S$$

Wyznaczymy p_{wew2}. Od momentu, gdy probówka zostaje zamknięta i wyjęta z wody, gaz wewnątrz probówki ulega przemianie izochorycznej:

$$3)\ p_{wew1}, T_1 \xrightarrow{V=\text{const}} p_{wew2}, T_2$$

Z własności przemiany izochorycznej mamy:

$$4)\ \frac{p_{wew1}}{T_1} = \frac{p_{wew2}}{T_2} \quad \rightarrow \quad 5)\ p_{wew2} = \frac{T_2}{T_1}p_{wew1} \quad \text{gdzie} \quad p_{wew1} = p_{zew}$$

$$6)\ p_{wew2} = \frac{T_2}{T_1}p_{zew} \qquad \left(p_{wew2} = \frac{293\ \text{K}}{323\ \text{K}} \cdot 1000\ \text{hPa} \approx 907\ \text{hPa}\right)$$

Wyznaczone p_{wew2} (lub obliczone) podstawimy do wzoru na siłę nacisku, następnie wykonamy obliczenia:

$$7)\ F_n = (p_{zew} - p_{wew2})S = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)p_{zew}S$$

$$8)\ F_n = \left(1 - \frac{293\ \text{K}}{323\ \text{K}}\right) \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2 \approx 1{,}4\ \text{N}$$

Zadanie 10.1. (0–1)

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. **F** 2. **P**

Zadanie 10.2. (0–2)

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych oraz poprawne zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (azot).
1 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych *LUB*
– zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (azot).
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

Zapiszemy równanie reakcji

$${}^{14}_{6}\text{C} \rightarrow {}^{14}_{7}\text{X} + {}^{0}_{-1}\beta$$

Zidentyfikujemy jądro X (z układu okresowego pierwiastków chemicznych):

$${}^{14}_{7}\text{X} = {}^{14}_{7}\text{N}$$

Nazwa jądra oznaczonego jako X: np. azot ${}^{14}_{7}\text{N}$ lub azot.

Zadanie 10.3. (0–3)

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii wiązania jądra węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$ oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (podany w dżulach lub elektronowoltach).

2 pkt – poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra węgla a deficytem masy jądra węgla, zapisanie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra węgla oraz poprawne podstawienie wszystkich danych do tego związku.

1 pkt – zidentyfikowanie energii potrzebnej do rozbicia jądra węgla jako energii wiązania jądra węgla
LUB
– zapisanie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra węgla.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Energia E, jaką należy dostarczyć do jądra węgla, aby rozbić je na poszczególne nukleony, jest równa energii wiązania jądra węgla. Wykorzystamy związek pomiędzy energią wiązania a deficytem masy jądra węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$:

$$E = E_w = \Delta m c^2$$

Jądro węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$ ma sześć protonów i sześć neutronów, zatem:

$$E_w = \left(6m_p + 6m_n - m_C\right)c^2$$

Podstawiamy odpowiednie wartości i wykonujemy obliczenia:

$$E_w = (6 \cdot 1{,}0072765\ \mathrm{u} + 6 \cdot 1{,}0086649\ \mathrm{u} - 11{,}9967084\ \mathrm{u}) \cdot c^2$$

$$E_w = 0{,}09894\ \mathrm{u} \cdot c^2 = 0{,}09894 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV}$$

$$E_w \approx 92{,}2\ \mathrm{MeV} \approx 1{,}48 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J}$$