

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

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

### Zadanie 1.1. (0–2)

#### Zasady oceniania

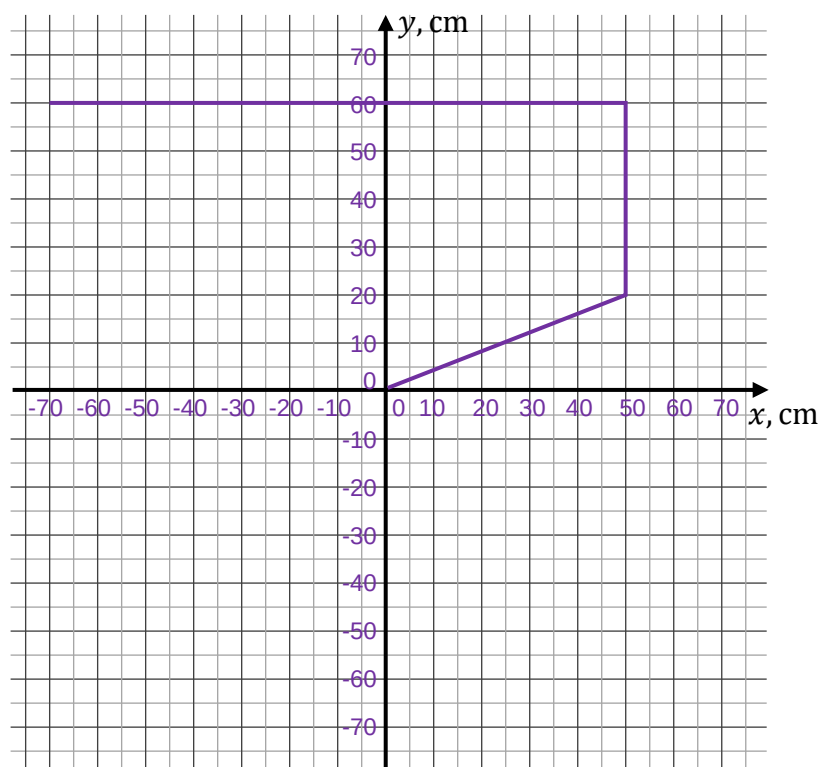
- 2 pkt – poprawne wyskalowanie osi oraz poprawne narysowanie przemieszczeń w trzech etapach (tzn. zgodnie z wektorami przemieszczeń i położeniem początkowym).
- 1 pkt – poprawne wyskalowanie osi oraz narysowanie przemieszczenia w jednym z etapów, zgodnego z wektorem przemieszczenia (tzn. niezależnie 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 h lub 126 min lub 7560 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:

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

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)

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

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 przyspieszeniem i prędkością początkową

LUB

– wykazanie na podstawie drugiej zasady dynamiki, że wartości przyspieszeń są stałe i są sobie równe w obu sytuacjach, gdy samochód hamuje (np. wystarczy wykazać, że przyspieszenie 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:

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

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.

Zapiśmy 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:

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

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

$$a_1 = a_2$$

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

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

Z powyższego wynika, że:

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

Ponieważ  $a_1 = a_2$ , to:

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

### 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

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

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

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

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

### **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 wyznaczmy 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:

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

### 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

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

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:

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

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:

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

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 między wartościami sił działających wzdłuż pręta oraz prawidłowy wynik.
- 3 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach z uwzględnieniem wyrażen 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:
- $$F_1 \cos \alpha = \mu(Q + F_1 \sin \alpha) \quad \text{oraz} \quad F_2 \cos \alpha = \mu(Q - F_2 \sin \alpha) \quad \text{oraz}$$
- $$F_1 \cos \alpha - F_2 \cos \alpha = \mu F_1 \sin \alpha + \mu F_2 \sin \alpha$$
- 2 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach z uwzględnieniem wyrażen na siły tarcia, np. zapisy:
- $$F_{1\parallel} = \mu(Q + F_{1\perp}) \quad \text{oraz} \quad F_{2\parallel} = \mu(Q - F_{2\perp})$$
- 1 pkt – poprawne zapisanie warunków równowagi sił w obu przypadkach w postaci bez wyprowadzonych wyrażen na siły tarcia, np. zapisy:
- $$F_{1\parallel} = T_1 \quad \text{oraz} \quad F_{2\parallel} = T_2$$
- LUB
- poprawne zapisanie warunku równowagi sił w jednym przypadku oraz zapisanie wyrażenia na siłę tarcia w tym przypadku, np. zapisy:
- $$F_{1\parallel} = T_1 \quad \text{oraz} \quad T_1 = \mu(Q + F_{1\perp})$$
- 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 poziomą  $\vec{F}_{1\parallel}$  (równoległą do podłoża). Siłę tarcia oznaczmy 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  $\alpha = 45^\circ$  mamy  $\sin \alpha = \cos \alpha$ , zatem równanie 7) przekształca się do postaci:

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

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 przyspieszenie dośrodkowe jako przyspieszenie grawitacyjne) oraz uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyspieszenia) (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. Wyznamy 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 wyznaczmy 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*:

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

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

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

$$n \approx 390 \text{ razy}$$

Sposób 2. (z wykorzystaniem wzoru na prędkość orbitalną)

Krok 1. Wyznamy 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 wyznaczmy  $T$ :

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

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 s/g do 0,12 s/g) oraz poprawne wyznaczenie współczynnika  $B$  (z zakresu od 10 s do 12 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.

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

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

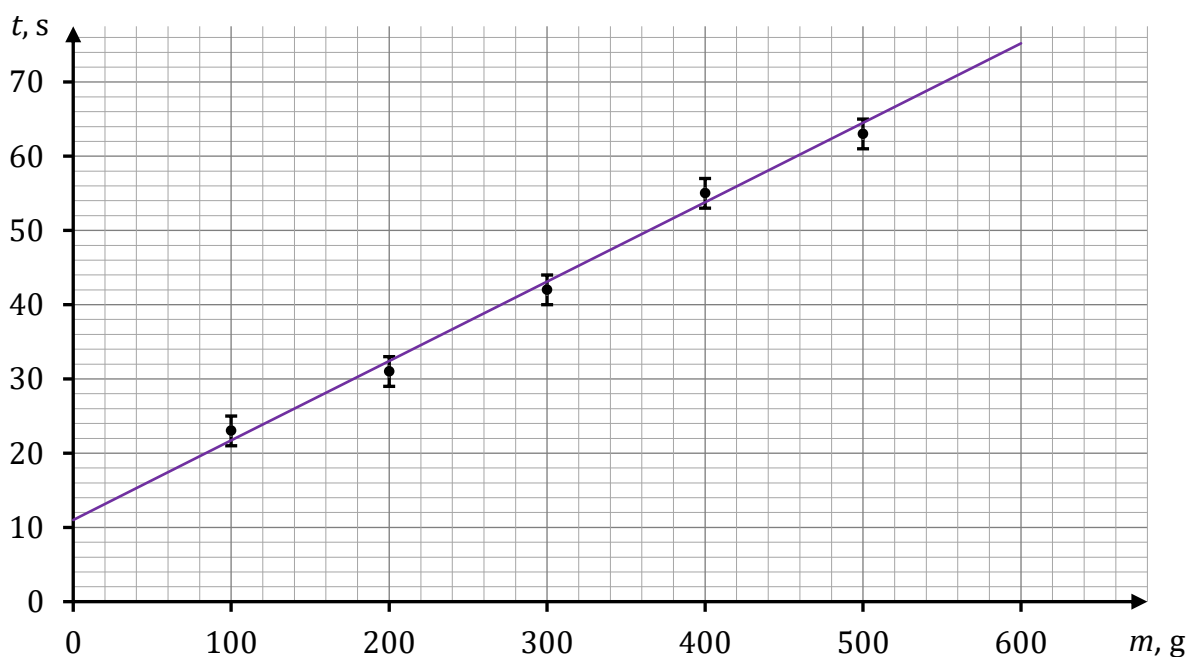
$$B \approx 11 \text{ s}$$

### Sposób 2.

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

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

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



### 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. Przyjmujemy, 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 między ciepłem pobranym a ciepłem właściwym, masą i przyrostem temperatury oraz związek między 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  $B$ :

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

Współczynniki  $A$  i  $B$  wyrazimy poprzez wielkości fizyczne:

$$4) \quad A = \frac{c_w \Delta T}{P_g} \quad B = \frac{M c_n \Delta T}{P_g}$$

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

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

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

### 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  $\Delta T = 20 \text{ K}$ .

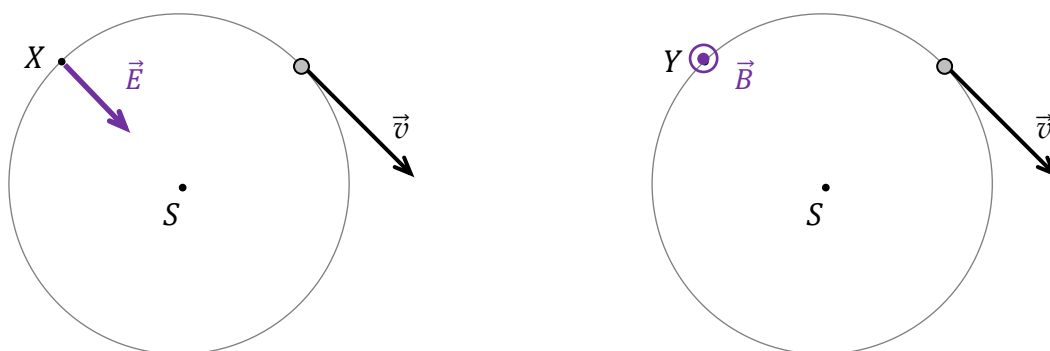
**Zadanie 7.1. (0–2)****Zasady oceniania**

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

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

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

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Rolę siły dośrodkowej działającej na cząstkę pełni siła Lorentza:

$$F_{do} = F_L$$

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

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

$$m\omega = qB$$

Wykorzystamy związek między prędkością kątową a okresem:

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

### 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

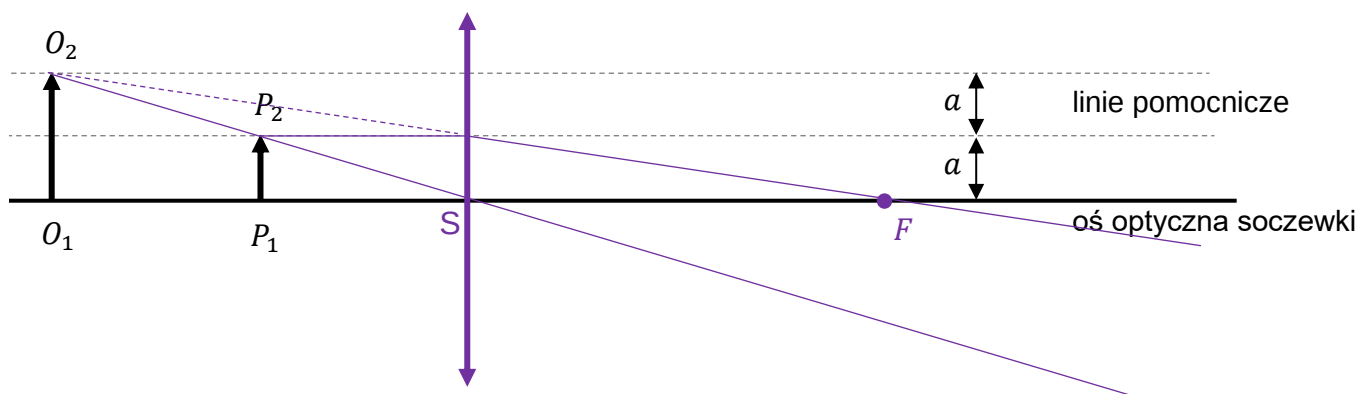
2 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia jednego z jej ognisk.

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 oznaczmy jako  $x$  oraz  $y$ , a położenia przedmiotu i obrazu po oddaleniu przedmiotu oznaczmy 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 wyznaczmy 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 wyznaczmy położenie nowego obrazu:

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

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

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

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

### 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  $T_2$  oznaczmy jako  $p_{wew2}$ . Zatem:

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

Wyznamy  $p_{wew2}$ . 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:

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

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

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).

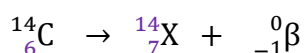
1 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych LUB

– zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (azot).

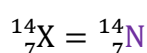
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Poprawne rozwiązanie

Zapiszemy równanie reakcji



Zidentyfikujemy jądro X (z układu okresowego pierwiastków chemicznych):



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  $^{12}_6\text{C}$  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  $^{12}_6\text{C}$ :

$$E = E_w = \Delta mc^2$$

Jądro węgla  $^{12}_6\text{C}$  ma sześć protonów i sześć neutronów, zatem:

$$E_w = (6m_p + 6m_n - m_c)c^2$$

Podstawiamy odpowiednie wartości i wykonujemy obliczenia:

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

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

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