

|                                   |                                                                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Rodzaj dokumentu:</i>          | <b>Zasady oceniania rozwiązań zadań</b>                                         |
| <i>Egzamin:</i>                   | <b>Egzamin maturalny<br/>Test diagnostyczny</b>                                 |
| <i>Przedmiot:</i>                 | <b>Fizyka</b>                                                                   |
| <i>Poziom:</i>                    | <b>Poziom rozszerzony</b>                                                       |
| <i>Formy arkusza:</i>             | EFAP-R0-100, EFAP-R0-200, EFAP-R0-300,<br>EFAP-R0-400, EFAP-R0-700, EFAP-R0-Q00 |
| <i>Termin egzaminu:</i>           | Marzec 2021 r.                                                                  |
| <i>Data publikacji dokumentu:</i> | 16 marca 2021 r.                                                                |

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

Gdy wymaganie dotyczy materiału gimnazjum, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu edukacyjnego, dopisano (P).

### Zadanie 1.1. (0–3)

| Wymagania egzaminacyjne 2021 <sup>1</sup>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;<br>1.11) [...] posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercyjnym;<br>12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...]. |

### Zasady oceniania

- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu przejazdu windy w pierwszym i trzecim etapie ruchu oraz poprawna metoda obliczenia siły nacisku w każdym etapie ruchu, prawidłowe wyniki liczbowe z jednostkami oraz narysowanie prawidłowego wykresu  $F(t)$ .
- 2 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu przejazdu windy w pierwszym i trzecim etapie ruchu oraz poprawna metoda obliczenia siły nacisku w każdym etapie ruchu oraz prawidłowe wyniki liczbowe z jednostkami  
**LUB**  
– poprawna metoda obliczenia czasu przejazdu windy w pierwszym i trzecim etapie ruchu oraz poprawna metoda obliczenia siły nacisku w każdym etapie ruchu, błędy rachunkowe w obliczeniach oraz zgodne z otrzymanymi wynikami narysowanie wykresu  $F(t)$ .
- 1 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu przejazdu windy w pierwszym i trzecim etapie (tzn. zastosowanie równań ruchu zmiennego) ruchu oraz prawidłowe wyniki z jednostkami  
**LUB**  
– poprawna metoda obliczenia siły nacisku w każdym etapie ruchu, tzn. poprawne zastosowanie zasad dynamiki w układzie inercyjnym (lub poprawne zastosowanie zasad dynamiki z uwzględnieniem „sił bezwładności” w układzie nieinercyjnym) oraz prawidłowe wyniki z jednostkami dla co najmniej dwóch etapów ruchu.
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

---

<sup>1</sup> Załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie szczególnych rozwiązań w okresie czasowego ograniczenia funkcjonowania jednostek systemu oświaty w związku z zapobieganiem, przeciwdziałaniem i zwalczaniem COVID-19 (Dz.U. poz. 493, z późn. zm.).

**Przykładowe rozwiązanie**

Obliczymy czas pierwszego i trzeciego etapu ruchu:

$$\Delta t_1 = \frac{|\Delta v_1|}{|a_1|} = \frac{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 22,5 \text{ s} \qquad \Delta t_3 = \frac{|\Delta v_3|}{|a_3|} = \frac{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 22,5 \text{ s}$$

Siła nacisku człowieka na podłogę windy w  $k$ -tym etapie ruchu jest równa co do wartości (zgodnie z III zasadą dynamiki) sile reakcji podłogi windy na człowieka:  $F_k = F_{rk}$  gdzie  $k \in \{1,2,3\}$ . Obliczenia wykonamy w układzie odniesienia związanym z Ziemią (przyjmujemy, że jest to układ inercjalny). W pierwszym etapie ruchu człowiek porusza się względem Ziemi z przyspieszeniem równym przyspieszeniu windy. Na człowieka działa siła reakcji podłogi windy oraz siła grawitacji. Zatem na mocy II zasady dynamiki mamy:

$$ma = F_{r1} - F_g \quad \rightarrow \quad F_{r1} = ma + mg = m(a + g)$$

$$F_{r1} = 75 \text{ kg} \cdot (0,8 + 9,8) \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 795 \text{ N} \quad \rightarrow \quad F_1 = 795 \text{ N}$$

W drugim etapie ruchu człowiek porusza się względem Ziemi ruchem jednostajnym prostoliniowym. Zatem na mocy I zasady dynamiki mamy:

$$F_{r2} = F_g \quad \rightarrow \quad F_{r2} = 75 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 735 \text{ N} \quad \rightarrow \quad F_2 = 735 \text{ N}$$

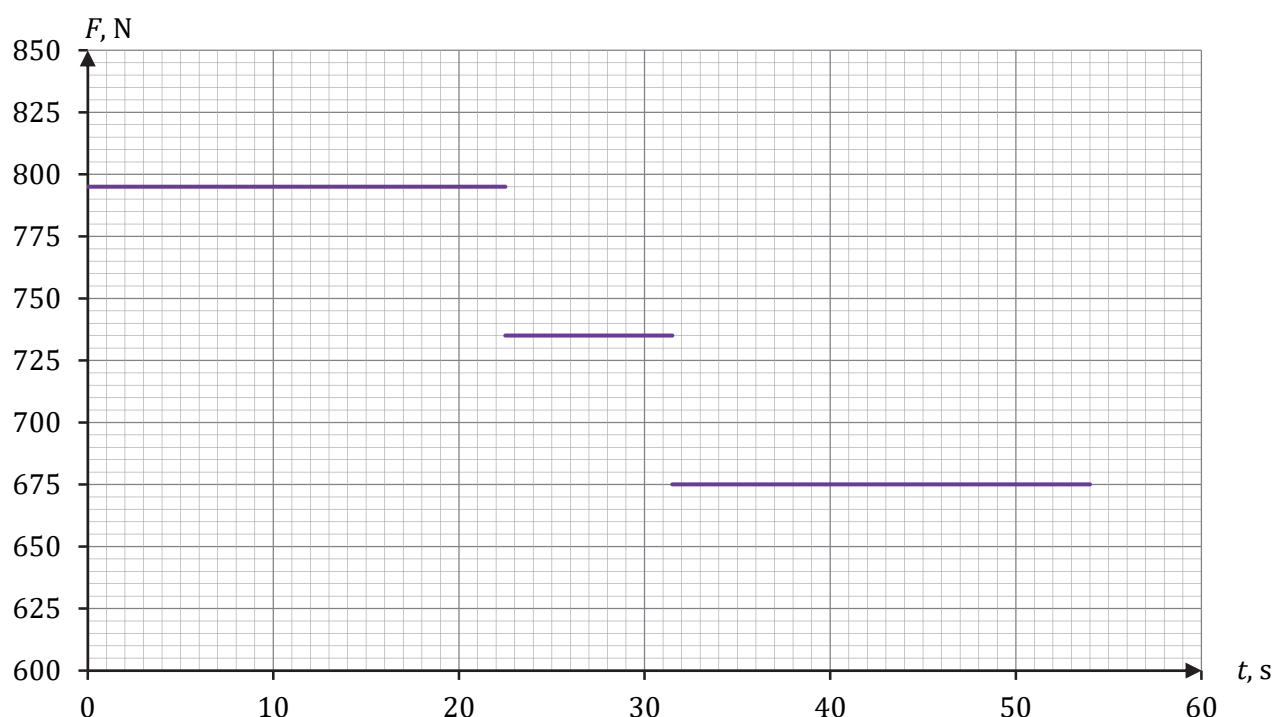
W trzecim etapie ruchu człowiek porusza się względem Ziemi ruchem jednostajnie opóźnionym, tak jak winda. Wektor przyspieszenia skierowany jest w dół, zatem na mocy II zasady dynamiki mamy:

$$ma = F_g - F_{r3} \quad \rightarrow \quad F_{r3} = mg - ma = m(g - a)$$

$$F_{r3} = 75 \text{ kg} \cdot (9,8 - 0,8) \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 675 \text{ N} \quad \rightarrow \quad F_3 = 675 \text{ N}$$

*Uwaga! Siłę nacisku można obliczyć w układzie odniesienia, związanym z windą.*

Sporządzimy wykres  $F(t)$ .



### Zadanie 1.2. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;<br>12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem. |

#### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia drogi całkowitej oraz poprawny wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – poprawna metoda obliczenia drogi w każdym etapie ruchu (skorzystanie z równań ruchu jednostajnie zmiennego oraz ruchu jednostajnego) oraz zapisanie wyrażenia na drogę całkowitą  
LUB

– poprawna metoda obliczenia drogi w każdym etapie ruchu oraz prawidłowe wyniki liczbowe z jednostkami dla jednego z etapów.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Obliczymy drogę w pierwszym etapie ruchu. Wykorzystamy równania na prędkość i drogę dla ruchu jednostajnie przyspieszonego (z prędkością początkową równą zero):

$$v = a_1 \Delta t_1 \quad s_1 = \frac{1}{2} a_1 \Delta t_1^2 \quad \rightarrow \quad s_1 = \frac{v^2}{2a_1}$$

$$s_1 = \frac{18^2}{2 \cdot 0,8} \text{ m} = 202,5 \text{ m}$$

Obliczymy drogę w drugim etapie ruchu. Wykorzystamy równania na prędkość i drogę dla ruchu jednostajnego prostoliniowego:

$$s_2 = v \cdot \Delta t_2 \quad \rightarrow \quad s_2 = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 9 \text{ s} = 162 \text{ m}$$

Obliczymy drogę w trzecim etapie ruchu. Wykorzystamy równania na prędkość i drogę dla ruchu jednostajnie opóźnionego (z prędkością końcową równą zero):

$$0 = v - a_3 \Delta t_3 \quad s = v \Delta t_3 - \frac{1}{2} a_3 \Delta t_3^2 \quad \rightarrow \quad s_3 = \frac{v^2}{2a_3}$$

$$s_3 = \frac{18^2}{2 \cdot 0,8} \text{ m} = 202,5 \text{ m}$$

Obliczymy drogę całkowitą:

$$s = s_1 + s_2 + s_3 \quad \rightarrow \quad s = 202,5 \text{ m} + 162 \text{ m} + 202,5 \text{ m} = 567 \text{ m}$$

**Zadanie 2.1. (0–1)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                          |                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                      | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                             |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;<br>1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 2.2. (0–3)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                  | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                          |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;<br>1.9) stosuje третią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał;<br>1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawne wyprowadzenie równania:  $F_n = \frac{M}{m+M} F$  (ze zredukowanymi wyrażeniami zawierającymi współczynnik tarcia).

2 pkt – poprawne zapisanie równań II zasady dynamiki dla ruchu dużego klocka oraz dla ruchu małego klocka (lub jednego z klocków i całego układu), uwzględnienie dla każdego klocka sił nacisków działających pomiędzy klockami oraz siły tarcia pomiędzy każdym z klocków a podłożem, łącznie z zastosowaniem wzoru na siłę tarcia.

1 pkt – poprawne zapisanie równania II zasady dynamiki dla ruchu dużego klocka, łącznie z uwzględnieniem siły nacisku działającej pomiędzy klockami oraz siły tarcia pomiędzy dużym klockiem a podłożem

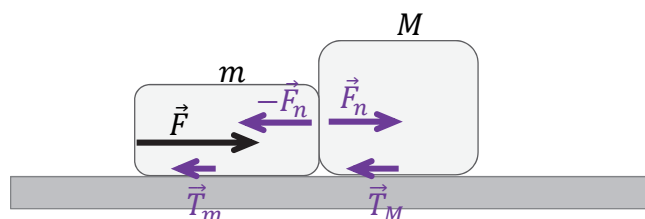
**LUB**

– poprawne zapisanie równania II zasady dynamiki dla ruchu małego klocka, łącznie z uwzględnieniem siły nacisku działającej pomiędzy klockami oraz siły tarcia pomiędzy małym klockiem a podłożem.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zgodnie z III zasadą dynamiki, oba klocki podczas ruchu przyspieszonego działają na siebie siłami wzajemnego nacisku o przeciwnych zwrotach i jednakowych wartościach  $F_n$ . Ponadto na każdy z klocków działa siła tarcia.



Zapiszemy równania II zasady dynamiki dla ruchu dużego klocka oraz dla ruchu małego klocka:

$$\begin{cases} Ma = F_n - T_M \\ ma = F - F_n - T_m \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Ma = F_n - \mu Mg \\ ma = F - F_n - \mu mg \end{cases}$$

Z powyższego układu równań wyznaczmy  $F_n$ :

$$\begin{cases} a = \frac{F_n - \mu Mg}{M} \\ ma = F - F_n - T_m \end{cases} \rightarrow m \left( \frac{F_n - \mu Mg}{M} \right) = F - F_n - \mu mg$$

$$m(F_n - \mu Mg) = FM - F_n M - \mu m M g$$

$$mF_n - \mu m M g = FM - F_n M - \mu m M g \quad (\text{redukujemy wyrazy podobne})$$

$$mF_n = FM - F_n M \rightarrow (m + M)F_n = FM$$

$$F_n = \frac{M}{m + M} \cdot F$$

### Zadanie 3.1. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> | <p>Zdający:</p> <p>4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej;</p> <p>4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.</p> |

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

D

**Zadanie 3.2. (0–3)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                                       | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>Zdający:</p> <p>1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej;</p> <p>4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi;</p> <p>4.3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego.</p> |

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości natężenia pola grawitacyjnego oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wyrażenia, z którego można bezpośrednio obliczyć natężenie pola za pomocą danych, tzn. stałych oraz prędkości orbitalnej (lub obliczonego promienia orbity).

1 pkt – zapisanie wyrażenia  $\gamma_g = \frac{F_g}{m}$  lub  $\gamma_g = \frac{GM}{r^2}$  na wartość natężenia pola grawitacyjnego oraz zapisanie wyrażenia identyfikującego siłę grawitacji jako siłę dośrodkową (np. jak w sposobie 1.)

**LUB**

– zapisanie wyrażenia (lub równoważnych wyrażeń) identyfikującego natężenie pola grawitacyjnego na orbicie z przyspieszeniem dośrodkowym sondy oraz zapisanie wyrażenia identyfikującego siłę grawitacji jako siłę dośrodkową (np. jak w sposobie 2.)

**LUB**

– zapisanie wyrażenia  $\gamma_g = \frac{F_g}{m}$  lub  $\gamma_g = \frac{GM}{r^2}$  na wartość natężenia pola grawitacyjnego oraz wykorzystanie wzoru na prędkość orbitalną

**LUB**

– zapisanie wyrażenia (lub równoważnych wyrażeń) identyfikującego natężenie pola grawitacyjnego na orbicie z przyspieszeniem dośrodkowym sondy oraz wykorzystanie wzoru na prędkość orbitalną

**LUB**

– poprawne obliczenie promienia orbity sondy:  $r = 6,97 \cdot 10^6$  m.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

## Przykładowe rozwiązanie

### Sposób 1.

Zapišemy wzór na wartość  $\gamma_g$  natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie przestrzeni:

$$\gamma_g = \frac{F_g}{m}$$

gdzie  $F_g$  to siła grawitacji działająca na ciało próbne (np. na sondę),  $m$  to masa ciała próbnego (np. sondy). Wykorzystamy wzór na siłę grawitacji działającą na orbitującą sondę:

$$F_g = \frac{GMm}{r^2} \quad \rightarrow \quad \gamma_g = \frac{GM}{r^2}$$

Wykorzystamy fakt, że siła grawitacji działająca na orbitującą sondę pełni rolę siły dośrodkowej i wyznaczmy promień orbity:

$$\frac{mv_{or}^2}{r} = F_g \quad \rightarrow \quad \frac{mv_{or}^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad \rightarrow \quad r = \frac{GM}{v_{or}^2}$$

Zapišemy wyrażenie, z którego można bezpośrednio obliczyć natężenie pola za pomocą stałych oraz prędkości orbitalnej:

$$\gamma_g = \frac{GM}{\left(\frac{GM}{v_{or}^2}\right)^2} \quad \rightarrow \quad \gamma_g = \frac{v_{or}^4}{GM}$$

Wykonujemy obliczenia:

$$\gamma_g = \frac{\left(7,56 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^4}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}} \approx 8,20 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

### Sposób 2.

Wartość  $\gamma_g$  natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie jest równa przyspieszeniu grawitacyjnemu, jakie ma ciało próbne (np. sonda) w danym punkcie.

$$\gamma_g = a_g$$

Przyspieszenie grawitacyjne sondy jest równe przyspieszeniu dośrodkowemu sondy:

$$a_g = a_{do} = \frac{v_{or}^2}{r}$$

Wykorzystamy fakt, że siła grawitacji działająca na orbitującą sondę pełni rolę siły dośrodkowej i wyznaczmy promień orbity:

$$\frac{mv_{or}^2}{r} = F_g \quad \rightarrow \quad \frac{mv_{or}^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad \rightarrow \quad r = \frac{GM}{v_{or}^2}$$

Zapišemy wyrażenie, z którego można bezpośrednio obliczyć natężenie pola za pomocą stałych oraz prędkości orbitalnej:

$$\gamma_g = a_{do} = \frac{v_{or}^2}{\frac{GM}{v_{or}^2}} \quad \rightarrow \quad \gamma_g = \frac{v_{or}^4}{GM}$$

Wykonujemy obliczenia (zobacz sposób 1.).

**Zadanie 3.3. (0–3)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                                | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej;<br>3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu;<br>4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej;<br>4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich. |

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda obliczenia pracy siły odrzutu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawne wyprowadzenie wzoru, z którego można bezpośrednio obliczyć pracę siły odrzutu za pomocą masy sondy, prędkości orbitalnej oraz prędkości sondy w „nieskończoności”.

1 pkt – zapisanie związku między pracą siły odrzutu a różnicą energii mechanicznych sondy łącznie z poprawną identyfikacją energii początkowej (jako energii orbitującej sondy) oraz energii końcowej (jako energii w chwili  $t_p$  lub w „nieskończoności”)

*LUB*

– poprawne wyprowadzenie wzoru na energię mechaniczną orbitującej sondy, wyrażonego jedynie za pomocą masy sondy oraz prędkości orbitalnej.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Praca mechaniczna siły odrzutu jest równa zmianie energii mechanicznej sondy:

$$W_{F_{od}} = E_{konc} - E_{pocz}$$

gdzie  $E_{pocz}$  oznacza energię mechaniczną sondy orbitującej swobodnie, a  $E_{konc}$  oznacza energię mechaniczną sondy po przyśpieszeniu siłą odrzutu. Zgodnie z zasadą zachowania energii  $E_{konc}$  pozostaje stała od chwili  $t_p$  – zatem energia mechaniczna w chwili  $t_p$  jest równa energii mechanicznej w bardzo dalekim obszarze, gdzie  $E_{pot\infty} = 0$ :

$$E_{konc} = E_{t_p} = E_{\infty} \quad \text{gdzie} \quad E_{\infty} = \frac{1}{2}mv_{\infty}^2 + 0$$

Zapiszemy wzór na  $E_{pocz}$ :

$$E_{pocz} = E_{kin} + E_{pot} \quad \rightarrow \quad E_{pocz} = \frac{1}{2}mv_{or}^2 - \frac{GMm}{r}$$

Wzór na  $E_{pocz}$  wyrazimy za pomocą prędkości orbitalnej oraz masy sondy. W tym celu Wykorzystamy fakt, że siła grawitacji działająca na sondę jest siłą dośrodkową:

$$\frac{mv_{or}^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad \rightarrow \quad mv_{or}^2 = \frac{GMm}{r}$$

Zatem:

$$E_{pocz} = \frac{1}{2}mv_{or}^2 - mv_{or}^2 = -\frac{1}{2}mv_{or}^2$$

Zapiszemy wyrażenie, z którego można bezpośrednio obliczyć pracę siły odrzutu za pomocą masy sondy, prędkości orbitalnej sondy oraz prędkości sondy w „nieskończoności”:

$$W_{F_{od}} = E_{konc} - E_{pocz} = \frac{1}{2}mv_{\infty}^2 - \left(-\frac{1}{2}mv_{or}^2\right)$$

$$W_{F_{od}} = \frac{1}{2}m(v_{\infty}^2 + v_{or}^2)$$

Wykonujemy obliczenia:

$$W_{F_{od}} = \frac{1}{2} \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \left( \left(7,56 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \left(2,00 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \right)$$

$$W_{F_{od}} \approx 30,6 \cdot 10^{10} \text{ J} = 3,06 \cdot 10^{11} \text{ J} = 306 \text{ GJ}$$

#### Zadanie 4.1. (0–3)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                                                         | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                               |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, [...] schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> | <p>Zdający:</p> <p>1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.</p> |

#### Zasady oceniania

- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia  $x_1$  oraz  $x_2$  i prawidłowe wyniki liczbowe z jednostkami.
- 2 pkt – poprawne zapisanie równania równowagi sił sprężystości oraz równania na sumę wydłużeń obu sprężyn, łącznie z prawidłowym podstawieniem wszystkich danych do obu równań.
- 1 pkt – poprawne zapisanie warunku równowagi sił sprężystości oraz zastosowanie wzoru na siłę sprężystości.
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Punkt zaczepienia obu sprężyn pozostaje nieruchomy, co oznacza, że działające na niego siły sprężystości równoważą się:

$$k_1 x_1 = k_2 x_2$$

Z warunków zadania wynika, że:

$$x_1 + x_2 = d$$

Do powyższych równań podstawimy dane i rozwiążemy układ równań:

$$\begin{cases} 100x_1 = 30x_2 \\ x_1 + x_2 = 0,2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 100x_1 = 30(0,2 - x_1) \\ x_2 = 0,2 - x_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 100x_1 = 6 - 30x_1 \\ x_2 = 0,2 - x_1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 130x_1 = 6 \\ x_2 = 0,2 - x_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 \approx 0,046 \text{ m} \\ x_2 \approx 0,154 \text{ m} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 \approx 4,6 \text{ cm} \\ x_2 \approx 15,4 \text{ cm} \end{cases}$$

**Zadanie 4.2. (0–1)**

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                       | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                     |
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci wykresów [...].<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>6.2) oblicza energię potencjalną sprężystości;<br>6.5) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu. |

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

### Zadanie 4.3. (0–3)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                     | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, [...] schematów i rysunków.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>Zdający:</p> <p>6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznym), podaje przykłady takiego ruchu;</p> <p>6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego;</p> <p>6.5) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.</p> |

### Zasady oceniania

- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości maksymalnej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 2 pkt – poprawne zapisanie wzoru, z którego można obliczyć prędkość maksymalną za pomocą  $k$ ,  $m$  oraz  $A$ , łącznie z prawidłowym określeniem zastępczego współczynnika sprężystości  $k = k_1 + k_2$  oraz prawidłowe podstawienie danych do otrzymanych wyrażeń.
- 1 pkt – poprawne wyprowadzenie lub zapisanie wzoru na zastępczy współczynnik sprężystości  
**LUB**  
 – poprawne wyprowadzenie lub zapisanie wzoru, z którego można obliczyć prędkość maksymalną za pomocą  $k$ ,  $m$  oraz  $A$  (wyprowadzenie z zasady zachowania energii lub ze wzoru na prędkość maksymalną i okres).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Ruch drgający klocka odbywa się pod wpływem siły wypadkowej z dwóch sił sprężystości. Obie sprężyny działają na klocek w tę samą stronę: gdy jedna sprężyna ciągnie klocek, to druga go pcha:

$$F_w = k_1 \Delta x + k_2 \Delta x = (k_1 + k_2) \Delta x$$

gdzie  $\Delta x$  jest rozciągnięciem jednej sprężyny, a także skróceniem drugiej sprężyny. Z powyższego równania wynika, że klocek drga tak, jakby był zaczepiony do jednej sprężyny „zastępczej” o współczynniku:

$$k = k_1 + k_2$$

### Sposób 1. wyznaczenia prędkości maksymalnej

Prędkość maksymalną możemy wyznaczyć z zasady zachowania energii mechanicznej w ruchu drgającym – przyrównamy maksymalną energię kinetyczną do maksymalnej energii potencjalnej:

$$\frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{1}{2} k A^2 \quad \rightarrow \quad v_{max} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot A$$

## Sposób 2. wyznaczenia prędkości maksymalnej

Prędkość maksymalną możemy wyznaczyć ze związków:

$$\left( v_{\max} = \frac{2\pi}{T} \cdot A \quad \text{oraz} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \right) \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot A$$

Obliczymy wartość prędkości maksymalnej:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{100 \frac{\text{N}}{\text{m}} + 30 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{0,1 \text{ kg}}} \cdot 0,055 \text{ m} \approx 1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## Zadanie 5. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                         |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>6.6) stosuje w obliczeniach związki między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością;<br>6.7) opisuje załamanie fali na granicy ośrodków. |

## Zasady oceniania

1 pkt – poprawne wpisanie wszystkich długości fal do nierówności.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

## Rozwiązanie

$$\lambda_C < \lambda_A < \lambda_B$$

## Zadanie 6.1. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                |                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                            | Wymagania szczegółowe                                                                                                |
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>5.11) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego. |

### Zasady oceniania

- 2 pkt – poprawna metoda obliczenia przewidywanej przez uczniów temperatury końcowej wody oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.  
 1 pkt – poprawne zapisanie równania bilansu cieplnego z prawidłowo zapisanymi zmianami temperatur wody o niższej temperaturze oraz wody o wyższej temperaturze.  
 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy równanie bilansu cieplnego, zgodnie z założeniem, w którym pomijamy ciepło oddane do otoczenia i ciepło pobrane przez kalorymetr. W takiej sytuacji ciepło pobrane przez wodę o niższej temperaturze jest równe (co do wartości bezwzględnej) ciepłu oddanemu przez wodę o wyższej temperaturze:

$$|Q_{pobrane}| = |Q_{oddane}|$$

$$m_1 c_w |\Delta T_1| = m_2 c_w |\Delta T_2|$$

Ponieważ  $m_1 = m_2$ , to otrzymujemy:

$$|\Delta T_1| = |\Delta T_2| \quad \rightarrow \quad T_k - T_1 = T_2 - T_k$$

$$T_k = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{22,0^\circ\text{C} + 32,0^\circ\text{C}}{2} = 27,0^\circ\text{C}$$

### Zadanie 6.2. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                            |                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                        | Wymagania szczegółowe                                                                                                |
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. | Zdający:<br>5.11) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego. |

### Zasady oceniania

- 2 pkt – poprawna odpowiedź i poprawne pełne uzasadnienie, tzn.: stwierdzenie, że uczniowie wybrali naczynie, które pobierze najmniej ciepła oraz porównanie wartości trzech iloczynów  $m_{nacz} \cdot c_{nacz}$  i wskazanie naczynia, dla którego ten iloczyn jest najmniejszy.  
 1 pkt – poprawna odpowiedź i brak uzasadnienia  
 LUB  
 – poprawna odpowiedź i uzasadnienie niepełne.  
 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Odpowiedź: Uczniowie wybrali naczynie 1.

Uzasadnienie: Uczniowie wybrali takie naczynie, które pobierze najmniej ciepła. Ciepło pobrane przez naczynie dane jest wzorem:

$$Q_{nacz} = m_{nacz} c_{nacz} \Delta T_{nacz}$$

Najmniej ciepła pobierze to naczynie, dla którego iloczyn  $m_{nacz} \cdot c_{nacz}$  jest najmniejszy. Sprawdzimy iloczyny:

- naczynie 1.:  $0,10 \text{ kg} \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}} = 90 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
- naczynie 2.:  $0,40 \text{ kg} \cdot 380 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}} = 152 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
- naczynie 3.:  $0,20 \text{ kg} \cdot 730 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}} = 146 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

### Zadanie 6.3. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                    | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                |
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;<br>5.11) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego. |

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ciepła oddanego do otoczenia oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – poprawne zapisanie równania bilansu cieplnego (lub równania I zasady termodynamiki) z prawidłowo zapisanymi zmianami temperatur wody o niższej temperaturze oraz wody o wyższej temperaturze oraz z uwzględnieniem ciepła oddanego do otoczenia.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zmiana energii wewnętrznej całej masy wody jest ujemna (woda oddaje ciepło do otoczenia):

$$\Delta U_{\text{całkowita}} = -|Q_{\text{do otoczenia}}|$$

Z drugiej strony, zmiana energii wewnętrznej wody jest sumą zmian energii wewnętrznej masy wody o temperaturze  $T_1 = 22,0 \text{ }^\circ\text{C}$  oraz masy wody o temperaturze  $T_2 = 32,0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 = -|Q_{\text{oddane}}|$$

Zmiany energii wewnętrznej związane są z wymianą ciepła (zimna pobiera ciepło, gorąca oddaje ciepło), zatem:

$$|Q_1| - |Q_2| = -|Q_{\text{do otoczenia}}|$$

$$mc_w|\Delta T_1| - mc_w|\Delta T_2| = -|Q_{\text{do otoczenia}}|$$

$$mc_w(T - T_1) - mc_w(T_2 - T) = -|Q_{\text{do otoczenia}}|$$

$$|Q_{\text{do otoczenia}}| = mc_w(T_1 + T_2 - 2T)$$

$$|Q_{\text{do otoczenia}}| = 0,50 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} (295 \text{ K} + 305 \text{ K} - 599 \text{ K}) = 2100 \text{ J}$$

#### Zadanie 6.4. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                   | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                               |
| <p>V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> | <p>Zdający:</p> <p>5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła;</p> <p>5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.</p> |

#### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Poprawna odpowiedź

C2

#### Zadanie 7. (0–3)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>Zdający:</p> <p>5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;</p> <p>5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.</p> |

#### Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia sprawności silnika cieplnego oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda obliczenia pracy całkowitej w cyklu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką oraz poprawna metoda obliczenia ciepła pobranego w cyklu oraz zapisanie wzoru na sprawność z pracą całkowitą i ciepłem pobranym

*LUB*

– poprawna metoda obliczenia ciepła pobranego w cyklu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką oraz zapisanie wzoru na sprawność cyklu z ciepłem pobranym i ciepłem oddanym.

1 pkt – zapisanie wzoru na sprawność cyklu (w dowolnej postaci) oraz poprawna metoda obliczenia ciepła pobranego: zapisanie równania I zasady termodynamiki, które uwzględnia, że zmiana energii wewnętrznej w cyklu jest równa zero:  $\Delta U_{cykl} = 0$ , oraz

uwzględnia pracę  $W_{spr}$  podczas sprężania gazu, pracę  $W_{roz}$  podczas rozprężania gazu, ciepło  $Q_{pob}$  pobrane przez gaz w cyklu oraz ciepło  $Q_{odd}$  oddane w cyklu  
LUB

- zapisanie wzoru na sprawność cyklu (w dowolnej postaci) oraz poprawna metoda obliczenia pracy całkowitej w cyklu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Sprawność silnika cieplnego obliczamy ze wzoru:

$$\eta = \frac{|W_{cal}|}{|Q_{pob}|}$$

Obliczymy pracę całkowitą w cyklu:

$$|W_{cal}| = |W_{roz}| - |W_{spr}| \rightarrow |W_{cal}| = 660 \text{ J} - 550 \text{ J} = 110 \text{ J}$$

Obliczymy ciepło pobrane. Zapiszemy I zasadę termodynamiki dla cyklu pracy silnika. Całkowita zmiana energii wewnętrznej gazu w cyklu wynosi zero. Przyjmiemy konwencję, zgodnie z którą ciepło pobrane z otoczenia oraz pracę podczas sprężania przyjmiemy za dodatnie, a ciepło oddane i pracę gazu przy rozprężaniu – za ujemne:

$$0 = |W_{spr}| - |W_{roz}| + |Q_{pob}| - |Q_{odd}|$$

$$0 = 550 \text{ J} - 660 \text{ J} + |Q_{pob}| - 210 \text{ J}$$

$$|Q_{pob}| = -550 \text{ J} + 660 \text{ J} + 210 \text{ J} = 320 \text{ J}$$

Obliczymy sprawność silnika cieplnego:

$$\eta = \frac{110 \text{ J}}{320 \text{ J}} \approx 0,34$$

### Zadanie 8. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                          |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; |

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

D

### Zadanie 9.1. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> | <p>Zdający:</p> <p>7.7) (G) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki, rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone, powiększone, pomniejszone;</p> <p>10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających [...].</p> |

### Zasady oceniania

2 pkt – prawidłowa konstrukcja obrazu  $A'B'$  przedmiotu  $AB$  oraz prawidłowa konstrukcja obrazu  $A''B''$  (np. podobnie jak w sposobie 1.)

*lub*

– prawidłowa, bezpośrednia konstrukcja obrazu  $A''B''$  (np. jak w sposobie 2.)

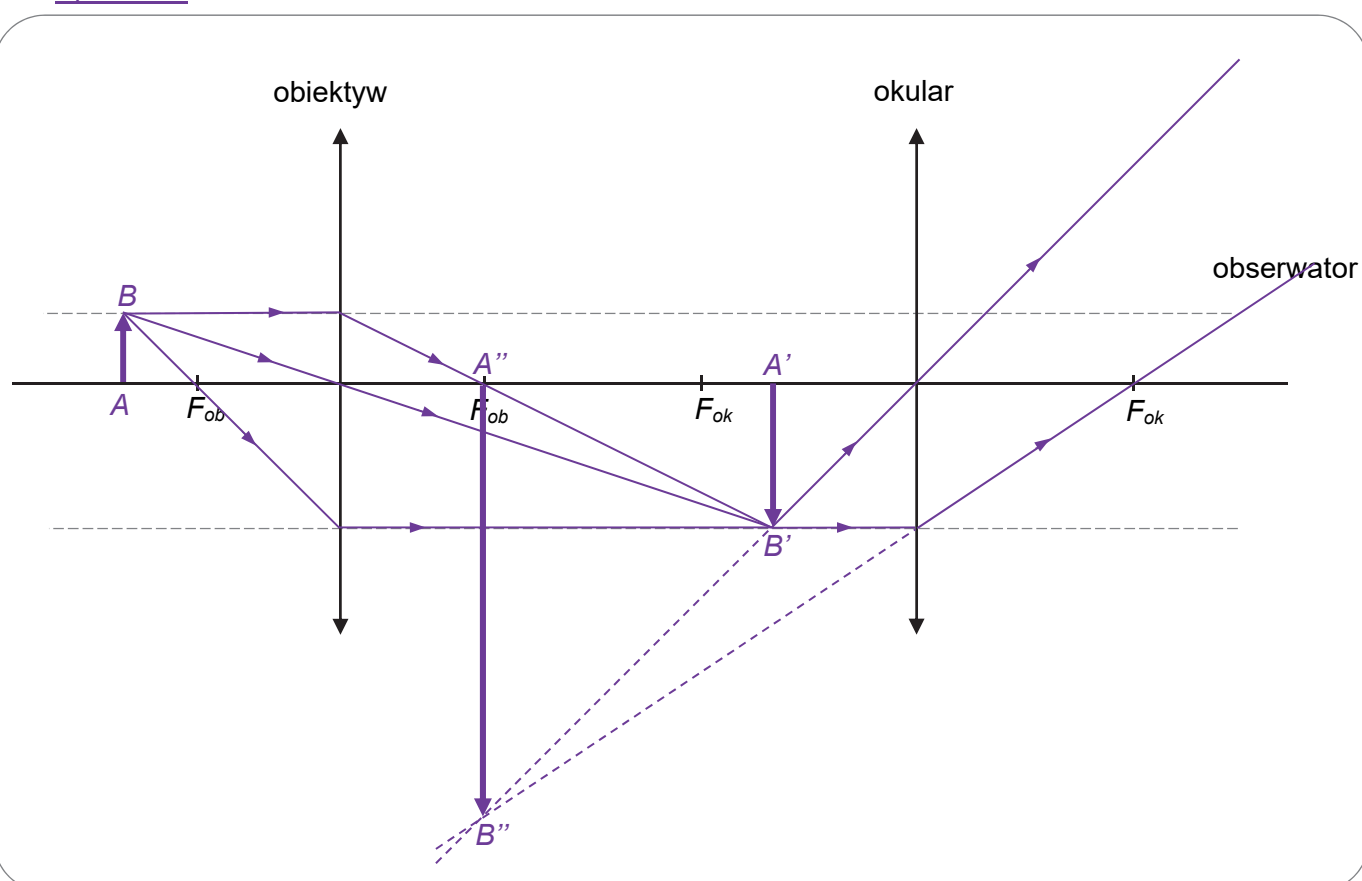
1 pkt – prawidłowa konstrukcja obrazu  $A'B'$  przedmiotu  $AB$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

*Uwaga! Do konstrukcji obrazu  $A'B'$  (sposobem 1.) wystarczy użyć dwóch promieni.*

### Rozwiązanie

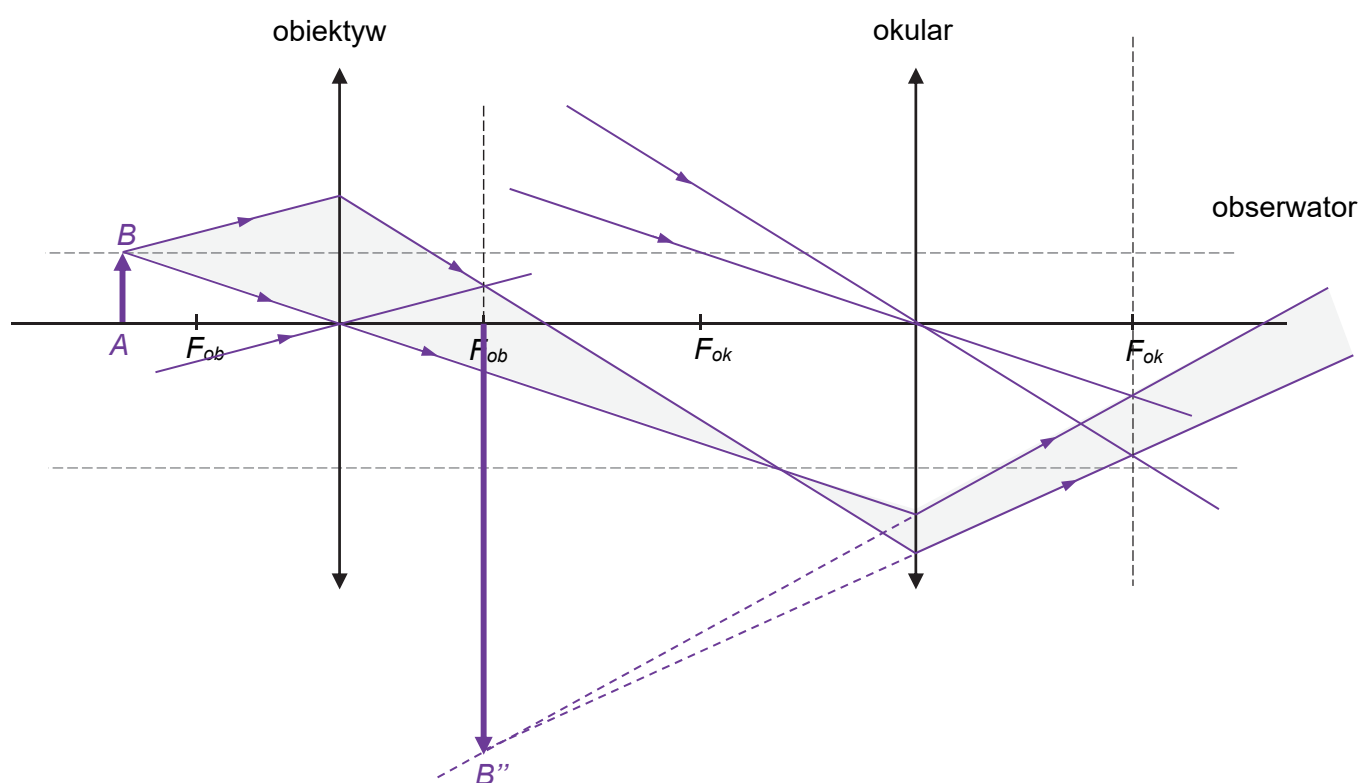
#### Sposób 1.



Sposób 2.

W konstrukcji wykorzystamy fakt, że wiązka promieni równoległych (i niekoniecznie równoległych do osi optycznej) po przejściu przez soczewkę skupia się w punkcie, który leży w płaszczyźnie ogniska soczewki.

W sposobie 2. pokażemy bieg dwóch promieni od punktu  $B$  do obserwatora. Jednym z tych promieni będzie promień charakterystyczny przechodzący przez środek soczewki, a drugim – dowolnie wybrany promień wychodzący z punktu  $B$ . W konstrukcji użyjemy także promieni równoległych (przechodzących przez środek soczewki) do promieni wychodzących z  $B$ .



**Zadanie 9.2. (0–4)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                                | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                              |
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających [...];<br>10.6) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów. |

**Zasady oceniania**

- 4 pkt – poprawna metoda obliczenia powiększenia obrazu  $A'B''$  przedmiotu  $AB$  przez cały układ optyczny oraz prawidłowy wynik liczbowy:  $k = 6$ .
- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia odległości obrazu  $A'B'$  od obiektywu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką  $|y_{ob}| = 12 \text{ cm}$  oraz poprawna metoda obliczenia odległości obrazu  $A'B''$  od okularu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką  $|y_{ok}| = 12 \text{ cm}$ .
- 2 pkt – poprawna metoda obliczenia powiększenia obrazu  $A'B'$  przedmiotu  $AB$  oraz prawidłowy wynik liczbowy:  $k_{ob} = 2$   
**LUB**  
 – poprawna metoda obliczenia odległości obrazu  $A'B'$  od obiektywu (tzn. zastosowanie równania soczewki z poprawną identyfikacją odpowiednich odległości i ogniskowej oraz z prawidłowo określonymi znakami) i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką  $|y_{ob}| = 12 \text{ cm}$  oraz poprawnie wyznaczona odległość  $A'B'$  od okularu  $|x_{ok}| = 4 \text{ cm}$  oraz poprawna metoda obliczenia  $y_{ok}$  odległości obrazu  $A'B''$  od okularu (tzn. zastosowanie równania soczewki z poprawną identyfikacją odpowiednich odległości i ogniskowej oraz z prawidłowo określonymi znakami)  
**LUB**  
 – postępowanie prowadzące do obliczenia powiększenia  $k_{ob}$  oraz  $k_{ok}$ , tzn. zastosowanie wzorów na powiększenie jakie daje obiektyw i okular oraz zastosowanie równania soczewki dla obiektywu i dla okularu z poprawną identyfikacją odpowiednich odległości i ogniskowych, ale z błędami rachunkowymi lub błędnie określonymi znakami w równaniu.
- 1 pkt – poprawna metoda obliczenia odległości obrazu  $A'B'$  od obiektywu (tzn. zastosowanie równania soczewki z poprawną identyfikacją odpowiednich odległości i ogniskowej oraz z prawidłowo określonymi znakami).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zastosujemy równanie soczewki dla obiektywu. Odległość przedmiotu  $AB$  od obiektywu oznaczmy jako  $x_{ob}$ , a odległość obrazu  $A'B'$  od obiektywu oznaczmy  $y_{ob}$ . Ponieważ obraz  $A'B'$  jest rzeczywisty, to  $y_{ob} > 0$ :

$$\frac{1}{|x_{ob}|} + \frac{1}{|y_{ob}|} = \frac{1}{|f_{ob}|}$$

$$\frac{1}{6 \text{ cm}} + \frac{1}{|y_{ob}|} = \frac{1}{4 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{|y_{ob}|} = \frac{1}{4 \text{ cm}} - \frac{1}{6 \text{ cm}} = \frac{3-2}{12 \text{ cm}} = \frac{1}{12 \text{ cm}}$$

$$|y_{ob}| = 12 \text{ cm}$$

Obliczymy powiększenie (jakie daje obiektyw) obrazu  $A'B'$  przedmiotu  $AB$ :

$$k_{ob} = \frac{|y_{ob}|}{|x_{ob}|} = \frac{12 \text{ cm}}{6 \text{ cm}} = 2$$

Ponieważ odległość  $A'B'$  od obiektywu jest równa  $y_{ob} = 12 \text{ cm}$ , to odległość  $A'B'$  od okularu jest równa

$$|x_{ok}| = 16 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

Ponieważ  $f_{ok} = 6 \text{ cm}$  oraz  $|x_{ok}| = 4 \text{ cm}$ , to oznacza, że  $A'B'$  jest pomiędzy ogniskiem okularu a okulem. To dalej oznacza, że okular wytworzy obraz pozorny  $A''B''$  z  $A'B'$ . Zastosujemy równanie soczewki dla okularu. Odległość  $A'B'$  od okularu oznaczyliśmy powyżej jako  $x_{ok}$ , a odległość obrazu  $A''B''$  od okularu oznaczmy  $y_{ok}$ . Ponieważ obraz  $A''B''$  jest pozorny, to  $y_{ok} < 0$ :

$$\frac{1}{|x_{ok}|} - \frac{1}{|y_{ok}|} = \frac{1}{|f_{ok}|}$$

$$\frac{1}{4 \text{ cm}} - \frac{1}{|y_{ok}|} = \frac{1}{6 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{|y_{ok}|} = \frac{1}{4 \text{ cm}} - \frac{1}{6 \text{ cm}} = \frac{3-2}{12 \text{ cm}} = \frac{1}{12 \text{ cm}}$$

$$|y_{ok}| = 12 \text{ cm}$$

Obliczymy powiększenie (jakie daje okular) obrazu  $A''B''$  przedmiotu/obrazu  $A'B'$ :

$$k_{ok} = \frac{|y_{ok}|}{|x_{ok}|} = \frac{12 \text{ cm}}{4 \text{ cm}} = 3$$

Obliczymy powiększenie, jakie daje cały układ optyczny, obrazu  $A''B''$  przedmiotu  $AB$ :

$$k = k_{ob} \cdot k_{ok} = 2 \cdot 3 = 6$$

### Zadanie 10.1. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                             |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                         | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                     |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, [...]);<br>9.10) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego. |

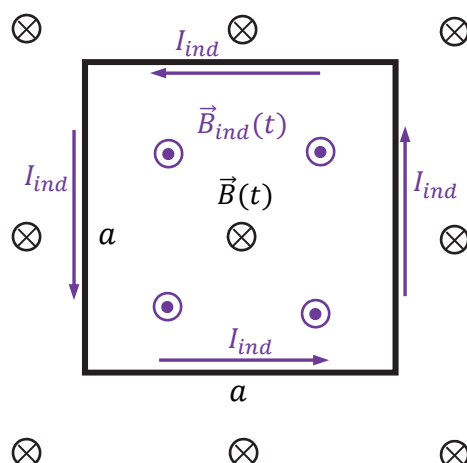
### Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenie zwrotu pola magnetycznego  $\vec{B}_{ind}$  (wewnątrz ramki) prądu indukcyjnego oraz poprawne zaznaczenie zwrotu przepływu prądu indukcyjnego.

1 pkt – poprawne zaznaczenie zwrotu pola magnetycznego  $\vec{B}_{ind}$  (wewnątrz ramki) prądu indukcyjnego.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Rozwiązanie



### Zadanie 10.2. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                            | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                   |
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń [...].<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem ([...] zwojnica);<br>9.2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem ([...] zwojnica). |

**Zasady oceniania**

- 1 pkt – poprawne opisanie sposobu uzyskania zmiennego w czasie pola magnetycznego.  
 0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1.

Do wytworzenia zmiennego w czasie pola magnetycznego można użyć zwojnicy, która jest zasilana napięciem zmieniającym się w czasie. Wewnątrz takiej zwojnicy powstaje pole magnetyczne zmieniające się w czasie.

Sposób 2.

Do wytworzenia zmiennego w czasie pola magnetycznego można użyć silnego magnesu, który się porusza. Zmiana położenia źródła pola magnetycznego powoduje, że pole magnetyczne się zmienia.

**Zadanie 10.3. (0–3)**

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                             |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                         | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                            |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych;<br>9.7) oblicza strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię;<br>9.9) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej. |

**Zasady oceniania**

- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia natężenia prądu indukcyjnego oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką:  $I_{ind} = 0,06 \text{ V}$ .
- 2 pkt – poprawna metoda obliczenia siły elektromotorycznej indukcji oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (rachunek jednostek nie jest wymagany):  $U_{ind} = 0,12 \text{ V}$   
 LUB  
 – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na natężenie prądu indukcyjnego oraz prawidłowa postać wzoru:  $I_{ind} = \frac{\beta a^2}{R}$
- 1 pkt – poprawna metoda obliczenia siły elektromotorycznej indukcji, tzn. zastosowanie prawa Faradaya do obliczenia  $U_{ind}$  wraz z uwzględnieniem, że zmiana strumienia indukcji magnetycznej przez powierzchnię ramki związana jest ze zmianą pola magnetycznego (np. zapis  $U_{ind} = \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}$  lub  $U_{ind} = \beta S$  lub zapisy równoważne temu)  
 LUB  
 – zapisanie związku wynikającego z prawa Kirchhoffa między natężeniem prądu indukcyjnego, siłą elektromotoryczną indukcji, a oporem ramki.
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Prąd indukcyjny w ramce płynie dzięki powstającej w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej sile elektromotorycznej  $U_{ind}$ . Zgodnie z prawem Kirchhoffa dla obwodu mamy:

$$U_{ind} = I_{ind}R \quad \rightarrow \quad I_{ind} = \frac{U_{ind}}{R}$$

Siłę elektromotoryczną indukcji elektromagnetycznej obliczymy z prawa Faradaya:

$$|U_{ind}| = \left| \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right|, \quad \text{gdzie} \quad \Phi_B = B \cdot S$$

Symbol  $\Delta$  oznacza tutaj różnicę wielkości (w krótkich odstępach czasu  $\Delta t$ ). Zmiana strumienia indukcji magnetycznej przez powierzchnię  $S$  ramki spowodowana jest w tej sytuacji zmianą pola magnetycznego przenikającego tę powierzchnię. Zatem:

$$|U_{ind}| = \frac{\Delta(B \cdot S)}{\Delta t} = \frac{(\Delta B) \cdot S}{\Delta t} = \frac{\Delta(\beta \cdot t)}{\Delta t} \cdot S = \frac{\beta \cdot \Delta t}{\Delta t} \cdot S = \beta S = \beta a^2$$

$$|U_{ind}| = 3 \frac{\text{T}}{\text{s}} \cdot 0,2^2 \text{ m}^2 = 0,12 \frac{\text{T} \cdot \text{m}^2}{\text{s}} = 0,12 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{m} \cdot \text{s}} = 0,12 \frac{\text{Nm}}{\text{A} \cdot \text{s}} = 0,12 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 0,12 \text{ V}$$

Obliczymy natężenie prądu indukcyjnego:

$$I_{ind} = \frac{0,12 \text{ V}}{2 \Omega} = 0,06 \text{ A}$$

### Zadanie 10.4. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                     |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, [...]);<br>9.10) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego. |

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

1. F    2. P    3. P

**Zadanie 11.1. (0–3)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                            | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                            |
| <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> <p>V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń [...].</p> | <p>Zdający:</p> <p>8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle;</p> <p>8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.</p> |

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ilorazu ciepła wydzielonego na układzie grzałek połączonych szeregowo i ciepła wydzielonego na układzie grzałek połączonych równolegle oraz prawidłowy wynik liczbowy:  $\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{1}{4}$

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenie ciepła wydzielonego na jednym z układów grzałek oraz zapisanie związku:  $Q_{szer} = \frac{U^2}{2R}t$  lub  $Q_{rów} = \frac{2U^2}{R}t$   
LUB

– poprawna metoda wyznaczenie mocy wydzielonej na jednym z układów grzałek oraz zapisanie związku:  $P_{szer} = \frac{U^2}{2R}$  lub  $P_{rów} = \frac{2U^2}{R}$ , łącznie z zapisaniem związku między mocą a ciepłem i czasem  
LUB

– poprawna metoda wyprowadzenia i otrzymanie związku:  $\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{R_{rów}}{R_{szer}}$  oraz prawidłowe wyznaczenie jednego z oporów zastępczych układu grzałek:  $R_{rów} = \frac{R}{2}$  lub  $R_{szer} = 2R$

1 pkt – zapisanie ilorazu  $\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{P_{szer}}{P_{rów}}$  oraz zapisanie związku między mocą a napięciem i oporem układu grzałek  
LUB

– zapisanie wzoru na ciepło wydzielone na układzie grzałek:  $Q = \frac{U^2}{R_{AB}}t$  (lub wzorów równoważnych, np.:  $Q = Pt$  oraz  $P = \frac{U^2}{R_{AB}}$ ), łącznie z identyfikacją  $R_{AB}$  jako oporu układu grzałek  
LUB

– wyznaczenie oporów zastępczych grzałek dla obu połączeń:  $R_{rów} = \frac{R}{2}$  oraz  $R_{szer} = 2R$   
LUB

– zapisanie ciepła (lub mocy) wydzielonej na danym układzie grzałek jako sumy ciepła (lub mocy) wydzielonych na każdej grzałce osobno oraz zastosowanie związku  $P = \frac{U^2}{R}$  (dla grzałek połączonych równolegle) lub  $P = I^2R$  (dla grzałek połączonych szeregowo).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy stosunek ciepła  $Q_{szer}$  wydzielonego w jednostce czasu przez szeregowy układ grzałek do ciepła  $Q_{rów}$  wydzielonego w tej samej jednostce czasu przez równoległy układ grzałek, z uwzględnieniem związku między wydzielonym ciepłem i mocą:

$$\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{P_{szer}\Delta t}{P_{rów}\Delta t} = \frac{P_{szer}}{P_{rów}}$$

Zastosujemy wzór na moc wydzieloną na oporze:

$$P_{szer} = \frac{U^2}{R_{szer}} \quad P_{rów} = \frac{U^2}{R_{rów}}$$

Zatem:

$$\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{\frac{U^2}{R_{szer}}}{\frac{U^2}{R_{rów}}} = \frac{R_{rów}}{R_{szer}}$$

gdzie  $R_{szer}$  i  $R_{rów}$  oznaczają opory zastępcze układów grzałek a  $U$  jest napięciem zasilającym te układy grzałek. Wyznamy opory zastępcze:

$$R_{szer} = R_A + R_B = R + R = 2R$$

$$\frac{1}{R_{rów}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \quad \rightarrow \quad R_{rów} = \frac{R}{2}$$

Obliczymy iloraz  $\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}}$ :

$$\frac{Q_{szer}}{Q_{rów}} = \frac{\frac{R}{2}}{2R} = \frac{1}{4}$$

### Zadanie 11.2. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                     |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                 | Wymagania szczegółowe                                                                                                         |
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...]. | Zdający:<br>4.9) (G) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego [...];<br>12.3) przeprowadza [...] obliczenia liczbowe [...]. |

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia procentowej zmiany oporu w przedziale temperatur od 30 °C do 100 °C oraz prawidłowy wynik liczbowy.

1 pkt – poprawne przekształcenie wzoru na  $R(t)$  do postaci, z której można bezpośrednio obliczyć procentową zmianę oporu (np.:  $\frac{R(T)-R_{30}}{R_{30}} = \alpha\Delta T$  lub  $\frac{R(T)}{R_{30}} - 1 = \alpha\Delta T$ ) oraz prawidłowe podstawienie danych do tego wzoru.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Wykorzystamy informację o zmianie oporu grzałki i obliczymy stosunek:  $\frac{R_{100}}{R_{30}}$ . W tym celu odpowiednio przekształcimy podany wzór:

$$R(T) = R_{30} \cdot (1 + \alpha \Delta T) \quad \rightarrow \quad R(T) = R_{30} + R_{30} \alpha \Delta T$$

$$\frac{R(T) - R_{30}}{R_{30}} = \alpha \Delta T$$

$$\frac{R_{100} - R_{30}}{R_{30}} = 3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot 70 \text{ K}$$

$$\frac{R_{100} - R_{30}}{R_{30}} = 210 \cdot 10^{-5} = 0,0021 = 0,21\% \approx 0,2\%$$

**Zadanie 12.1. (0–2)**

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                              | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci [...] schematów [...].<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;<br>3.3) (P) [...] opisuje rozpady [...] beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane) [...];<br>3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku [...];<br>3.7) (P) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}\text{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu [...]. |

**Zasady oceniania**

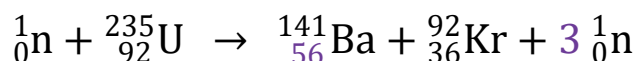
2 pkt – prawidłowe uzupełnienie równań obu reakcji.

1 pkt – prawidłowe uzupełnienie równania jednej reakcji.

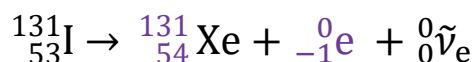
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Rozwiązanie**

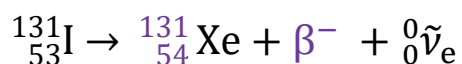
1. Reakcja rozszczepienia jądra uranu  $^{235}_{92}\text{U}$ :



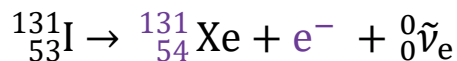
2. Reakcja rozpadu beta minus jądra jodu  $^{131}_{53}\text{I}$ :

Sposób 1.

### Sposób 2.



### Sposób 3.



## Zadanie 12.2. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                          | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                       |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci [...] schematów [...]. | Zdający:<br>3.4) (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu;<br>12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem. |

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku liczby jąder ksenonu, które powstały w czasie  $t = 2$  doby, do początkowej liczby jąder jodu oraz prawidłowy wynik  $N_{Xe} \approx 0,16$ .

1 pkt – poprawne zapisanie lub wyprowadzenie wzoru (lub wyrażeń równoważnych) na liczbę jąder jodu, które się rozpadły po czasie  $t$  (lub liczbę jąder ksenonu, które powstały), wyrażonego poprzez  $N_0$ ,  $t$  i  $T$ , łącznie z uwzględnieniem: czasu  $t = 2$  doby oraz czasu połowicznego rozpadu  $T = 8$  dób (np. jeden zapis:  $N_{roz} = N_0 - N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$  albo zapisy:

$$N_{roz} = N_0 - N \text{ oraz } N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \text{ oraz } t = 2 \text{ doby oraz } T = 8 \text{ dób}$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia stosunku liczby jąder jodu, które pozostały w próbce po czasie  $t = 2$  doby, do początkowej liczby jąder jodu oraz prawidłowy wynik  $N \approx 0,84$

LUB

– obliczenie liczby jąder ksenonu metodą przybliżenia liniowego oraz otrzymanie wyniku  $N_{Xe} = 0,125$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Liczba jąder Xe, które powstały w wyniku rozpadu jąder jodu  ${}^{131}_{53}\text{I}$  po czasie  $t$  jest równa liczbie jąder jodu, które uległy rozpadowi:

$$N(t)_{Xe} = N(t)_{roz}$$

Wykorzystamy zależność liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu – z wykorzystaniem czasu  $T$  połowicznego rozpadu. Liczba jąder jodu pozostająca w próbce po czasie  $t$  dana jest zależnością:

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Zatem liczba jąder jodu, które się rozpadły (równa liczbie powstałych jąder ksenonu) dana jest zależnością:

$$N(t)_{roz} = N(t)_{Xe} = N_0 - N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Zatem:

$$\frac{N(t)_{Xe}}{N_0} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Podstawiamy dane i wykonujemy obliczenia:

$$\frac{N(t)_{Xe}}{N_0} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{8}} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = 1 - \sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 1 - 0,8408 \dots \approx 0,16$$

### Zadanie 12.3. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                                    | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                   |
| <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>Zdający:</p> <p>3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej [...];</p> <p>3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania [...] energii.</p> |

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zapisanie wzoru pozwalającego wyznaczyć  $E_{kp}$  tylko poprzez  $E_{ks}$ ,  $m_s$ ,  $m_p$  oraz  $c$  (wyprowadzenie wzoru nie jest konieczne).

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

Skorzystamy z zasady zachowania energii: całkowita energia (suma energii spoczynkowej i kinetycznej) substratów przed reakcją jest równa całkowitej energii produktów po reakcji:

$$E_{ks} + m_s c^2 = E_{kp} + m_p c^2$$

Zatem:

$$E_{kp} = E_{ks} + (m_s - m_p) c^2$$

### Zadanie 12.4. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                         |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.3) (P) [...] opisuje rozpady beta [...];<br>3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania [...] energii;<br>3.7) (P) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}\text{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu [...]. |

#### Zasady oceniania

1 pkt – ustalenie poprawnych relacji pomiędzy energią kinetyczną produktów a energią kinetyczną substratów dla każdej z reakcji.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Rozwiązanie

1) W reakcji rozszczepienia jądra uranu  $^{235}_{92}\text{U}$ :

$$E_{kp} > E_{ks}$$

2) W reakcji rozpadu beta minus jądra jodu  $^{131}_{53}\text{I}$ :

$$E_{kp} > E_{ks}$$

### Zadanie 13. (0–1)

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania [...];<br>3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego [...] $\gamma$ ; opisuje [...] sposób powstawania promieniowania gamma [...];<br>3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania [...] energii. |

#### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Poprawna odpowiedź

AF