

<i>Rodzaj dokumentu:</i>	Zasady oceniania rozwiązań zadań
<i>Egzamin:</i>	Egzamin maturalny Test diagnostyczny
<i>Przedmiot:</i>	Fizyka
<i>Poziom:</i>	Poziom rozszerzony
<i>Formy arkusza:</i>	EFAP-R0-100, EFAP-R0-200, EFAP-R0-300, 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 ¹	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.11) [...] posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercyjnym; 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.

¹ 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:

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

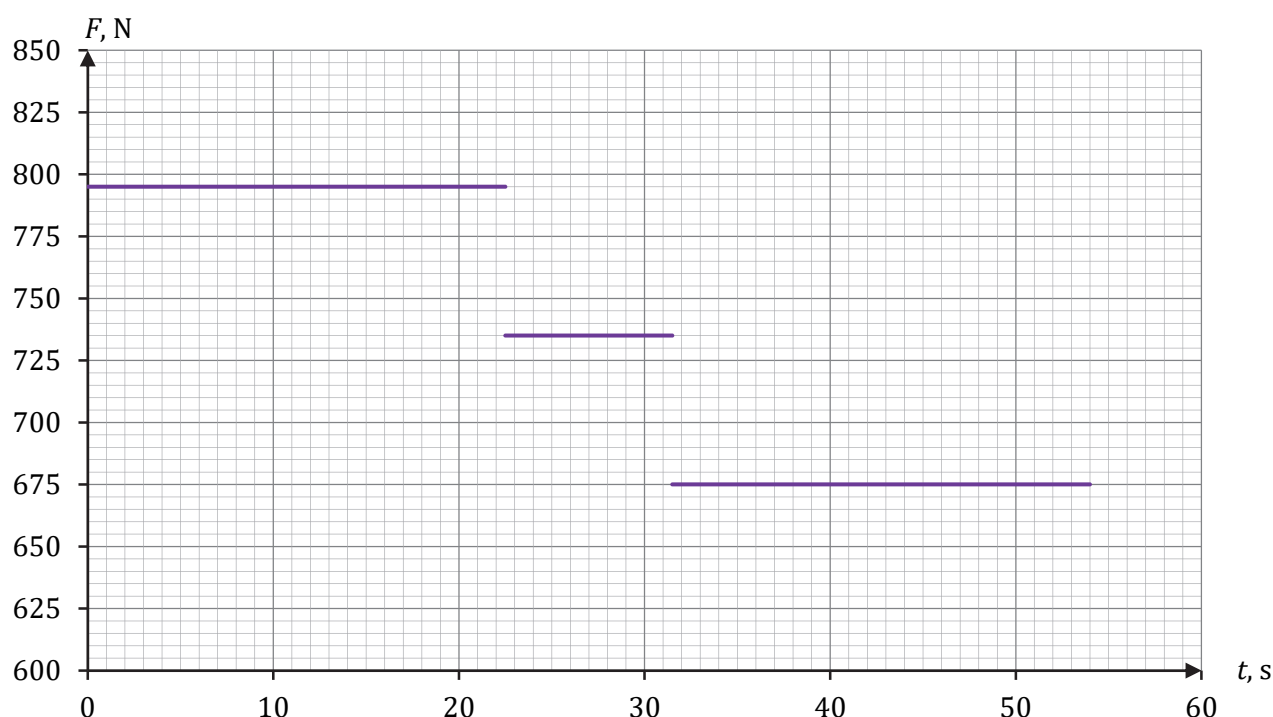
W trzecim etapie ruchu człowiek porusza się względem Ziemi ruchem jednostajnie opóźnionym, tak jak winda. Wektor przyspieszenia skierowany jest w dół, zatem na mocy II zasady dynamiki mamy:

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

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

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: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 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)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 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)

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

Zasady oceniania3 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

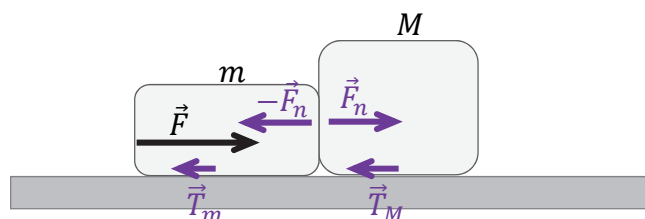
LUB

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

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

D

Zadanie 3.2. (0–3)

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

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 rozwiązanieSposób 1.

Zapišemy wzór na wartość γ_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 γ_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)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu; 4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej; 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
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, [...] schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

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 [...]. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 6.2) oblicza energię potencjalną sprężystości; 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
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, [...] schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznym), podaje przykłady takiego ruchu; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego; 6.5) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.

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 Δx 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: 6.6) stosuje w obliczeniach związki między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością; 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. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 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: 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. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii; 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
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

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
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

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

Zasady oceniania

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

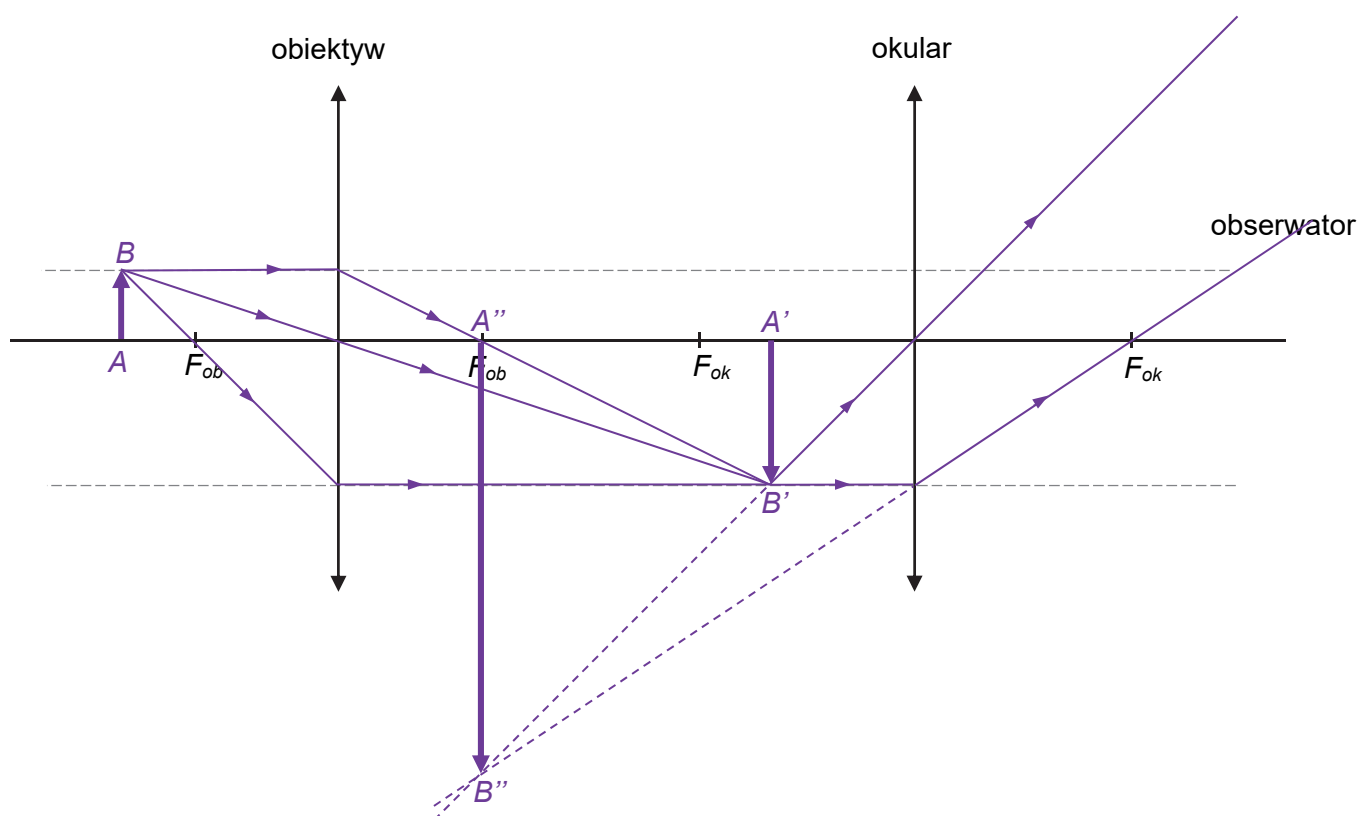
lub

– 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.

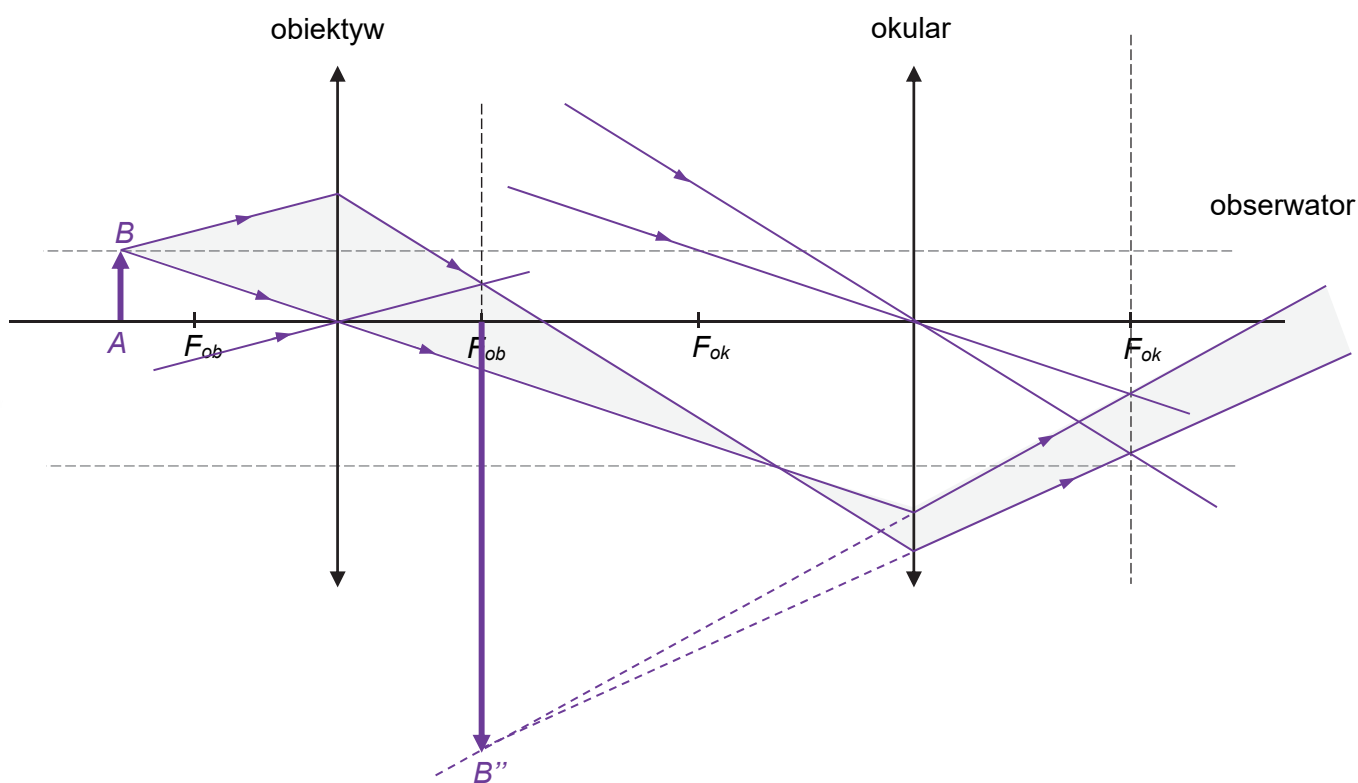
Uwaga! Do konstrukcji obrazu $A'B'$ (sposobem 1.) wystarczy użyć dwóch promieni.

RozwiązanieSposób 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)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...] schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających [...]; 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)

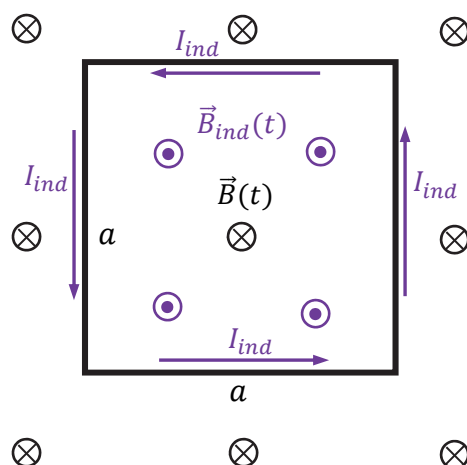
Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, [...]); 9.10) stosuje 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 [...]. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem ([...] zwojnica); 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 rozwiązanieSposób 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: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 9.7) oblicza strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię; 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 Δ oznacza tutaj różnicę wielkości (w krótkich odstępach czasu Δt). 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: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, [...]); 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)

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

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: $\frac{Q_{szere}}{Q_{row}} = \frac{1}{4}$

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

LUB

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

LUB

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

1 pkt – zapisanie ilorazu $\frac{Q_{szere}}{Q_{row}} = \frac{P_{szere}}{P_{row}}$ 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: $R_{row} = \frac{R}{2}$ oraz $R_{szere} = 2R$

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: 4.9) (G) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego [...]; 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 [...]. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; 3.3) (P) [...] opisuje rozpady [...] beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane) [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku [...]; 3.7) (P) opisuje reakcję rozszczepienia uranu $^{235}_{92}\text{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu [...].

Zasady oceniania

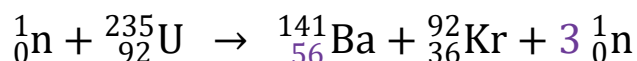
2 pkt – prawidłowe uzupełnienie równań obu reakcji.

1 pkt – prawidłowe uzupełnienie równania jednej reakcji.

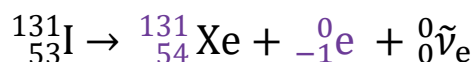
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

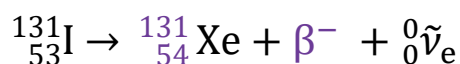
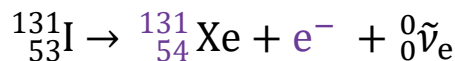
Rozwiązanie

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. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci [...] schematów [...].	Zdający: 3.4) (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu; 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
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania [...] energii.

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: 3.3) (P) [...] opisuje rozpady beta [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania [...] energii; 3.7) (P) opisuje reakcję rozszczepienia uranu ^{235}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: 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania [...]; 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego [...] γ ; opisuje [...] sposób powstawania promieniowania gamma [...]; 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