

**EGZAMIN MATURALNY
W ROKU SZKOLNYM 2018/2019**

FIZYKA I ASTRONOMIA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA DO 2014

(„STARA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2019

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

Zadanie 1.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3). Analizowanie kinematyczne swobodnego spadku (P I.1.1.5).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu ruchu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – wyodrębnienie pionowej składowej ruchu i zapisanie prawidłowej zależności wiążącej drogę/wysokość (lub położenie) z czasem spadku swobodnego pionowego bez prędkości początkowej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Rzut poziomy jest złożeniem dwóch ruchów: spadku swobodnego w kierunku pionowym oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym. Zatem czas trwania rzutu poziomego z wysokości h jest taki, jak czas t_s trwania pionowego spadku swobodnego z wysokości h . Korzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego dla pionowego spadku swobodnego bez prędkości początkowej:

$$y(t) = h - s(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad \xrightarrow{y=0, t=t_s} \quad h = \frac{1}{2}gt_s^2 \quad \rightarrow \quad t_s = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_s = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,96 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} \approx 0,632 \text{ s} \approx 0,63 \text{ s}$$

Zadanie 1.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady niezależności ruchów do analizy ruchów złożonych (I.1.1.3). Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowe obliczenie prędkości początkowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 1 p. – wykorzystanie prawidłowych zależności wiążących drogę/wysokość (lub położenie) z czasem w spadku pionowym bez prędkości początkowej oraz zależności wiążących drogę/położenie z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie)
lub
 – wykorzystanie wzoru z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu
lub
 – wykorzystanie czasu trwania ruchu obliczonego w zadaniu 1.1. oraz zależności wiążącej drogę (lub położenie) z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie).
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy kinematyczne równania spadku swobodnego w kierunku pionowym (bez prędkości początkowej w kierunku pionowym) oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym (z położeniem początkowym równym zero). Z równań tych wyznaczamy zależność wiążącą prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu.

$$x(t) = v_0 t, \quad y(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \quad \xrightarrow{y=0, \quad t=t_s}$$

$$x = v_0 t_s, \quad 0 = h - \frac{1}{2} g t_s^2$$

$$v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h}} \rightarrow v_0 = 5,1 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 1,96 \text{ m}}} \approx 8,07 \approx 8,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zadanie 1.3. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady niezależności ruchów do analizy ruchów złożonych (I.1.1.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia kąta α oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w stopniach lub radianach.
- 2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe wyznaczenie pionowej składowej prędkości końcowej piłki oraz wyrażenie stosunku składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α .
- 1 p. – prawidłowa metoda (tzn. skorzystanie z odpowiednich kinematycznych równań ruchu) oraz prawidłowe wyznaczenie pionowej składowej prędkości końcowej piłki
lub
 – prawidłowa metoda wyznaczenia pionowej składowej prędkości końcowej piłki oraz wyrażenie stosunku składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α .
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Obliczamy wartość v_y pionowej składowej prędkości piłki w chwili tuż przed uderzeniem w ziemię. Korzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego:

$$v_y = gt = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh} \rightarrow v_y \approx 6,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wyrażamy stosunek składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α i obliczamy kąt α .

$$\frac{v_y}{v_x} = \tan \alpha \rightarrow \frac{6,2 \text{ m/s}}{8,1 \text{ m/s}} \approx \tan \alpha \rightarrow \tan \alpha \approx 0,765 \rightarrow \alpha \approx 37^\circ$$

Należy uznawać rozwiązania dla kąta α przedziału od 35° do 40° .

Zadanie 2.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz prawidłowe wpisanie relacji 1) i 2).

1 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$ oraz prawidłowe zapisanie relacji 1) lub

– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ oraz prawidłowe zapisanie relacji 2) lub

– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz brak zapisu obu relacji (nie dotyczy błędnie wpisanych relacji).

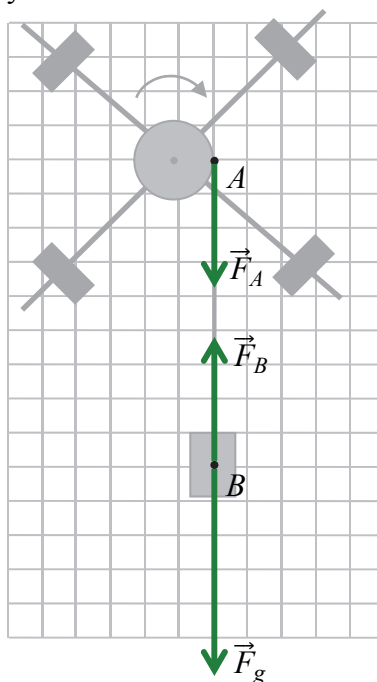
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

(Rysunek obok).

1) $F_B < F_g$

2) $F_B = F_A$



Zadanie 2.2. (5 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu (II.1.a).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu (III.1). Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

a) (2 pkt)**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe obliczenie przyspieszenia i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru wiążącego przyspieszenie z drogą/wysokością i czasem w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej
lub

– zapisanie wyrażenia z bezpośrednio podstawionymi do wzoru na przyspieszenie wartościami liczbowymi drogi i czasu (bez zapisu wzoru na symbolach).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy wzór i wykonamy obliczenia:

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad a = \frac{2 \cdot 0,960 \text{ m}}{1,6^2 \text{ s}^2} = 0,750 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) (1 pkt)**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru wysokości do niepewności przyspieszenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar t jest dokładny, a pomiar h wykonano z niepewnością $\Delta h = 5 \text{ mm}$. W związku z tym h traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_h = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2(h + \Delta h)}{t^2} - \frac{2(h - \Delta h)}{t^2} \right| = \frac{2\Delta h}{t^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1,6^2 \text{ s}^2} \approx 3,91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0,004 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

c) (1 pkt)**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru czasu do niepewności przyspieszenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar h jest dokładny, a pomiar t wykonano z niepewnością $\Delta t = 0,1 \text{ s}$. W związku z tym t traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_t = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2h}{(t + \Delta t)^2} - \frac{2h}{(t - \Delta t)^2} \right| = \left| \frac{0,960 \text{ m}}{1,7^2 \text{ s}^2} - \frac{0,960 \text{ m}}{1,5^2 \text{ s}^2} \right| \approx 9,45 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

d) (1 pkt)**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź i prawidłowe uzasadnienie.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie*Odpowiedź.*

Na niepewność wyznaczenia przyspieszenia w większym stopniu wpływa niepewność pomiaru czasu.

*Uzasadnienie odpowiedzi*Sposób 1.

Wkład niepewności pomiaru czasu jest ok. 25 razy większy od wkładu niepewności wysokości:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{0,1}{0,004} = 25$$

Sposób 2.

Ponieważ $\Delta a_t > \Delta a_h$.

Sposób 3. (przybliżony dla tej zależności)

Niepewności względne pomiaru czasu i wysokości wynoszą:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0,1 \text{ s}}{1,6 \text{ s}} \approx 0,06 \quad \frac{\Delta h}{h} = \frac{5 \text{ mm}}{960 \text{ mm}} \approx 0,005$$

Ponieważ wysokość jest mierzona dokładniej – co widać z porównania niepewności względnych – to na niepewność przyspieszenia bardziej wpływa niepewność pomiaru czasu.

Sposób 4. (z użyciem metod wykraczających poza podstawę programową)

Skorzystamy ze wzoru przybliżonego na niepewność: $\Delta y \approx |f'(x)|\Delta x$. Wtedy:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{2\Delta t}{\Delta h} \cdot \frac{h}{t} = 24$$

Wkład niepewności pomiaru czasu jest większy od wkładu niepewności wysokości.

Zadanie 2.3. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Zastosowanie II zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (I.1.1.8). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej dla ruchu postępowego i obrotowego (I.1.1.11).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

- 3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
- 2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 3)–5) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
- 1 p. – zapisanie równań drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka (*krok 1.*).
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanieSposób 1. (z równań dynamiki)

Krok 1. Zapisujemy równania dynamiki ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka:

- 1) $ma = F_g - F_B$ – II zasada dynamiki dla ruchu postępowego ciężarka;
- 2) $I\epsilon = rF_A$ – II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego walca z prętami.

Krok 2. Wykorzystujemy związki niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

- 3) $F_A = F_B = F$ – III zasada dynamiki (oddziaływanie ciężarka z walcem);
- 4) $a = \epsilon r$ – związek między przyspieszeniem liniowym i kątowym (brak poślizgu);
- 5) $F_g = mg$ – wzór na siłę grawitacji.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniach dynamiki, np.:

$$ma = mg - F$$

$$I \frac{a}{r} = rF$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$\begin{cases} ma = F_g - F \\ I \frac{a}{r} = rF \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg - F \\ F = \frac{Ia}{r^2} \end{cases} \rightarrow ma = mg - \frac{Ia}{r^2} \rightarrow$$

$$I = \frac{r^2}{a} m(g - a) = mr^2 \left(\frac{g}{a} - 1 \right)$$

Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

- 3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
- 2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 1)–2) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
- 1 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego (*krok 1.*).
- Uwaga:* dopuszcza się w zapisie pominięcie MgH – energii potencjalnej walca z prętami.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 2. (z zasady zachowania energii)

Krok 1. Zapisujemy zasadę zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego. Masę walca z prętami oznaczmy M , wysokość środka masy walca nad wybranym poziomem oznaczmy H , a wysokość ciężarka nad wybranym poziomem oznaczmy h :

$$E_{pocz\ kin\ c} + E_{pocz\ kin\ w} + E_{pocz\ pot\ c} + E_{pocz\ pot\ w} = E_{kon\ kin\ c} + E_{kon\ kin\ w} + E_{kon\ pot\ c} + E_{kon\ pot\ w}$$

$$0 + 0 + mgh + MgH = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + 0 + MgH$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

Krok 2. Wykorzystujemy związki, niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

1) $v = \omega r$ – związek między prędkością liniową i kątową (brak poślizgu);

2) $v^2 = 2ah$ – wzór wynikający z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego
albo

$v = at$ oraz $h = \frac{1}{2}at^2$ – kinematyczne równania ruchu jednostajnie przyspieszonego.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniu zasady zachowania energii, np.:

$$mg \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I \frac{v^2}{r^2}$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$mg \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I \cdot \frac{v^2}{r^2} \quad \rightarrow \quad m \frac{g}{a} = m + \frac{I}{r^2} \quad \rightarrow \quad I = mr^2 \left(\frac{g}{a} - 1 \right)$$

Zadanie 2.4. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Zastosowanie pojęcia przyspieszenia liniowego i kąowego, momentu bezwładności do opisu ruchu obrotowego (I.1.1.7).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe podkreślenia w dwóch zdaniach.

1 p. – prawidłowe podkreślenie w jednym zdaniu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

Gdy w kolejnym doświadczeniu obciążniki zamocowano bliżej osi obrotu walca, to

- moment bezwładności układu czterech obciążników (wzrósł / zmalał / nie uległ zmianie).
- siła napięcia nitki (wzrosła / zmalała / nie uległa zmianie).

Zadanie 3.1. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (P I.1.4.1). Analizowanie cykli termodynamicznych (I.1.6.5).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie wykresów (II.1.b).

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia T_C oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – skorzystanie z równania stanu gazu doskonałego w celu wyznaczenia temperatury w stanie A oraz w stanie C łącznie z prawidłowym uwzględnieniem danych na wykresie – z zapisanych równań musi wynikać, że stosunek $T_A/T_C = 1/16$.
1 p. – skorzystanie z równania stanu gazu doskonałego w celu wyznaczenia temperatury w stanie A oraz w stanie C .
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego w celu zapisania wyrażenia pozwalającego wyznaczyć T_C . Przyjmujemy, że n jest liczbą moli gazu.

$$p_C V_C = nRT_C \rightarrow 4p_1 4V_1 = nRT_C \rightarrow 16p_1 V_1 = nRT_C$$

Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego w celu zapisania wyrażenia pozwalającego wyznaczyć T_A . Przyjmujemy, że n jest liczbą moli gazu.

$$p_A V_A = nRT_A \rightarrow p_1 V_1 = nRT_A$$

Wyznaczamy stosunek temperatur:

$$\frac{T_A}{T_C} = \frac{p_1 V_1}{16p_1 V_1} = \frac{1}{16}$$

Obliczamy temperaturę w stanie A :

$$\frac{25 \text{ K}}{T_C} = \frac{1}{16} \rightarrow T_C = 400 \text{ K}$$

Zadanie 3.2. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie sprawności silników cieplnych (P I.1.4.6). Obliczanie zmian energii cieplnej w przemianach: izobarycznej i izochorycznej oraz pracę w przemianie izobarycznej (P I.1.4.3). Analizowanie cykli termodynamicznych (I.1.6.5).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane.

2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*

1 p. – zapisanie związku pomiędzy pracą całkowitą w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym oraz zapisanie wzoru na sprawność silnika. Zapis może być w formie równoważnego tym dwóm zależnościom podwójnego równania na sprawność albo pojedynczego równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym (*krok 1.a.*)

lub

– zapisanie wzoru na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego wykresem cyklu (*krok 1.b.*).

Uwaga! Oznaczenia wielkości we wzorach zapisanych w kroku 1.a. lub 1.b. nie mogą być sprzeczne z oznaczeniami wielkości szukanych bądź danych.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! Należy uznawać rozwiązania, w których założono, że gaz jest np. jednoatomowy albo dwuatomowy (zobacz sposób 2. rozwiązania).

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Krok 1.a. Zapiszemy związek między pracą całkowitą wykonaną w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym w tym cyklu – zgodnie z I zasadą termodynamiki (oznaczenia wartości bezwzględnych nie są wymagane):

$$1) \quad |W_c| = |Q_{pob}| - |Q_{odd}| \quad \text{ponieważ} \quad \Delta U = 0$$

Zapiszemy definicję sprawności cyklu:

$$2) \quad \eta = \frac{|W_c|}{|Q_{pob}|}$$

Powyższe dwa związki można zapisać za pomocą jednego równoważnego im równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym:

$$|W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \quad \text{lub} \quad \eta = \frac{|W_c|}{|W_c| + |Q_{odd}|}$$

Krok 1.b. Zapiszemy wzór na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego zamkniętą krzywą cyklu:

$$|W_c| = p_2(V_2 - V_1) - p_1(V_2 - V_1) = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Krok 2. Z powyższych zależności wyprowadzamy wzór na ciepło oddane:

$$\begin{cases} |W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} |Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) |W_c| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases}$$
$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Wynik można wyrazić także w następujący sposób:

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1 - \eta}{\eta}\right) \cdot 9p_1 \cdot V_1$$

Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

- 3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane, zgodna z założoną wartością C_V dla gazu doskonałego.
- 2 p. – wykonanie *kroku 1.* oraz skorzystanie z równania stanu gazu dla przemiany izobarycznej oraz izochorycznej.
- 1 p. – zidentyfikowanie przemian, w których układ oddaje ciepło, oraz zapisanie wyrażenia określającego związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach (*krok 1.*).
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanieSposób 2. (z założeniem wartości C_V , bez wykorzystania sprawności)

Krok 1. Zapiszemy wyrażenie określające co do wartości bezwzględnej związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach:

$$|Q_{odd}| = |Q_{34}| + |Q_{41}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}|$$

Krok 2. Skorzystamy z własności równania stanu dla przemiany izochorycznej oraz dla przemiany izobarycznej:

$$pV = nRT \rightarrow (\text{dla } V = \text{const}) \rightarrow \Delta pV = nR\Delta T$$

$$pV = nRT \rightarrow (\text{dla } p = \text{const}) \rightarrow p\Delta V = nR\Delta T$$

Założymy, że gaz jest jednoatomowy:

$$C_V = \frac{3}{2}R \quad C_p = \frac{5}{2}R$$

Krok 3. Obliczymy ciepło oddane, korzystając ze wzorów w *kroku 1.* i *kroku 2.*

$$\begin{aligned} |Q_{odd}| &= nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}| = n\frac{3}{2}R|\Delta T_{34}| + n\frac{5}{2}R|\Delta T_{41}| \\ |Q_{odd}| &= \frac{3}{2}|\Delta p_{34}|V_2 + \frac{5}{2}p_1|\Delta V_{41}| = \frac{3}{2}(p_2 - p_1)V_2 + \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) \\ |Q_{odd}| &= \frac{3}{2} \cdot 3p_1 \cdot 4V_1 + \frac{5}{2}p_1 \cdot 3V_1 = 25,5 p_1 V_1 \end{aligned}$$

Zadanie 4.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiedomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej, potencjalnej ciężkości, potencjalnej sprężystości (P.I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej (P.I.1.6.3.).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia x oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii – przyrównanie energii potencjalnej sprężystości do energii potencjalnej grawitacyjnej.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

W przyjętym modelu zjawiska, energia mechaniczna początkowa jest równa energii potencjalnej sprężystości, a energia mechaniczna końcowa jest równa maksymalnej energii potencjalnej grawitacji. Zgodnie z przyjętymi założeniami energia mechaniczna jest zachowana. Poziom zera energii potencjalnej grawitacji przyjmujemy na linii przerywanej na rys. 1.

$$\begin{aligned} E_{mech\ pocz} = E_{pot\ s} &= \frac{1}{2} kx^2 \quad \text{oraz} \quad E_{mech\ kon} = E_{pot\ g} = mgh \\ E_{mech\ pocz} &= E_{mech\ kon} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2} kx^2 = mgh \\ \frac{1}{2} kx^2 &= mgh \quad \rightarrow \quad x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}} \\ x &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ m}}{200 \text{ N/m}}} \approx 0,7177 \text{ m} \approx 0,72 \text{ m} \end{aligned}$$

Zadanie 4.2. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej, potencjalnej ciężkości, potencjalnej sprężystości (P.I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej (P.I.1.6.3.)
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu (III.1). Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda oraz prawidłowo obliczone obie wysokości, wynik podany z jednostką z dokładnością do trzech cyfr znaczących.
- 2 p. – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej dla wszystkich rzutek prowadzące do zapisu: $mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2$ oraz prawidłowe podstawienie danych liczbowych.
- 1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Poziom zera energii potencjalnej przyjmujemy na linii przerywanej na rys. 1. Wtedy początkowa energia mechaniczna układu wyrzutnia – rzutka, jest taka sama niezależnie od masy rzutki.

$$E_{mech\ pocz} = E_{pot\ s} = \frac{1}{2} kx^2$$

Energia mechaniczna końcowa układu wyrzutnia – rzutka, jest równa energii potencjalnej. Dla rzutek o masach $m = 105 \text{ g}$, $m_1 = 100 \text{ g}$, $m_2 = 110 \text{ g}$ energie te wynoszą:

$$E_{mech\ kon} = mgh \quad E_{mech\ kon1} = m_1gh_1 \quad E_{mech\ kon2} = m_2gh_2$$

Z zasady zachowania energii mechanicznej wynika, że wszystkie trzy energie są równe energii mechanicznej początkowej, co oznacza, że wszystkie są sobie równe.

$$E_{\text{mech pocz}} = E_{\text{mech kon}} = E_{\text{mech kon1}} = E_{\text{mech kon2}} \rightarrow mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2$$

$$mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2 \rightarrow h_1 = \frac{m}{m_1}h \quad \text{oraz} \quad h_2 = \frac{m}{m_2}h$$

$$h_1 = \frac{0,105 \text{ kg}}{0,100 \text{ kg}} \cdot 50 \text{ m} = 52,5 \text{ m} \quad \text{oraz} \quad h_2 = \frac{0,105 \text{ kg}}{0,110 \text{ kg}} \cdot 50 \text{ m} \approx 47,7 \text{ m}$$

Zadanie 4.3. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3). Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie ruchów ciał z uwzględnieniem sił oporu (P.I.1.2.3).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe podkreślenia w dwóch zdaniach.

1 p. – prawidłowe podkreślenie w jednym zdaniu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne odpowiedzi

Uwzględnij siły oporów powietrza oraz masę sprężyny.

1. Wysokość, na jaką wzniesie się rzutka, w porównaniu do wysokości obliczonej w modelu zjawiska bez sił oporów powietrza, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).
2. Wartość prędkości, jaką uzyskuje rzutka tuż po wystrzeleniu, w porównaniu do analogicznej wartości prędkości obliczonej w modelu zjawiska z zerową masą sprężyny, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).

Zadanie 5.1. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, wykresów, rysunków (II.1). Uzupełnianie brakujących elementów wykresu łącząc posiadane i podane informacje (II.2).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu, wykresów (III.1). Planowanie prostych doświadczeń i analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4).

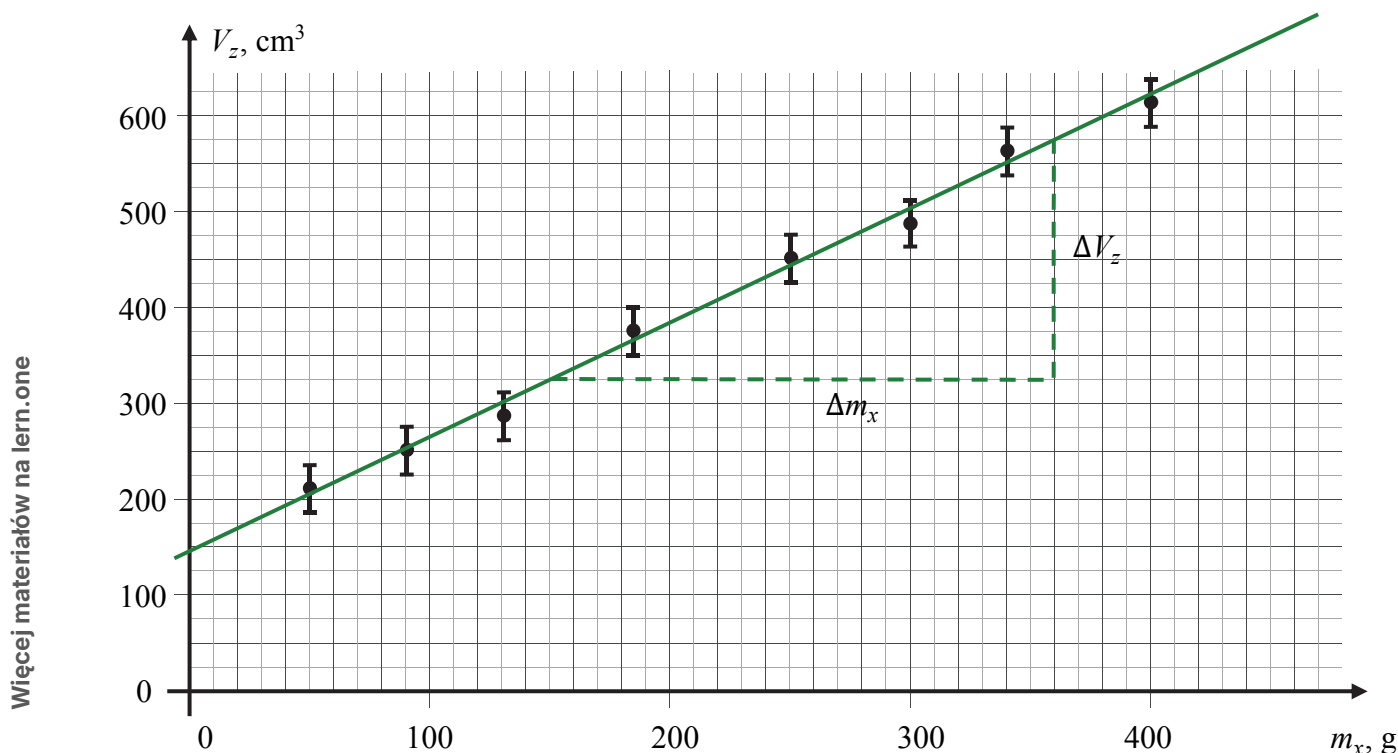
a) (1 pkt)

Schemat punktowania

- 1 p. – prawidłowe narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do danych eksperymentalnych przedstawionych na wykresie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie

Na zielono oznaczono prostą dopasowaną orientacyjnie do punktów pomiarowych w najbardziej optymalny sposób, natomiast liniami przerywanymi oznaczono wybrane do obliczeń w punkcie c) przyrosty argumentów i wartości na tej prostej.



b) (1 pkt)

Schemat punktowania

- 1 p. – prawidłowe wyznaczenie objętości (wraz z jednostką) zanurzonej części pustego pojemnika, wynikające z przecięcia narysowanej prostej z osią rzędnych oraz mieszczące się w przedziale od ok. 115 cm^3 do ok. 175 cm^3 .
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie

Objętość zanurzonej części pustego pojemnika ($m_x = 0$) wyznaczamy przez odczytanie przybliżonej wartości miejsca przecięcia wykresu prostej z osią rzędnych V_z :

$$V_z(0) \approx 150 \text{ cm}^3$$

c) (1 pkt)**Schemat punktowania**

- 1 p. – prawidłowe obliczenie wartości współczynnika A (wraz z jednostką) na podstawie danych odczytanych z wykresu narysowanej prostej. Obliczona wartość współczynnika A powinna mieścić się w przedziale od $1,05 \text{ cm}^3/\text{g}$ do $1,3 \text{ cm}^3/\text{g}$.
- 0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Z wykresu prostej $V_z = Am_x + B$ odczytujemy wybrany przyrost ΔV_z oraz odpowiadający temu przyrost Δm_x (albo odwrotnie). Następnie obliczamy wartość współczynnika A :

$$A = \frac{\Delta V_z}{\Delta m_x} = \frac{575 \text{ cm}^3 - 325 \text{ cm}^3}{360 \text{ g} - 150 \text{ g}} \approx 1,19 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \approx 1,2 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}$$

Zadanie 5.2. (5 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Obliczanie siły wyporu w cieczach i gazach z wykorzystaniem prawa Archimedesesa (I.1.7.4).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

a) (2 pkt)**Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania (jeżeli łącznie z zapisem skalarnym wystąpi wektorowy zapis równowagi sił, to on także musi być prawidłowy).
- 1 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił: siły wyporu, ciężaru pustego pojemnika oraz ciężaru piasku. Oznaczenia sił muszą umożliwiać ich identyfikację.
lub
- prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania przy popełnionym błędzie w znaku (zwrocie wektora) w wektorowym zapisie równowagi sił.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy – dla przykładu wektorowo, następnie skalarnie – warunek równowagi sił: siły wyporu $\vec{F}_A$, ciężaru pustego pojemnika $\vec{Q}_p$ oraz ciężaru piasku $\vec{Q}_x$:

$$\vec{F}_A + \vec{Q}_x + \vec{Q}_p = \vec{0} \quad \text{lub} \quad -\vec{F}_A = \vec{Q}_x + \vec{Q}_p \quad \rightarrow \quad F_A = Q_x + Q_p$$

Zapisujemy powyższy warunek za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania: V_z , m_x , m_p , ρ . W tym celu korzystamy ze wzorów na siłę wyporu oraz ciężar:

$$F_A = V_z \rho g, \quad Q_x = m_x g, \quad Q_p = m_p g$$

Podstawiamy powyższe wzory do warunku równowagi sił:

$$V_z \rho g = m_x g + m_p g \quad \rightarrow \quad V_z \rho = m_x + m_p \quad \text{lub} \quad (V - V_0) \rho = m_x + m_p$$

b) (2 pkt)**Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na współczynniki A i B oraz prawidłowa postać obu wzorów.
 1 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru na jeden ze współczynników A lub B oraz prawidłowa postać tego współczynnika
lub
 – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na oba współczynniki A i B .
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Wzór otrzymany w punkcie a) przekształcamy do postaci wzoru kierunkowego prostej:

$$V_z \rho = m_x + m_p \quad \rightarrow \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho}$$

Porównujemy powyższy wzór z równaniem prostej, następnie identyfikujemy współczynniki:

$$V_z = A m_x + B \quad \text{oraz} \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho} \quad \rightarrow \quad A = \frac{1}{\rho}, \quad B = \frac{m_p}{\rho}$$

Uwaga! Współczynnik B można wyznaczyć inną metodą. B jest równy objętości zanurzonej części pustego pojemnika – czyli objętości cieczy wypartej przez pusty pojemnik. Z warunku pływania pustego pojemnika $m_p = m_{\text{wyp. cieczy}}$ wynika, że: $B = V_{z \text{ pusty}} = m_p / \rho$.

c) (1 pkt)**Schemat punktowania**

- 1 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia gęstości i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
 0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Przyrównujemy wartość współczynnika A do wyprowadzonej zależności i wykonujemy obliczenia:

$$A = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad 1,2 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad \rho \approx 0,83 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Zadanie 6.1. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie ogniskowej soczewki znając, znając promienie krzywizny i współczynnik załamania materiału, z którego jest wykonana (P.I.1.5.7).

Schemat punktowania

- 1 p. – poprawna odpowiedź.
 0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

Zaznaczenie ośrodka 2. oraz ośrodka 3.

Zadanie 6.2. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Konstruowanie obrazu w soczewce skupiającej i rozpraszającej dla różnych położen przedmiotu (P.I.1.5.6).

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

B

Zadanie 6.3. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania soczewki cienkiej do obliczeń wartości odległości przedmiotu i obrazu, ogniskowej, zdolności skupiającej lub współczynnika załamania ośrodka (P.I.1.5.9).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia ogniskowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – zastosowanie równania soczewkowego z uwzględnieniem odpowiednich znaków.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapišemy równanie soczewki. Uwzględnimy, że soczewka jest rozpraszająca, a obraz w punkcie odległym o y od soczewki jest pozorny:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \text{gdzie} \quad f = -|f|, \quad y = -|y|, \quad x = +|x|$$

$$\frac{1}{|x|} - \frac{1}{|y|} = -\frac{1}{|f|} \rightarrow \frac{1}{0,4} - \frac{1}{0,25} = -\frac{1}{|f|} \rightarrow |f| \approx 0,67 \text{ m} \rightarrow f \approx -0,67 \text{ m}$$

Uwaga! Znaki danych i wyniku muszą być zgodne z przyjętą konwencją zapisu równania. Oprócz równania jak w przykładowym rozwiązaniu, za prawidłowe należy uznać poniższe równania łącznie z prawidłowo (w danej konwencji) określonymi znakami danych i wyniku:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \text{wtedy} \quad x = 0,4 \text{ m}, \quad y = -0,25 \text{ m}, \quad f = -0,67 \text{ m} \quad \text{ALBO}$$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \text{wtedy} \quad x = 0,4 \text{ m}, \quad y = 0,25 \text{ m}, \quad f = -0,67 \text{ m} \quad \text{ALBO}$$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = -\frac{1}{f} \quad \text{wtedy} \quad x = 0,4 \text{ m}, \quad y = 0,25 \text{ m}, \quad f = 0,67 \text{ m}$$

Zadanie 7. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania energii (P.I.1.6.3). [Wyjaśnienie zjawisk] zgodnie z założeniami kwantowego modelu światła (P.I.1.5.17). Wyjaśnianie mechanizmu powstawania widma emisyjnego (P.I.1.21). Obliczanie długości fali emitowanej przez atom wodoru przy przeskokach elektronu pomiędzy orbitami (P.I.5.20).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, schematów i rysunków (II.1).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru pozwalającego na wyznaczenie λ_{AD} tylko na podstawie danych długości fal oraz prawidłowa postać końcowego wzoru (bez błędów w przekształceniach) w postaci:

$$\lambda_{AD} = \frac{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}}{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}} \quad \text{albo} \quad \frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{1}{\lambda_{AB}} + \frac{1}{\lambda_{BC}} + \frac{1}{\lambda_{CD}}$$

2 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów (*krok 1.*) oraz zapisanie wzoru Plancka na energię emitowanego fotonu łącznie z wykorzystaniem związku pomiędzy częstotliwością i długością fali fotonu – np. zapis $E = hf$ łącznie z równaniem $c = \lambda f$ albo zapis $E = \frac{hc}{\lambda}$ (*krok 2.*).

1 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów – wystarczy zapis: $\Delta E_{AD} = \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD}$ lub $E_{AD} = E_{AB} + E_{BC} + E_{CD}$ (*krok 1.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1. Skorzystamy z zasady zachowania energii. Energia fotonu E_{XY} emitowanego podczas przejścia elektronu z poziomu X na Y jest równa różnicy energii $\Delta E_{XY} = E_X - E_Y$ jakie ma elektron na poszczególnych poziomach. W związku z tym, ponieważ zachodzi $\Delta E_{AD} = \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD}$ to także zachodzi:

$$E_{AD} = E_{AB} + E_{BC} + E_{CD}$$

Krok 2. Zapiszemy wzory Plancka na energie emitowanych fotonów podczas przejść elektronu pomiędzy poziomami energetycznymi oraz wykorzystamy związek $c = \lambda f$:

$$E_{AB} = hf_{AB} = \frac{hc}{\lambda_{AB}}, \quad E_{BC} = hf_{BC} = \frac{hc}{\lambda_{BC}}, \quad E_{CD} = hf_{CD} = \frac{hc}{\lambda_{CD}}, \quad E_{AD} = hf_{AD} = \frac{hc}{\lambda_{AD}}$$

Krok 3. W związku z powyższymi równaniami mamy:

$$\frac{hc}{\lambda_{AD}} = \frac{hc}{\lambda_{AB}} + \frac{hc}{\lambda_{BC}} + \frac{hc}{\lambda_{CD}} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{1}{\lambda_{AB}} + \frac{1}{\lambda_{BC}} + \frac{1}{\lambda_{CD}}$$

$$\frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}}{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{AD} = \frac{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}}{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}}$$

Zadanie 8.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie własności pola magnetycznego za pomocą indukcji pola magnetycznego (I.1.2.4). Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym (I.1.2.7).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, schematów i rysunków (II.1). Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

Schemat punktowania a)

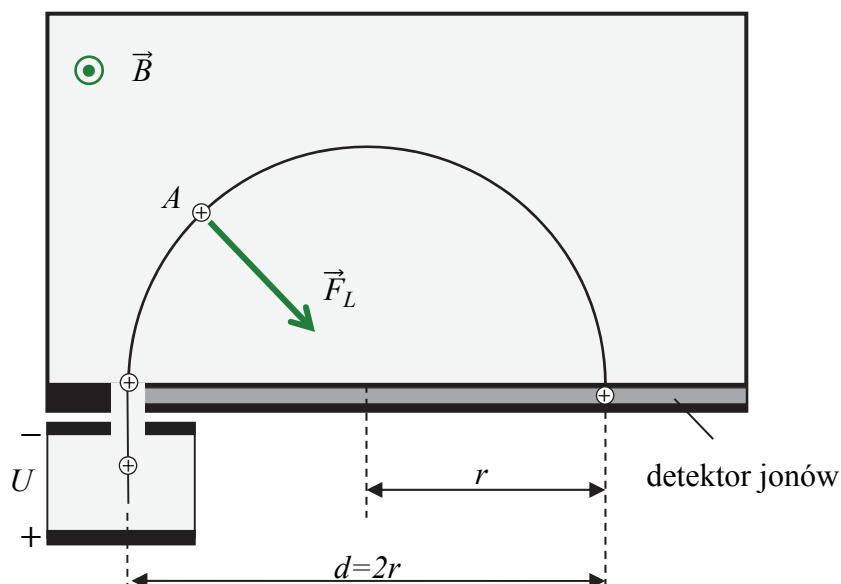
- 1 p. – prawidłowe narysowanie siły Lorentza o charakterze siły dośrodkowej (prosta wyznaczająca kierunek siły musi przechodzić przez środek okręgu).
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Schemat punktowania b)

- 1 p. – prawidłowe narysowanie zwrotu wektora indukcji magnetycznej.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie a) oraz b)

(Na rysunku poniżej).



Zadanie 8.2. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym i magnetycznym (I.1.2.7). Obliczanie wartości pracy i energii mechanicznej w polu elektrostatycznym (I.1.2.8). Zastosowanie zasady zachowania energii (P I.1.6.3). Obliczanie wartości siły Lorentza (I.1.4.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3). Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4.).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i postać zależności pozwalającej na wyznaczenie masy jonu.

2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*

1 p. – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (*krok 1.a.*)

lub

– zapisanie wyrażenia wiążącego zmianę energii kinetycznej z pracą sił pola elektrycznego łącznie z zastosowaniem wzorów na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym (albo równoważne zastosowanie dynamicznych równań ruchu w jednorodnym polu elektrycznym z identyfikacją siły elektrycznej łącznie z kinematycznymi równaniami ruchu jednostajnie przyspieszonego: $ma = \frac{U}{y}q$ oraz $v^2 = 2ay$) (*krok 1.b.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1.a. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m \frac{v^2}{r} = evB \quad \text{gdzie} \quad r = \frac{d}{2}$$

Krok 1.b. Zapiszemy związek pomiędzy energią kinetyczną, którą uzyskał jon w polu elektrycznym, a pracą sił elektrycznych działających na ten jon – łącznie z zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym. Początkowa energia kinetyczna jonu wynosiła zero, zatem (e oznacza wartość ładunku elementarnego):

$$\Delta E_{kin} = W_E \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m \cdot 0^2 = eU \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Krok 2. Na podstawie powyższych równań wyznaczmy masę jonu:

$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ m \frac{v^2}{r} = evB \\ r = \frac{d}{2} \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ v = \frac{erB}{m} \\ r = d/2 \end{cases} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}m \left(\frac{erB}{m} \right)^2 = eU$$

$$\frac{e^2 r^2 B^2}{2m} = eU \quad \xrightarrow{r=\frac{d}{2}} \quad \frac{e^2 d^2 B^2}{8m} = eU \quad \rightarrow \quad m = \frac{ed^2 B^2}{8U}$$

Zadanie 9.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisów reakcji jądrowych i przemian jądrowych (P.I.1.6.10). Wymienianie własności promieniowania jądrowego α , β , γ (P.I.1.6.8).

Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowe uzupełnienie zapisu reakcji oraz podanie prawidłowej nazwy typu reakcji rozpadu.
 1 p. – prawidłowe uzupełnienie zapisu reakcji lub podanie prawidłowej nazwy typu reakcji rozpadu.
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

Jest to reakcja rozpadu (albo przemiany) typu beta minus.

Zadanie 9.2. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa rozpadu, z uwzględnieniem czasu połowicznego rozpadu, do analizy przemian jądrowych (P.I.1.6.11).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie stosunku liczby jąder, które uległy rozpadowi, do początkowej liczby jąder w próbce.
 2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie stosunku liczby jąder pozostających w próbce do początkowej liczby jąder w próbce.
 1 p. – skorzystanie z pierwszego prawa statystycznego rozpadu jąder atomowych łącznie z prawidłowym określeniem stosunku t/T .
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Obliczamy % z początkowej liczby jąder, jaka zostanie w próbce po czasie $t = 3$ lata – jest to czas równy około 1/4 okresu połowicznego rozpadu:

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \rightarrow \frac{N(t)}{N_0} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{12,3}} \rightarrow \frac{N(t)}{N_0} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{\sqrt{\frac{1}{2}}} \approx 0,84$$

$$\frac{N(t)}{N_0} \approx 84\%$$

Obliczamy % z początkowej liczby jąder, która uległa rozpadowi w czasie $t = 3$ lata:

$$\frac{N_{roz}(t)}{N_0} = \frac{N_0 - N(t)}{N_0} = 1 - \frac{N(t)}{N_0} \approx 0,16 \quad \frac{N_{roz}(t)}{N_0} \approx 16\%$$

Zadanie 9.3. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem energii kinetycznej. (P I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii (P I.1.6.3). Wskazywanie zależności $E = mc^2$ jako równoważności masy i energii (P.I.1.6.4).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii kinetycznej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 2 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina oraz prawidłowe podstawienie wszystkich danych liczbowych do odpowiedniego równania.
- 1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina na energię spoczynkową (punktowany jest także ogólny zapis wzoru na energię kinetyczną produktów, typu $E_{kin c} = (m_{substr} - m_{prod})c^2$ – we wzorze musi pojawić się energia kinetyczna oraz różnica mas!).
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy bilans energii reakcji, z uwzględnieniem energii spoczynkowych jąder oraz elektronu oraz całkowitej energii kinetycznej $E_{kin c}$ produktów reakcji:

$$E_{0 Tryt} = E_{0 Hel} + E_{0 elektron} + E_{kin c} \rightarrow E_{kin c} = E_{0 Tryt} - E_{0 Hel} - E_{0 elektron}$$

Zastosujemy wzór Einsteina na energie spoczynkowe:

$$E_{kin c} = (m_{Tryt} - m_{Hel} - m_{elektron}) \cdot c^2$$

$$E_{kin c} = (5,00736 - 5,00641 - 0,00091) \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ J}$$

$$E_{kin c} = 0,00036 \cdot 10^{-11} \text{ J} \approx 0,036 \cdot 10^{-13} \text{ J} \approx 4 \cdot 10^{-15} \text{ J} \approx 0,02 \text{ MeV}$$