CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	EFAP-R0-100
Termin egzaminu:	16 czerwca 2025 r.
Data publikacji dokumentu:	16 czerwca 2025 r.

Ogólne zasady oceniania arkuszy egzaminacyjnych z fizyki

1. Jeżeli zdający poprawnie rozwiązał zadanie (użył poprawnej metody, uwzględnił warunki zadania, otrzymał poprawny wynik) metodą, której nie uwzględniały zasady oceniania (chodzi o jakościowo inną metodę – np. użycie prawa / wzoru / twierdzenia / metody rachunkowej spoza podstawy programowej – a nie metodę równoważną tym w zasadach oceniania), to otrzymuje maksymalną liczbę punktów.
2. Jeżeli zdający poda w wyniku końcowym wartość wielkości fizycznej bez jednostki lub z błędną jednostką, to nie spełnia warunków określonych w zasadach oceniania na maksymalną liczbę punktów.
3. Ocenie podlegają te fragmenty pracy zdającego, które dotyczą polecenia.
4. Jeżeli na pewnym etapie rozwiązania zadania zdający podaje kilka sprzecznych ze sobą rozwiązań i nie wskazuje, które z nich należy uznać za poprawne, to może uzyskać punkty tylko za wcześniejsze poprawne etapy rozwiązania.
5. Jeżeli na pewnym etapie rozwiązania zadania zdający podaje kilka sprzecznych ze sobą rozwiązań i wskazuje, które z nich należy uznać za poprawne, to zapisów w innych rozwiązaniach nie bierze się pod uwagę w ocenianiu.
6. Jeżeli na dowolnym etapie rozwiązania zadania zdający popełnia błąd rachunkowy (albo błąd przepisania wartości z danych albo wcześniejszych etapów rozwiązania), ale stosuje poprawne metody rozwiązania i konsekwentnie doprowadza rozwiązanie zadania do końca, to ocenę rozwiązania obniża się o 1 punkt.
7. Jeżeli w poleceniu jest dyspozycja o zapisaniu wyniku zaokrąglonego do pewnej liczby cyfr znaczących, to oznacza, że wynik musi być podany w postaci rozwinięcia dziesiętnego liczby i z określonym w poleceniu zaokrągleniem. Jeżeli w zadaniu <u>z takim poleceniem</u> zdający przedstawia wynik w postaci ułamka zwykłego, lub w postaci z występującym π lub np. $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ albo podaje wynik ze zbyt dużą lub zbyt małą liczbą cyfr znaczących – to nie otrzymuje maksymalnej liczby punktów.
8. Wszelkie wzory / związki / zależności / relacje między wielkościami mogą być równoważnie zapisane za pomocą symboli lub za pomocą liczb, które to liczby są wartościami wielkości występujących w tych wzorach / związkach / zależnościach / relacjach.
9. Jeżeli w zasadach oceniania danego etapu rozwiązania wymienione jest, że zdający korzysta / uwzględnia / zapisuje dane związki / zależności / prawa / wzory, to mogą być one zapisane oddzielnie, albo nawet w jednym równaniu (o ile to możliwe).

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. (0–2)

Wymagania określone w podstawie programowej[1]	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych […]; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne dokończenie dwóch zdań.
1 pkt – poprawne dokończenie jednego zdania.
0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

1. Droga przebyta przez ciało C w czasie Δt_c jest równa $s_c =$ ...36... m.
2. Wartość wektora $\frac{\overrightarrow{\Delta x_C}}{\Delta t_C}$ jest równa $\left|\frac{\overrightarrow{\Delta x_C}}{\Delta t_C}\right| =$ ...0,8... $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech stwierdzeniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
FFP

---

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 27 sierpnia 2012 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz.U. z 2012 r. poz. 977).

Zadanie 1.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $0\ \mathrm{s} \leq t \leq 5\ \mathrm{s}$.

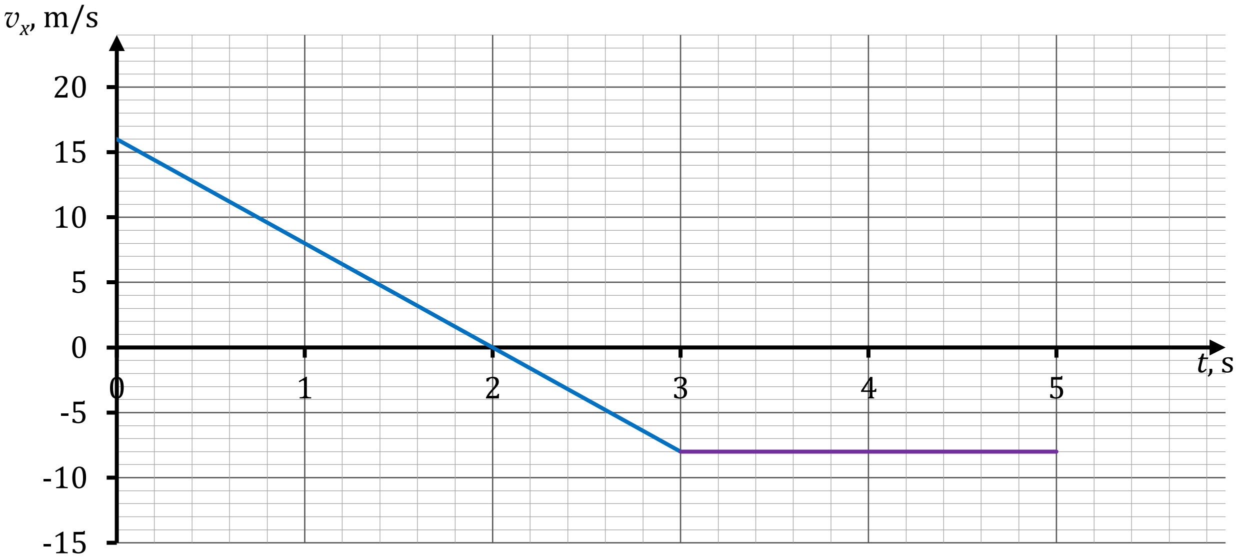
1 pkt – poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $0\ \mathrm{s} \leq t \leq 3\ \mathrm{s}$

LUB

– poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $3\ \mathrm{s} < t \leq 5\ \mathrm{s}$

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie



Zadanie 2.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.3) (G) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych; 1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona. 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie na diagramie siły reakcji wagi $\vec{F}_r$ przyłożonej w punkcie S o wartości równej 8 umownych jednostek, kierunku prostopadłym do równi i zwrocie od równi **oraz** poprawne narysowanie na diagramie siły tarcia statycznego $\vec{F}_t$ przyłożonej w punkcie S o wartości równej 3 umowne jednostki i kierunku równoległym do równi i zwrocie w górę równi.

1 pkt – poprawne narysowanie na diagramie siły reakcji wagi $\vec{F}_r$ przyłożonej w punkcie S o wartości równej 8 umownych jednostek, kierunku prostopadłym do równi i zwrocie od równi

LUB

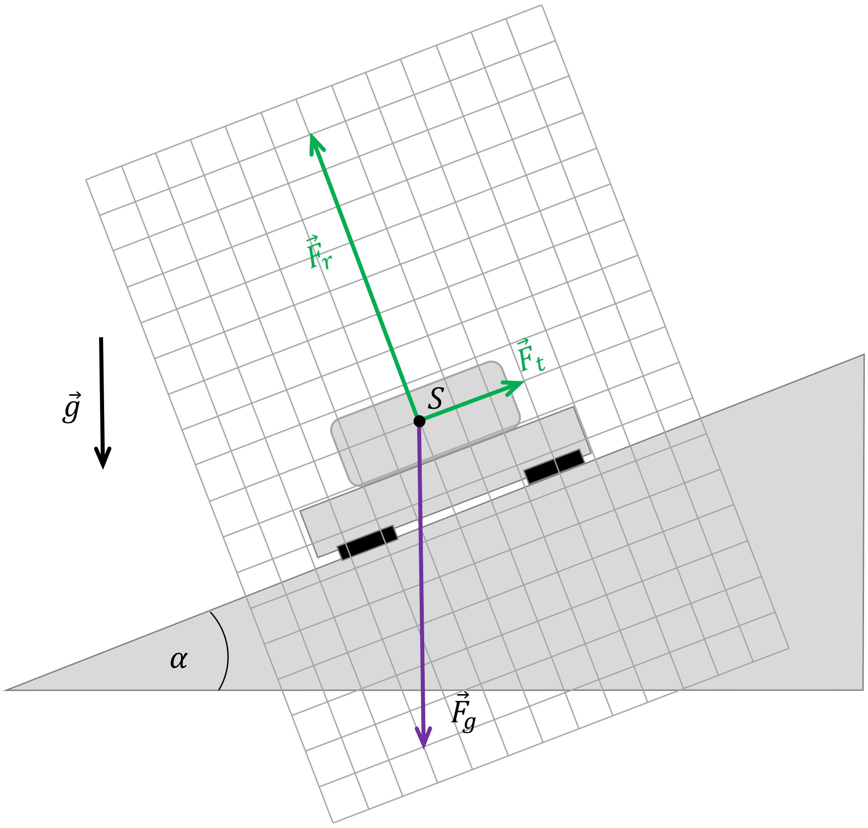
– poprawne narysowanie na diagramie siły tarcia statycznego $\vec{F}_t$ przyłożonej w punkcie S o wartości równej 3 umowne jednostki i kierunku równoległym do równi i zwrocie w górę równi

LUB

– narysowanie na diagramie siły reakcji wagi $\vec{F}_r$ przyłożonej w punkcie S o wartości <u>różnej od</u> 8 umownych jednostek, kierunku prostopadłym do równi i zwrocie od równi **oraz** narysowanie na diagramie siły tarcia statycznego $\vec{F}_t$ przyłożonej w punkcie S o wartości <u>różnej od</u> 3 umownych jednostek i kierunku równoległym do równi i zwrocie w górę równi.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie



Zadanie 2.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
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. 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
A3

Zadanie 2.3. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
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. 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
PF

Zadanie 3.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu […]. 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe).

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

C

Zadanie 3.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia. 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe).

Zasady oceniania[2]

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ilorazu $\frac{|A_0A_1|}{R}$ **oraz** podanie wyniku w postaci liczby niewymiernej: $\sqrt{4+\pi^2}$

1 pkt – poprawne wyznaczenie długości odcinka $|A_0A_1|$ za pomocą długości odcinka przemieszczenia w ruchu postępowym i długości średnicy, np. zapisy równoważne poniższym:

$$|A_0A_1| = \sqrt{|A_0B_0|^2 + |B_0A_1|^2}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

[2] Pod opisem warunków za przyznanie punktów, w niektórych przypadkach podano przykładowe zapisy (lub przykładowe zapisy równoważne), które spełniają te warunki w minimalnym stopniu.

Przykładowe pełne rozwiązanie[3]

Zapiszemy związek między długością odcinka $|A_0A_1|$ a długością odcinka przemieszczenia $|B_0A_1|$ w ruchu postępowym i długością średnicy $|A_0B_0|$:

$$|A_0A_1| = \sqrt{|A_0B_0|^2 + |B_0A_1|^2}$$

Odcinki wyrazimy za pomocą promienia R walca. Ponieważ walec toczy się bez poślizgu, to długość odcinka przemieszczenia w ruchu postępowym walca (czyli $|B_0A_1|$) jest równa długości łuku jaki zakreśla punkt A, gdy walec wykonuje pół obrotu. Zatem:

$$|A_0A_1| = \sqrt{(2R)^2 + (\pi R)^2} = \sqrt{4+\pi^2} \cdot R$$

Z powyższego otrzymujemy:

$$\frac{|A_0A_1|}{R} = \sqrt{4+\pi^2}$$

Zadanie 3.3 (0–2)

Wymagania 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: 1.2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia. 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe); 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii. 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia k **oraz** podanie prawidłowej wartości liczbowej (albo jej uwzględnienie we wzorze na energię kinetyczną całkowitą):

$k = 0{,}9$ albo $E_{kin\ calk} = 0{,}9mv^2$

1 pkt – zapisanie energii kinetycznej całkowitej jako sumy energii kinetycznej ruchu obrotowego i energii kinetycznej ruchu postępowego walca $\mathcal{W}$ **oraz** wykorzystanie/zapisanie wzorów na obie te energie, np. zapisy równoważne poniższym:

$E_{kin\ calk} = E_{kin\ post} + E_{kin\ obr}$ oraz $\left(E_{kin\ post} = \frac{1}{2}mv^2\right.$ i $\left.E_{kin\ obr} = \frac{1}{2}I_0\omega^2\right)$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

[3] Przykładowe rozwiązania mogą zawierać dodatkowe wyjaśnienia/komentarze, które nie podlegają ocenie. Wymagane elementy rozwiązania zdającego podlegające ocenie są wyszczególnione i opisane w kryteriach punktacji zasad oceniania. Dodatkowe komentarze w rozwiązaniu zamieszczono w celach dydaktycznych.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy wzór na całkowitą energię kinetyczną walca i wykorzystamy wzory na energię kinetyczną ruchu postępowego oraz energię kinetyczną ruchu obrotowego walca $\mathcal{W}$:

$$E_{kin\ calk} = kmv^2 = E_{kin\ post} + E_{kin\ obr} \quad \rightarrow \quad E_{kin\ calk} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2$$

Zastosujemy związek między prędkością liniową i prędkością kątową w przypadku toczenia się bez poślizgu oraz wzór na moment bezwładności walca:

$$E_{kin\ calk} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}mR^2\left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{5}{10}mv^2 + \frac{4}{10}mv^2 = \frac{9}{10}mv^2$$

Z powyższego wynika, że $k = 0{,}9$.

Zadanie 4.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.6) (P) […] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową […]. 4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

A

Zadanie 4.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.6) (P) […] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową […]; 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 1A lub 1B)

3 pkt – poprawna metoda ustalenia, który z satelitów ma prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ **oraz** zapisanie poprawnej odpowiedzi.

2 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości orbitalnej satelity S1 **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką

LUB

– zapisanie równania, z którego można wyznaczyć prędkość orbitalną satelity S1 (siła grawitacji jako dośrodkowa, lub bezpośredni wzór na prędkość orbitalną) **oraz** wykazanie, że dla prędkości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ równanie nie jest spełnione.

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji jako siłę dośrodkową (lub przyśpieszenie dośrodkowe jako przyśpieszenie grawitacyjne / natężenie pola grawitacyjnego) **oraz** uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyśpieszenia / natężenia pola), np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{mv_{1P}^2}{r_P} = \frac{GM_Z m}{r_P^2}$$

LUB

– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną satelity S1 z uwzględnieniem (np. poprzez oznaczenia lub wartości danych liczbowych) promienia orbity r_P orbity S1 i masy M_Z Ziemi w tym wzorze, np. zapisy równoważne poniższym:

$$v_{1P} = \sqrt{\frac{GM_Z}{r_P}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 2A lub 2B)

3 pkt – poprawna metoda ustalenia, który z satelitów ma prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ **oraz** zapisanie poprawnej odpowiedzi.

2 pkt – zapisanie równań wyrażających zasadę zachowania energii mechanicznej **oraz** zasadę zachowania momentu pędu dla satelity S2 (tzn. przyrównanie energii mechanicznych oraz momentów pędu satelity S2 w punktach P i A) **oraz** wykorzystanie wzorów na energie mechaniczne i momenty pędu w punktach P i A **oraz** podstawienie <u>wszystkich</u> wartości liczbowych <u>w celu sprawdzenia</u>, czy dla prędkości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ równanie jest spełnione

LUB

– zapisanie równań wyrażających zasadę zachowania energii mechanicznej **oraz** zasadę zachowania momentu pędu dla satelity S2 (tzn. przyrównanie energii mechanicznych oraz momentów pędu satelity S2 w punktach P i A) **oraz** wykorzystanie wzorów na energie mechaniczne i momenty pędu w punktach P i A **oraz** poprawne wyprowadzenie wzoru na wartość prędkości satelity S2 w punkcie P, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\begin{cases} \dfrac{mv_{2P}^2}{2} - \dfrac{GM_Z m}{r_P} = \dfrac{mv_{2A}^2}{2} - \dfrac{GM_Z m}{r_A} \\ mv_{2P}r_P = mv_{2A}r_A \end{cases} \quad \rightarrow \quad v_{2P} = \sqrt{\frac{2GM_Z}{(r_A + r_P)} \cdot \frac{r_A}{r_P}}$$

LUB

– zapisanie bezpośredniego wzoru na prędkość S2 w punkcie P orbity **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką, np. zapisy równoważne poniższym

$$v_{2P} = \sqrt{\frac{2GM_Z}{(r_A + r_P)} \cdot \frac{r_A}{r_P}} \qquad \rightarrow \qquad v_{2P} \approx 6{,}3\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

1 pkt – zapisanie równań wyrażających zasadę zachowania energii mechanicznej **oraz** zasadę zachowania momentu pędu dla satelity S2 (tzn. przyrównanie energii mechanicznych oraz momentów pędu satelity S2 w punktach P i A), **oraz** wykorzystanie wzorów na energie mechaniczne albo na momenty pędu w punktach P i A, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{2P} = E_{2A} \qquad \text{oraz} \qquad mv_{2P}r_P = mv_{2A}r_A$$

albo

$$\frac{mv_{2P}^2}{2} - \frac{GM_Zm}{r_P} = \frac{mv_{2A}^2}{2} - \frac{GM_Zm}{r_A} \qquad \text{oraz} \qquad L_{2P} = L_{2A}$$

LUB

– zapisanie bezpośredniego wzoru (bez wyprowadzenia) na prędkość S2 w punkcie P orbity, np. zapisy równoważne poniższym:

$$v_{2P} = \sqrt{\frac{2GM_Z}{(r_A + r_P)} \cdot \frac{r_A}{r_P}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1A.

Obliczymy wartość v_{1P} prędkości, z jaką satelita S1 porusza się po orbicie kołowej o promieniu r_P. Skorzystamy z faktu, że siła grawitacji działająca na S1 jest siłą dośrodkową:

$$\frac{mv_{1P}^2}{r_P} = \frac{GM_Zm}{r_P^2} \qquad \rightarrow \qquad v_{1P} = \sqrt{\frac{GM_Z}{r_P}}$$

$$v_{1P} = \sqrt{\frac{6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{1{,}5 \cdot 10^7\ \mathrm{m}}} \approx 5{,}15 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 5{,}15\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

Wartość prędkości satelity S1 w punkcie P jest równa $5{,}15\ \mathrm{km/s}$ co oznacza, że prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ musi mieć satelita S2.

Sposób 1B.

Zapiszemy równanie wynikające z faktu, że siła grawitacji działająca na satelitę S1 jest siłą dośrodkową:

$$\frac{mv_{1P}^2}{r_P} = \frac{GM_Z m}{r_P^2} \qquad \rightarrow \qquad v_{1P}^2 = \frac{GM_Z}{r_P}$$

Sprawdzimy, czy równanie jest spełnione dla $v_{1P} = 6{,}3\ \mathrm{km/s}$. Podstawimy dane liczbowe i obliczymy lewą oraz prawą stronę równania:

$$LSR = \left(6{,}3 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 \approx 40 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

$$PSR = \frac{6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{1{,}5 \cdot 10^7\ \mathrm{m}} \approx 27 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

Z obliczeń wynika, że równanie dla $v_{1P} = 6{,}3\ \mathrm{km/s}$ <u>nie jest</u> spełnione:

$$LSR \neq PSR$$

Zatem satelita S1 nie może mieć prędkości o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$. Z warunków zadania (jeden z satelitów ma prędkość $6{,}3\ \mathrm{km/s}$) wynika, że prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ musi mieć satelita S2.

Sposób 2A.

Obliczymy wartość v_{2P} prędkości, jaką ma satelita S2 w punkcie P. Wykorzystamy zasadę zachowania energii mechanicznej oraz zasadę zachowania momentu pędu dla satelity S2. Przyrównamy te wielkości w punktach P i A orbity eliptycznej:

$$\begin{cases} E_{2P} = E_{2A} \\ L_{2P} = L_{2A} \end{cases}$$

Do powyższego układu równań podstawimy odpowiednie wzory na energię mechaniczną i moment pędu, następnie przekształcimy układ równań i wyznaczymy v_{2P}.

$$\begin{cases} \dfrac{mv_{2P}^2}{2} - \dfrac{GM_Z m}{r_P} = \dfrac{mv_{2A}^2}{2} - \dfrac{GM_Z m}{r_A} \\ mv_{2P}r_P = mv_{2A}r_A \end{cases} \quad \rightarrow \quad v_{2P}^2 - \frac{(v_{2P}r_P)^2}{r_A^2} = \frac{2GM_Z}{r_P} - \frac{2GM_Z}{r_A}$$

$$v_{2P}^2\left(1 - \frac{r_P^2}{r_A^2}\right) = 2GM_Z\left(\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_A}\right) \quad \rightarrow \quad v_{2P}^2\left(\frac{r_A^2 - r_P^2}{r_A^2}\right) = 2GM_Z\left(\frac{r_A - r_P}{r_A r_P}\right)$$

$$v_{2P}^2\left(\frac{r_A + r_P}{r_A}\right) = 2GM_Z\left(\frac{1}{r_P}\right) \quad \rightarrow$$

$$v_{2P} = \sqrt{\frac{2GM_Z}{(r_A + r_P)} \cdot \frac{r_A}{r_P}} \quad \rightarrow$$

$$v_{2P} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(1{,}5 + 3 \cdot 1{,}5) \cdot 10^7\ \mathrm{m}} \cdot \frac{3}{1}} \approx 6{,}31 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ w punkcie P ma satelita S2.

Sposób 2B.

Zapiszemy równania wynikające z zasady zachowania energii mechanicznej oraz zasady zachowania momentu pędu dla satelity S2. Przyrównamy te wielkości w punktach P i A orbity eliptycznej:

$$\begin{cases} E_{2P} = E_{2A} \\ L_{2P} = L_{2A} \end{cases}$$

Do powyższego układu równań podstawimy odpowiednie wzory na energię mechaniczną i moment pędu, następnie przekształcimy te równania do prostszej postaci:

$$\begin{cases} \dfrac{mv_{2P}^2}{2} - \dfrac{GM_z m}{r_P} = \dfrac{mv_{2A}^2}{2} - \dfrac{GM_z m}{r_A} \\ mv_{2P}r_P = mv_{2A}r_A \end{cases} \quad \rightarrow \quad v_{2P}^2 - \frac{(v_{2P}r_P)^2}{r_A^2} = \frac{2GM_z}{r_P} - \frac{2GM_z}{r_A}$$

$$v_{2P}^2\left(1 - \frac{r_P^2}{r_A^2}\right) = 2GM_z\left(\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_A}\right)$$

Sprawdzimy, czy równanie jest spełnione dla $v_{2P} = 6{,}3\ \mathrm{km/s}$. Podstawimy dane liczbowe i obliczymy lewą oraz prawą stronę równania:

$$LSR = \left(6{,}3 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2\right) \approx 35 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

$$PSR = \frac{2 \cdot 6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \dfrac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{10^7\ \mathrm{m}} \cdot \left(\frac{1}{1{,}5} - \frac{1}{4{,}5}\right) \approx 35 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

Z obliczeń wynika, że równanie dla $v_{2P} = 6{,}3\ \mathrm{km/s}$ jest spełnione:

$$LSR = PSR$$

Zatem satelita S2 ma prędkość o wartości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$.

Zadanie 4.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 4.7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi; 4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu okresów obiegu satelitów S1 i S2 dookoła Ziemi **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $\frac{T_1}{T_2} \approx 0{,}35$

2 pkt – zapisanie równania III prawa Keplera (dla satelitów S1 i S2) z uwzględnieniem okresów obiegu S1 i S2 dookoła Ziemi, półosi wielkiej orbity S2, promienia orbity S1 **oraz** poprawna metoda obliczenia długości półosi wielkiej orbity eliptycznej satelity S2, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{T_1^2}{r_P^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} \quad \text{oraz} \quad 2a_2 = r_P + r_A$$

albo

$$\frac{T_1^2}{r_P^3} = \frac{T_2^2}{\left(\frac{r_P + r_A}{2}\right)^3}$$

1 pkt – zapisanie równania III prawa Keplera (dla satelitów S1 i S2) <u>z uwzględnieniem</u> okresów obiegu S1 i S2 dookoła Ziemi, półosi wielkiej orbity S2, promienia orbity S1, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{T_1^2}{r_P^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia długości półosi wielkiej orbity eliptycznej satelity S2, np. zapisy równoważne poniższym:

$$2a_2 = r_P + r_A$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Satelity S1 oraz S2 obiegają Ziemię – wspólne centrum grawitacyjne. Zatem iloraz okresów obiegu S1 i S2 dookoła Ziemi obliczymy z III prawa Keplera:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} \quad \rightarrow \quad \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3}$$

gdzie a_2 jest długością półosi wielkiej dla okołoziemskiej, eliptycznej orbity satelity S2, natomiast a_1 jest promieniem dla okołoziemskiej, kołowej orbity satelity S1:

$$a_1 = r_P$$

Obliczymy a_2:

$$a_2 = \frac{r_P + r_A}{2} \quad \rightarrow \quad a_2 = \frac{r_P + 3r_P}{2} = 2r_P$$

Podstawimy dane do równania wynikającego z III prawa Keplera:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3} \quad \rightarrow \quad \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\left(\frac{r_P}{2r_P}\right)^3} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^3} \approx 0{,}35$$

Zadanie 5.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne narysowanie wykresów na trzech diagramach 1.–3.
2 pkt – poprawne narysowanie wykresów na dwóch diagramach spośród 1.–3.
1 pkt – poprawne narysowanie wykresu na jednym z diagramów 1.–3.
0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Diagram 1.

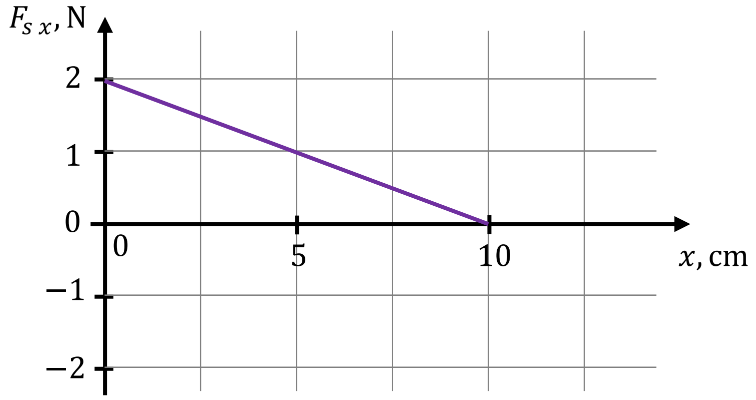


Diagram 2.

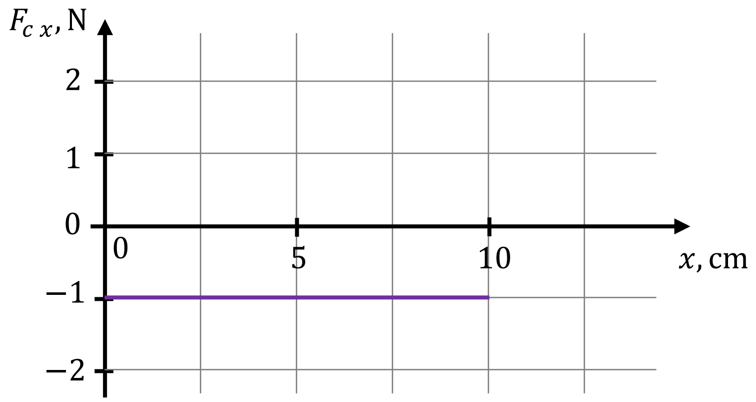
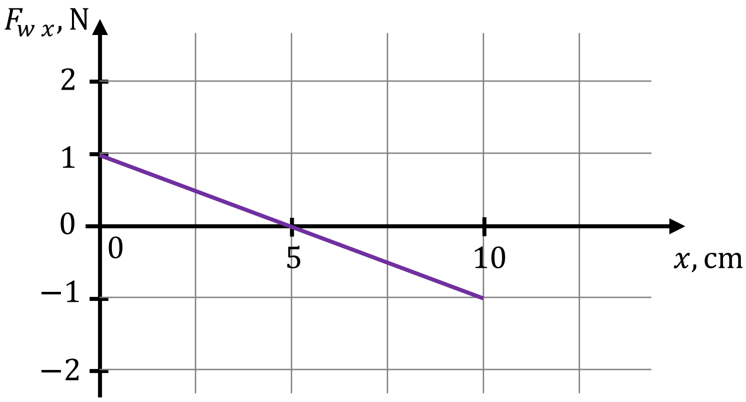


Diagram 3.



Zadanie 5.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego.

3 pkt – poprawna metoda obliczenia okresu drgań ciężarka **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $T \approx 0{,}45\ \mathrm{s}$

2 pkt – wykorzystanie wzoru na okres drgań ciężarka **oraz** zapisanie warunku równowagi sił w położeniu równowagi ciężarka, np. zapisy równoważne poniższym:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad \text{oraz} \qquad mg = k\Delta x_0$$

gdzie k to współczynnik sprężystości sprężyny, Δx_0 oznacza rozciągnięcie sprężyny od jej długości swobodnej do położenia równowagi ciężarka.

1 pkt – wyprowadzenie lub bezpośrednie zapisanie wzoru na wartość siły wypadkowej działającej na ciężarek w postaci:

$$F_w = k\Delta x_1$$

gdzie Δx_1 oznacza rozciągnięcie sprężyny od położenia równowagi ciężarka (nie od długości swobodnej sprężyny!) do dowolnego punktu

LUB

– wykorzystanie/zapisanie wzoru na okres drgań ciężarka w postaci:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

gdzie k to współczynnik sprężystości sprężyny

LUB

– zapisanie warunku równowagi sił w postaci:

$$mg = k\Delta x_0$$

gdzie Δx_0 oznacza rozciągnięcie sprężyny od jej długości swobodnej do położenia równowagi ciężarka.

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Siła harmoniczna działająca na ciało w ruchu drgającym ma w ogólności postać:

$$\overrightarrow{F_h} = -\mathcal{K}\overrightarrow{\Delta x}$$

dla pewnego współczynnika $\mathcal{K}$ i wektora wychylenia z położenia równowagi $\overrightarrow{\Delta x}$. Okres drgań ciała o masie m wyraża się wtedy wzorem:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\mathcal{K}}}$$

Określimy $\mathcal{K}$ dla siły wypadkowej działającej na ciężarek zawieszony na sprężynie w polu grawitacyjnym i wykonujący drgania w kierunku pionowym, wzdłuż osi x skierowanej w górę. Na ciężarek działa siła sprężystości sprężyny (skierowana w górę) oraz siła grawitacji (skierowana w dół). Zatem wartość siły wypadkowej wynosi:

$$F_w = F_s - mg$$

Wykorzystamy wzór na siłę sprężystości. Rozciągnięcie sprężyny od jej długości swobodnej do położenia x_0 równowagi sił (działających na ciężarek) oznaczymy jako Δx_0. Rozciągnięcie sprężyny od położenia równowagi x_0 do dowolnego punktu oznaczymy jako Δx_1. Siła sprężystości ma wartość:

$$F_s = k(\Delta x_0 + \Delta x_1)$$

Wykorzystamy warunek równowagi sił w położeniu x_0 oraz uwzględnimy zwrot osi x. Zatem siła wypadkowa wyraża się wzorem:

$$F_w = k(\Delta x_0 + \Delta x_1) - mg \qquad \text{oraz} \qquad k\Delta x_0 = mg$$

Z dwóch powyższych równań ostatecznie wynika wzór na wartość siły wypadkowej:

$$F_w = k\Delta x_1$$

Zatem:

$$\mathcal{K} = k$$

Czyli wzór na okres drgań ciężarka ma postać:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\mathcal{K}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ponownie wykorzystamy warunek równowagi sił w położeniu x_0 ciężarka:

$$k\Delta x_0 = mg \qquad \rightarrow \qquad \frac{m}{k} = \frac{\Delta x_0}{g}$$

Ostatnią zależność podstawimy do wzoru na okres drgań:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta x_0}{g}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}05\ \mathrm{m}}{9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} \approx 0{,}45\ \mathrm{s}$$

Zadanie 6. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	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; 5.12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu mas **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $\frac{m}{M} \approx 0{,}47$

3 pkt – zapisanie równania (bilansu energii) wskazującego na wymianę energii w postaci ciepła pomiędzy wodą a lodem **oraz** uwzględnienie, że energia w postaci ciepła oddana przez wodę, a pobrana przez lód, została zużytkowana na jego ogrzanie i stopienie, **oraz** uwzględnienie związków między ciepłem oddanym przez wodę, ciepłem pobranym lód a odpowiednimi ciepłami właściwymi, zmianami temperatur i masami, np. zapisy równoważne poniższym:

$$Mc_w|\Delta T_M| = mc_l|\Delta T_m| + mL$$

2 pkt – zapisanie równania (bilansu energii) wskazującego na wymianę energii w postaci ciepła pomiędzy wodą a lodem **oraz** uwzględnienie, że energia w postaci ciepła pobrana przez lód została zużytkowana na jego ogrzanie i stopienie, np. zapisy równoważne poniższym:

$$|Q_M| = |Q_m|_{ogrzanie} + |Q_m|_{topnienie}$$

LUB

– zapisanie równania / wyrażenia wskazującego na to, że energia w postaci ciepła pobrana przez lód została zużytkowana na jego ogrzanie i stopienie **oraz** uwzględnienie związków między tymi ciepłami a zmianą temperatury lodu, ciepłem właściwym lodu i ciepłem topnienia lodu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$|Q_m| = mc_l|\Delta T_m| + mL$$

1 pkt – zapisanie równania (bilansu energii) wskazującego na wymianę energii w postaci ciepła pomiędzy wodą a lodem, np. zapisy równoważne poniższym:

$|Q_M| = |Q_m|$

LUB

– zapisanie równania / wyrażenia wskazującego na to, że energia w postaci ciepła pobrana przez lód została zużytkowana na jego ogrzanie i stopienie, np. zapisy równoważne poniższym:

$|Q_m| = |Q_m|_{ogrzanie} + |Q_m|_{topnienie}$

LUB

– zapisanie związku między ciepłem oddanym przez wodę a zmianą temperatury wody, np. zapisy równoważne poniższym:

$|Q_M| = Mc_w|\Delta T_M|$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Rozważamy układ złożony z wody o masie M i lodu o masie m. Zgodnie z założeniem układ nie wymienia energii z otoczeniem. Zatem, zgodnie z I zasadą termodynamiki zmiana energii wewnętrznej ΔU_{Mm} układu jako całości jest równa zero:

$$\Delta U_{Mm} = 0 \qquad \rightarrow \qquad \Delta U_M + \Delta U_m = 0$$

Z tego wynika, że wyodrębnione podukłady wymieniają się wzajemnie energią wewnętrzną w postaci ciepła. Woda oddaje ciepło (chłodząc się) a lód pobiera ciepło (na ogrzanie i topnienie):

$$-|Q_M| + |Q_m| = 0 \qquad \rightarrow \qquad |Q_M| = |Q_m|$$

$$|Q_M| = |Q_m|_{ogrzanie} + |Q_m|_{topnienie}$$

Wykorzystamy wzory z ciepłem właściwym wody, lodu oraz ciepłem topnienia lodu:

$$Mc_w|\Delta T_M| = mc_l|\Delta T_m| + mL$$

$$Mc_w|\Delta T_M| = m(c_l|\Delta T_m| + L)$$

Obliczymy iloraz $\frac{m}{M}$:

$$\frac{m}{M} = \frac{c_w|\Delta T_M|}{c_l|\Delta T_m| + L}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{4\,200 \cdot 40}{2\,050 \cdot 10 + 334\,000} \approx 0{,}474$$

Zadanie 7.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech stwierdzeniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
PFP

Zadanie 7.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego. 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawna metoda obliczenia współczynnika k **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $k \approx 1{,}67$
2 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na współczynnik k dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ przemiany adiabatycznej $A \rightarrow B$ **oraz** podanie prawidłowej postaci wzoru:

$$p_X \cdot (V_X)^k = p_Y \cdot (V_Y)^k \qquad \rightarrow \qquad k = \log_{\left(\frac{V_X}{V_Y}\right)}\left(\frac{p_Y}{p_X}\right)$$

LUB

– zapisanie równania dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ przemiany adiabatycznej $A \rightarrow B$ **oraz** podstawienie prawidłowych współrzędnych stanów X, Y odczytanych z wykresu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$2\,900 \cdot (11{,}5)^k = 1\,150 \cdot (20)^k$$

1 pkt – zapisanie równania dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ przemiany adiabatycznej $A \to B$ w postaci równoważnej do:

$p_X \cdot (V_X)^k = p_Y \cdot (V_Y)^k$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Sposób 1.

Z podanej w zadaniu zależności wynika, że dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ w przemianie adiabatycznej $A \to B$ zachodzi:

$$p_X \cdot (V_X)^k = p_Y \cdot (V_Y)^k$$

Przekształcimy równanie do postaci $b = a^c$:

$$\frac{p_Y}{p_X} = \left(\frac{V_X}{V_Y}\right)^k$$

Skorzystamy z definicji logarytmu:

$$k = \log_{\left(\frac{V_X}{V_Y}\right)} \left(\frac{p_Y}{p_X}\right)$$

Wybierzemy konkretne stany w przemianie $A \to B$ i odczytamy z wykresu ich współrzędne:

$$X = A = (11{,}5\ \mathrm{dm}^3\ ;\ 2\,900\ \mathrm{hPa}) \qquad Y = B = (20\ \mathrm{dm}^3\ ;\ 1\,150\ \mathrm{hPa})$$

Podstawimy odczytane z wykresu współrzędne do wzoru na k:

$$k = \log_{\frac{11{,}5}{20}} \left(\frac{1\,150}{2\,900}\right) \approx \log_{0{,}575} 0{,}3966 = \frac{\log 0{,}3966}{\log 0{,}575} \approx 1{,}67$$

Sposób 2.

Z podanej w zadaniu zależności wynika, że dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ w przemianie adiabatycznej $A \to B$ zachodzi:

$$p_X \cdot (V_X)^k = p_Y \cdot (V_Y)^k$$

Wybierzemy konkretne stany w przemianie $A \to B$ i odczytamy z wykresu ich współrzędne:

$$X = A = (11{,}5\ \mathrm{dm}^3\ ;\ 2\,900\ \mathrm{hPa}) \qquad Y = B = (20\ \mathrm{dm}^3\ ;\ 1\,150\ \mathrm{hPa})$$

Podstawimy odczytane z wykresu współrzędne do równania adiabaty:

$$2\,900 \cdot (11{,}5)^k = 1\,150 \cdot (20)^k$$

$$2{,}522 = 1{,}739^k$$

Powyższe równanie zlogarytmujemy obustronnie logarytmem dziesiętnym:

$$\log 2{,}522 = k \log 1{,}739$$

$$k = \frac{\log 2{,}522}{\log 1{,}739} \approx 1{,}67$$

Zadanie 7.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.1) […] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości bezwzględnej zmiany temperatury w przemianie $A \to B$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką:

$|\Delta T_{AB}| \approx 124\ \mathrm{K}$

2 pkt – poprawne zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $A \to B$ **oraz** uwzględnienie faktu, że $Q_{AB} = 0$, **oraz** uwzględnienie związku między zmianą energii wewnętrznej a zmianą temperatury, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{3}{2} nR\Delta T_{AB} = -|W_{AB}|$$

LUB

– wykorzystanie równania stanu gazu doskonałego do obliczenia objętości i ciśnienia gazu dla stanów A i B **oraz** prawidłowa identyfikacja wartości liczbowych (wyrażonych w odpowiednich jednostkach) objętości i ciśnienia w stanach A i B, np. zapisy równoważne poniższym:

$p_A V_A = nRT_A$ oraz $p_B V_B = nRT_B$

oraz

$V_A = 11{,}5\ \mathrm{dm^3}$; $p_A = 2\,900\ \mathrm{hPa}$; $V_B = 20\ \mathrm{dm^3}$; $p_B = 1\,150\ \mathrm{hPa}$

LUB

– poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na $|\Delta T_{AB}|$ z wykorzystaniem równania stanu **oraz** podanie poprawnej postaci tego wzoru:

$$|T_B - T_A| = \left|\frac{p_B V_B}{nR} - \frac{p_A V_A}{nR}\right| = \left|\frac{p_B V_B - p_A V_A}{nR}\right|$$

1 pkt – poprawne zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $A \to B$ **oraz** uwzględnienie faktu, że $Q_{AB} = 0$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{AB} = -|W_{AB}|$

LUB

– wykorzystanie równania stanu gazu doskonałego do obliczenia objętości i ciśnienia gazu dla stanów A i B, np. zapisy równoważne poniższym:

$p_A V_A = nRT_A$ oraz $p_B V_B = nRT_B$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Sposób 1. (z wykorzystaniem I zasady termodynamiki)

W przemianie adiabatycznej $A \to B$ gaz nie wymienia ciepła z otoczeniem:

$$Q_{AB} = 0$$

Zapiszemy pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany $A \to B$ i uwzględnimy powyższy warunek oraz konwencję znaków (gaz traci energię w postaci pracy siły parcia):

$$\Delta U_{AB} = W_{AB} + Q_{AB} \qquad \to \qquad \Delta U_{AB} = -|W_{AB}|$$

Wykorzystamy wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego:

$$\frac{3}{2} nR\Delta T_{AB} = -|W_{AB}| \qquad \to \qquad \Delta T_{AB} = -\frac{2|W_{AB}|}{3nR}$$

$$\Delta T_{AB} = -\frac{2 \cdot 1\,542\ \mathrm{J}}{3 \cdot 1\ \mathrm{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot mol}}} \qquad \to \qquad |\Delta T_{AB}| \approx 124\ \mathrm{K}$$

Sposób 2. (z wykorzystaniem równania stanu)

Do obliczenia temperatur gazu w stanach A i B skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego:

$$p_A V_A = nRT_A \qquad \text{oraz} \qquad p_B V_B = nRT_B$$

Odczytamy z wykresu objętości i ciśnienia gazu dla stanów A i B:

$$V_A = 11{,}5\ \mathrm{dm^3}\ ;\ p_A = 2\,900\ \mathrm{hPa} \quad \text{oraz} \quad V_B = 20\ \mathrm{dm^3}\ ;\ p_B = 1\,150\ \mathrm{hPa}$$

Obliczymy temperatury w stanach A i B:

$$T_A = \frac{p_A V_A}{nR} \qquad \text{oraz} \qquad T_B = \frac{p_B V_B}{nR}$$

$$T_A = \frac{11{,}5\ \mathrm{dm^3} \cdot 2\,900\ \mathrm{hPa}}{1\ \mathrm{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot mol}}} = \frac{11{,}5 \cdot 2\,900 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{J}}{8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}} \approx 401\ \mathrm{K}$$

$$T_B = \frac{20\ \mathrm{dm^3} \cdot 1\,150\ \mathrm{hPa}}{1\ \mathrm{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot mol}}} = \frac{20 \cdot 1\,150 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{J}}{8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}} \approx 277\ \mathrm{K}$$

Obliczymy wartość bezwzględną różnicy temperatur:

$$|\Delta T_{AB}| = |T_B - T_A| \approx |277\ \mathrm{K} - 401\ \mathrm{K}| \approx 124\ \mathrm{K}$$

Zadanie 8.1. (0–3)

Wymagania 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 i analiza ich wyników.	Zdający: 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia mocy wydzielanej na żarówce **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką, zawierającego się w przedziale:

od $P = 2{,}9\ \mathrm{W}$ do $P = 3{,}0\ \mathrm{W}$

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia oporu żarówki (z danych znamionowych) **oraz** poprawna metoda wyznaczenia natężenia prądu w obwodzie (z II prawa Kirchhoffa), **oraz** zapisanie wzorów na opór żarówki i natężenie prądu (albo podanie ich wartości liczbowych), np. zapisy równoważne poniższym:

$$R = \frac{4{,}5^2\ \mathrm{V}^2}{3{,}5\ \mathrm{W}} \qquad \text{oraz} \qquad I = \frac{\mathcal{E}}{r_w + R}$$

LUB

– zapisanie wzoru na moc wydzielaną na żarówce z uwzględnieniem natężenia prądu i oporu żarówki **oraz** poprawna metoda wyznaczenia oporu żarówki (z danych znamionowych), np. zapisy równoważne poniższym:

$$P = I^2R \qquad \text{oraz} \qquad R = \frac{4{,}5^2\ \mathrm{V}^2}{3{,}5\ \mathrm{W}}$$

LUB

– zapisanie wzoru na moc wydzielaną na żarówce z uwzględnieniem natężenia prądu i oporu żarówki **oraz** poprawna metoda wyznaczenia natężenia prądu w obwodzie (z II prawa Kirchhoffa), np. zapisy równoważne poniższym:

$$P = I^2R \qquad \text{oraz} \qquad I = \frac{\mathcal{E}}{r_w + R}$$

1 pkt – poprawna metoda wyznaczenia oporu żarówki z danych znamionowych, tzn. zapisanie wyrażenia pozwalającego bezpośrednio wyznaczyć opór żarówki (za pomocą symboli lub danych liczbowych), np. zapisy równoważne poniższym:

$$R = \frac{U_z^2}{P_z} \qquad \text{albo} \qquad R = \frac{4{,}5^2\ \mathrm{V}^2}{3{,}5\ \mathrm{W}}$$

LUB

– zapisanie równania wynikającego z II prawa Kirchhoffa dla obwodu, pozwalającego wyznaczyć natężenie prądu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\mathcal{E} = Ir_w + IR$$

LUB

– zapisanie wzoru na moc wydzielaną na żarówce z uwzględnieniem natężenia prądu i oporu żarówki, np. zapisy równoważne poniższym:

$P = I^2 R$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy wzór na moc wydzielaną na elemencie (tutaj na żarówce) o oporze elektrycznym R, przez który płynie stały prąd elektryczny o natężeniu I:

$$1)\quad P = I^2 R$$

Należy wyznaczyć natężenie prądu oraz opór elektryczny żarówki. Opór elektryczny żarówki wyznaczymy z parametrów znamionowych oraz z faktu, że zmiany napięcia nie wpływają na opór żarówki:

$$2a)\quad P_z = \frac{U_z^2}{R} \qquad \rightarrow \qquad 2b)\quad R = \frac{U_z^2}{P_z} = \frac{4{,}5^2\ \mathrm{V}^2}{3{,}5\ \mathrm{W}} = \left(\frac{9}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{2}{7}\right)\ \Omega = \frac{81}{14}\ \Omega \approx 5{,}79\ \Omega$$

Natężenie prądu wyznaczymy z II prawa Kirchhoffa dla obwodu z baterią i żarówką:

$$3a)\quad \mathcal{E} = I r_w + IR \qquad \rightarrow$$

$$3b)\quad I = \frac{\mathcal{E}}{r_w + R} = \frac{4{,}5\ \mathrm{V}}{0{,}5\ \Omega + \frac{81}{14}\ \Omega} = \frac{63}{88}\ \mathrm{A} \approx 0{,}716\ \mathrm{A}$$

Wyznaczone I oraz R podstawimy do równania 1):

$$4)\quad P = \left(\frac{63}{88}\ \mathrm{A}\right)^2 \cdot \frac{81}{14}\ \Omega \approx 2{,}97\ \mathrm{W} \approx 3{,}0\ \mathrm{W}$$

Zadanie 8.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu […]. 9.15) opisuje działanie diody jako prostownika.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

B3

Zadanie 9.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.6) przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna konstrukcja i prawidłowe narysowanie wektora $\vec{p}_B$ w punkcie B, tzn. narysowanie w punkcie B wektora zmiany pędu $\Delta\vec{p}_{AB}$ o kierunku i zwrocie zgodnym z $\vec{E}$ i długości równej 6 ujp **oraz** poprawne graficzne skonstruowanie sumy wektorów $\vec{p}_B = \vec{p}_A + \Delta\vec{p}_{AB}$ (o długości równej 8 ujp).

1 pkt – narysowanie w punkcie B wektora zmiany pędu $\Delta\vec{p}_{AB}$ o kierunku i zwrocie zgodnym z $\vec{E}$ i długości równej 6 ujp

LUB

– narysowanie w punkcie B wektora zmiany pędu $\Delta\vec{p}_{AB}$ o kierunku i zwrocie zgodnym z $\vec{E}$ i długości różnej od 6 ujp **oraz** konsekwentne z tym skonstruowanie sumy wektorów $\vec{p}_B = \vec{p}_A + \Delta\vec{p}_{AB}$.

Uwaga! Wektor zmiany pędu $\Delta\vec{p}_{AB}$ może być alternatywnie narysowany na końcu wektora $\vec{p}_A$ przeniesionego równolegle do punktu B.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Komentarz do rozwiązania – konstrukcji na diagramie

Zgodnie z II zasadą dynamiki, wektor zmiany pędu ciała ma taki sam kierunek i zwrot jak siła wypadkowa działająca na ciało. Siła działająca na proton w polu elektrycznym ma kierunek i zwrot zgodny z kierunkiem i zwrotem pola elektrycznego. Zatem wektor zmiany pędu protonu ma kierunek i zwrot jak pole elektryczne:

$$\Delta\vec{p}_{AB} \propto \vec{E}$$

Długość tego wektora to <u>6 umownych jednostek pędu</u>. Ponieważ

$$\Delta\vec{p}_{AB} = \vec{p}_B - \vec{p}_A \qquad \text{to} \qquad \vec{p}_B = \vec{p}_A + \Delta\vec{p}_{AB}$$

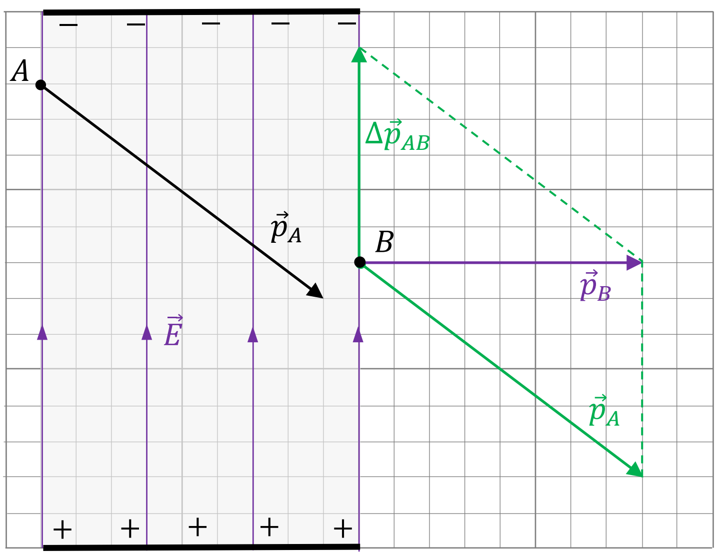
Zatem konstrukcję wektora $\vec{p}_B$ wykonujemy następująco:

Krok 1.

Rysujemy w punkcie B wektor zmiany pędu $\Delta\vec{p}_{AB}$, o kierunku i zwrocie zgodnym z $\vec{E}$ i długości 6 ujp.

Krok 2

Przenosimy równolegle wektor $\vec{p}_A$ do punktu B. Wektor $\vec{p}_B$ jest sumą wektorów: $\vec{p}_A + \Delta\vec{p}_{AB}$. Konstrukcję tej sumy wektorów wykonujemy metodą równoległoboku.



Zadanie 9.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. 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. 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.6) przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości natężenia pola elektrycznego **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $E \approx 63\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$

2 pkt – zapisanie II zasady dynamiki jako związku między zmianą pędu a siłą wypadkową i czasem działania tej siły **oraz** wykorzystanie związku między siłą elektryczną a ładunkiem i natężeniem pola elektrycznego, **oraz** wykorzystanie warunku zadania wiążącego zmianę pędu protonu z jego pędem w punkcie A, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{0{,}6p_A}{\Delta t} = eE \quad \text{albo} \quad \left(\frac{\Delta p_{AB}}{\Delta t} = F \quad \text{oraz} \quad F = eE \quad \text{oraz} \quad \Delta p_{AB} = 0{,}6p_A\right)$$

LUB

– zapisanie II zasady dynamiki jako związku między zmianą pędu a siłą wypadkową i czasem działania tej siły **oraz** wykorzystanie warunku zadania wiążącego zmianę pędu protonu z jego pędem w punkcie A, **oraz** wykorzystanie wzoru na pęd w punkcie A, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{0{,}6mv_A}{\Delta t} = F \quad \text{albo} \quad \left(\frac{\Delta p_{AB}}{\Delta t} = F \quad \text{oraz} \quad \Delta p_{AB} = 0{,}6p_A \quad \text{oraz} \quad p_A = mv_A\right)$$

1 pkt – zapisanie II zasady dynamiki jako związku między zmianą pędu a siłą wypadkową i czasem działania tej siły, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{\Delta p_{AB}}{\Delta t} = F$$

LUB

– zapisanie II zasady dynamiki jako związku między przyśpieszeniem a siłą wypadkową i masą **oraz** wykorzystanie związku między siłą elektryczną a ładunkiem i natężeniem pola elektrycznego, np. zapisy równoważne poniższym:

$$ma = eE$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu a siłą wypadkową i czasem działania tej siły:

$$\frac{\Delta p_{AB}}{\Delta t} = F$$

Siła wypadkowa działająca na proton to siła elektryczna. Wykorzystamy związek między tą siłą a natężeniem pola elektrycznego:

$$\frac{\Delta p_{AB}}{\Delta t} = eE$$

gdzie e jest wartością ładunku elementarnego. Wykorzystamy warunek zadania wiążący zmianę pędu protonu z jego pędem w punkcie A:

$$\frac{0{,}6 p_A}{\Delta t} = eE$$

Wykorzystamy wzór na pęd, podstawimy dane liczbowe i obliczymy wartość natężenia pola elektrycznego:

$$\frac{0{,}6 m v_A}{\Delta t} = eE \qquad \rightarrow \qquad E = \frac{0{,}6 m v_A}{e \Delta t}$$

$$E = \frac{0{,}6 \cdot 1{,}673 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot 10^{4}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}} \approx 0{,}627 \cdot 10^{2}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}} = 62{,}7\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$$

Zadanie 10.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia współczynnika n_{sz} załamania światła w szkle pryzmatu **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $n_{sz} \approx 1{,}44$

1 pkt – poprawne zapisanie równania, z uwzględnieniem kąta granicznego, wynikającego z warunku prawa załamania fali dla przejścia światła przez granicę szkło – powietrze i warunku dla całkowitego wewnętrznego odbicia, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin 90°} = \frac{v_{sz}}{v_{pow}} \qquad \text{oraz} \qquad v_{pow} = c$$

albo

$$\sin\alpha_g = \frac{1}{n_{sz}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Współczynnik n_{sz} załamania światła w szkle pryzmatu wyznaczymy na podstawie kąta granicznego dla przejścia światła przez granicę szkło – powietrze. Zapiszemy warunek dla kąta granicznego w tym przypadku:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin 90°} = \frac{v_{sz}}{v_{pow}} \qquad \text{oraz} \qquad v_{pow} = c \qquad \rightarrow \qquad \frac{\sin\alpha_g}{1} = \frac{v_{sz}}{c} = \frac{1}{n_{sz}}$$

$$n_{sz} = \frac{1}{\sin\alpha_g}$$

$$n_{sz} = \frac{1}{\sin 44°}$$

Wykorzystamy podaną w zadaniu wartość sinusa:

$$n_{sz} = \frac{1}{0{,}6947} \approx 1{,}44$$

Zadanie 10.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie dalszego biegu promienia P1 **oraz** P2 w pryzmacie i dalej – po wyjściu z pryzmatu.

1 pkt – poprawne narysowanie dalszego biegu promienia P1 albo P2 w pryzmacie.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

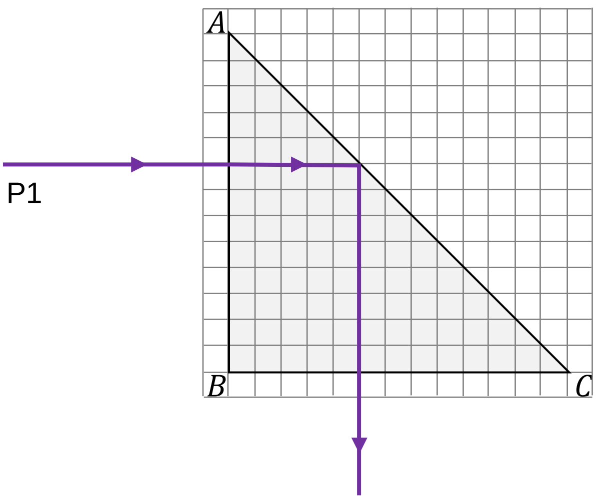
Pełne rozwiązanie

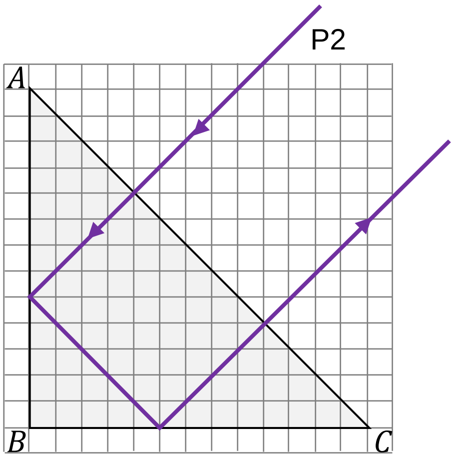
Komentarz do rozwiązania

Promień, który pada prostopadle na ścianę pryzmatu $\mathcal{P}$ przechodzi do szkła bez zmiany kierunku. Następnie promień ten pada od strony szkła na kolejną ścianę pryzmatu pod kątem $\alpha_{sz} = 45°$. Ponieważ:

$$\alpha_{sz} > \alpha_g$$

to nastąpi całkowite wewnętrzne odbicie promienia od ściany pryzmatu.





Zadanie 10.3. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków; 10.7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny.

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
C1

Zadanie 11.1. (0–1)

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 […]; 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α, β, γ […]; 3.4) (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego […]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
PF

Zadanie 11.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
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 alfa […]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne obliczenie liczby atomowej jądra $^{A}_{Z}\mathrm{X}$, z którego po pięciu rozpadach α powstaje jądro izotopu polonu $^{218}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie prawidłowej nazwy pierwiastka tego jądra: *pluton* albo $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ albo Pu

1 pkt – prawidłowa metoda obliczenia liczby atomowej Z jądra $^{A}_{Z}\mathrm{X}$, z którego po pięciu rozpadach α powstaje jądro izotopu polonu $^{218}\mathrm{Po}$

LUB

– zapisanie prawidłowej nazwy lub symbolu pierwiastka jądra $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ bez zapisania obliczeń liczby atomowej tego jądra.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Zachodzi pięć kolejnych rozpadów α, z których pierwszy jest rozpadem jądra $^{A}_{Z}\mathrm{X}$.
W każdym rozpadzie alfa powstaje nowe jądro oraz jądro helu $^{4}_{2}\mathrm{He}$.
Po piątym rozpadzie powstaje jądro $^{218}_{84}\mathrm{Po}$. Zatem:

$$\mathrm{A} - 5 \cdot 4 = 218 \quad \rightarrow \quad \mathrm{A} = 238 \quad \text{(zapis opcjonalny)}$$

$$\mathrm{Z} - 5 \cdot 2 = 84 \quad \rightarrow \quad Z = 94$$

Nazwa lub symbol pierwiastka: *pluton* albo $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ albo Pu

Zadanie 11.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. 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; 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania; oblicza te wielkości dla dowolnego pierwiastka układu okresowego.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii wiązania przypadającej na jeden nukleon dla jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w MeV i zaokrąglonego do trzech cyfr znaczących: $E_{\mathrm{A\,Po}} \approx 7{,}73\ \mathrm{MeV}$

2 pkt – poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie/uwzględnienie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$, **oraz** poprawne podstawienie danych, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = (84 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} + 134 \cdot 1{,}008665\ \mathrm{u} - 217{,}962858\ \mathrm{u}) \cdot c^2$$

LUB

– poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie/uwzględnienie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$, **oraz** zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć energię wiązania przypadającą na nukleon, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = \left(84m_{\mathrm{p}} + 134m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Po}}\right)c^2 \qquad \text{oraz} \qquad E_{\mathrm{A\,Po}} = \frac{E_{w\,\mathrm{Po}}}{218}$$

1 pkt – zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy tego jądra, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = \Delta m_{\mathrm{Po}} c^2$$

LUB

– zapisanie deficytu masy jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ jako różnicy pomiędzy sumą mas wszystkich nukleonów tworzących to jądro a masą jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta m_{\mathrm{Po}} = 84m_{\mathrm{p}} + 134m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Po}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Obliczymy energię wiązania jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$. Wykorzystamy związek pomiędzy energią wiązania a deficytem masy jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = \Delta m_{\mathrm{Po}} c^2$$

Deficyt masy jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ jest równy różnicy sumy mas wszystkich (oddzielnie) nukleonów tworzących jądro i masy m_{Po} tego jądra. Jądro polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ ma 84 protony i 134 neutrony, zatem:

$$\Delta m_{\mathrm{Po}} = 84m_{\mathrm{p}} + 134m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Po}}$$

Energia wiązania jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ wyraża się wzorem:

$$E_{w\ \mathrm{Po}} = (84m_{\mathrm{p}} + 134m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Po}})c^2$$

Do powyższego wzoru podstawimy dane liczbowe w odpowiednich jednostkach. Ponieważ nie wiemy ile cyfr znaczących będzie miał wynik obliczenia deficytu masy, to w pośrednich obliczeniach utrzymujemy tak dużą dokładność, jaka jest podana w zadaniu. Zaokrąglenie wykonamy na końcu rachunku:

$$E_{w\ \mathrm{Po}} = (84 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} + 134 \cdot 1{,}008665\ \mathrm{u} - 217{,}962858\ \mathrm{u}) \cdot c^2$$

$$E_{w\ \mathrm{Po}} = 1{,}809436\ \mathrm{u} \cdot c^2 = 1{,}809436 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV} \approx 1\,685{,}5\ \mathrm{MeV}$$

Obliczymy średnią energię wiązania przypadającą na jeden nukleon jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$:

$$E_{\mathrm{A\ Po}} = \frac{E_{w\ \mathrm{Po}}}{218} = \frac{1\,685{,}5\ \mathrm{MeV}}{218} = 7{,}7316\ldots\ \mathrm{MeV} \approx 7{,}73\ \mathrm{MeV}$$