CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	MFAP-R0-100, MFAP-R0-200, MFAP-R0-400
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 z takim poleceniem 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 treści szkoły podstawowej, dopisano (SP), a gdy zakresu podstawowego szkoły ponadpodstawowej – dopisano (P).

Zadanie 1.1. (0–2)

Wymagania określone w podstawie programowej[1]	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.2) rozróżnia pojęcia położenie, tor i droga; II.3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem wraz z ich jednostkami.

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 $\mathcal{C}$ w czasie Δt_c jest równa $s_c =$ ..... 36 ..... m.

2. Wartość wektora $\frac{\overrightarrow{\Delta x_C}}{\Delta t_C}$ jest równa $\left|\frac{\overrightarrow{\Delta x_C}}{\Delta t_C}\right| =$ ..... $0{,}8$ ..... $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. z 2024 r. poz. 1019).

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu; II.6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci […] wykresów.

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

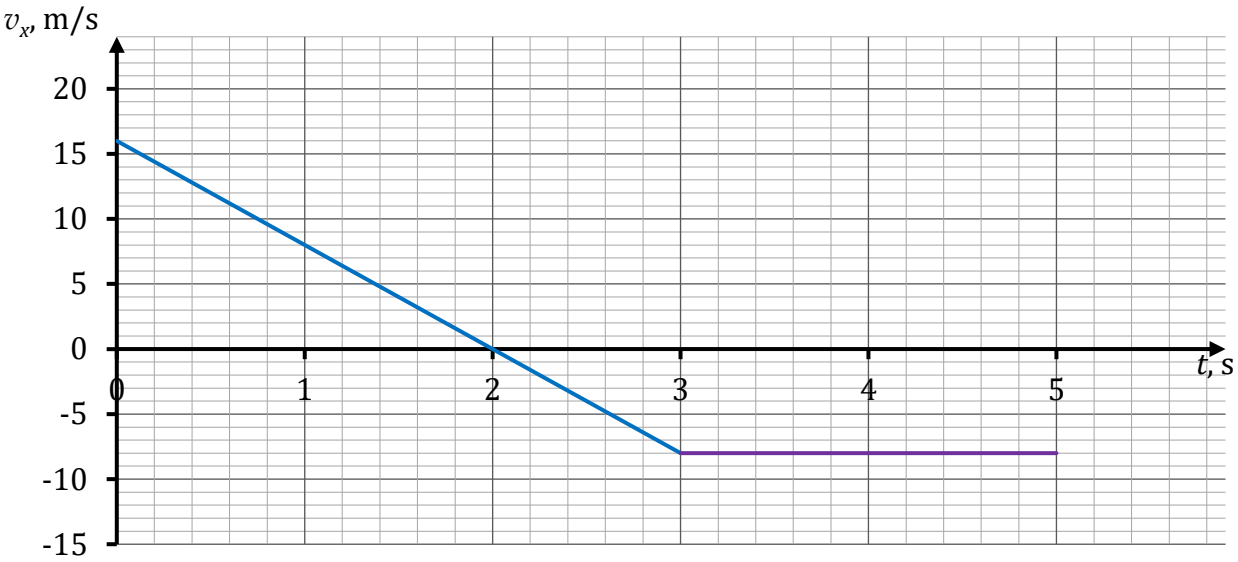
Zadanie 1.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu; II.5) sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $0\ \text{s} \leq t \leq 5\ \text{s}$.
1 pkt – poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $0\ \text{s} \leq t \leq 3\ \text{s}$
LUB
– poprawne narysowanie zależności v_x od czasu t dla $3\ \text{s} < t \leq 5\ \text{s}$
0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie



Zadanie 2.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.11) (SP) rozpoznaje i nazywa siły, podaje ich przykłady w różnych sytuacjach praktycznych (siły: ciężkości, nacisku, sprężystości, oporów ruchu). I.6) tworzy […] rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu […]. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach; II.23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej.

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

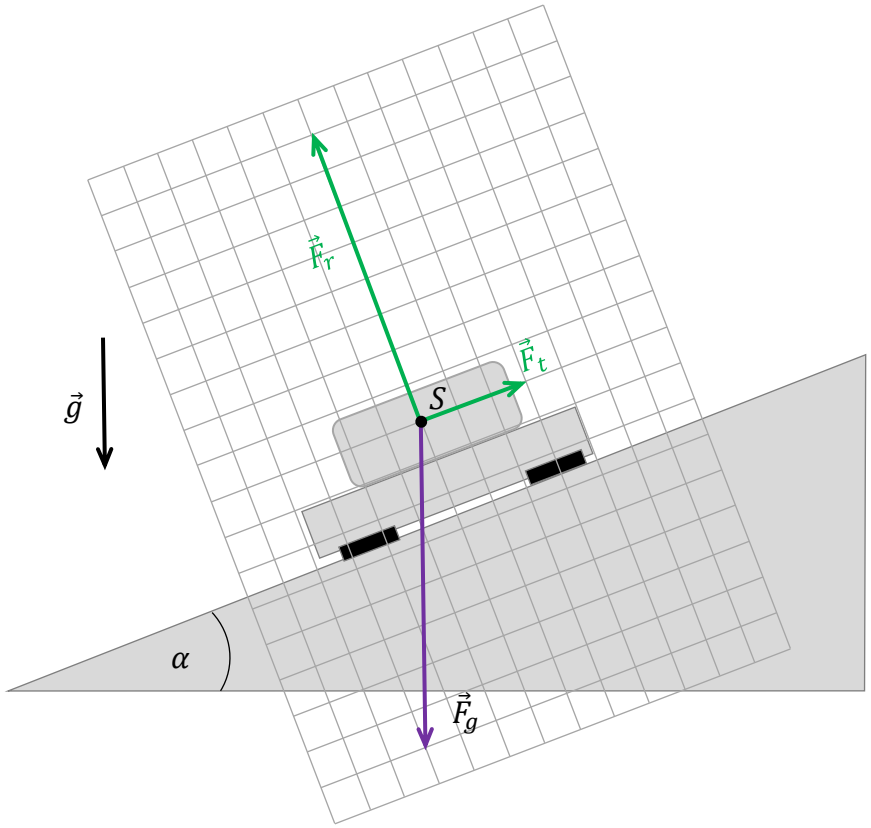
– poprawne narysowanie na diagramie siły tarcia statycznego $\vec{F}_t$ przyłożonej w punkcie S o wartości równej 3 umowne jednostki i kierunku równoległym do równi i zwrocie w górę równi

LUB

– narysowanie na diagramie siły reakcji wagi $\vec{F}_r$ przyłożonej w punkcie S o wartości różnej od 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 różnej od 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)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.11) (SP) rozpoznaje i nazywa siły, podaje ich przykłady w różnych sytuacjach praktycznych (siły: ciężkości, nacisku, sprężystości, oporów ruchu). I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej.

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

Pełne rozwiązanie
A3

Zadanie 2.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.11) (SP) rozpoznaje i nazywa siły, podaje ich przykłady w różnych sytuacjach praktycznych (siły: ciężkości, nacisku, sprężystości, oporów ruchu). I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej.

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
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: […] przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej […] wraz z ich jednostkami. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

C

Zadanie 3.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, […]; II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: […] przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej […] wraz z ich jednostkami; II.9) stosuje do obliczeń związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową […]. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi.

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
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: III.4) […] posługuje się pojęciami […] momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas […]; III.5) oblicza energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej dookoła nieruchomej osi przy zadanym momencie bezwładności względem tej osi; oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy.

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 $(E_{kin\ post} = \frac{1}{2}mv^2$ i $E_{kin\ obr} = \frac{1}{2}I_0\omega^2)$

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. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: IV.4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; IV.7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu pod wpływem siły grawitacji […].

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

Rozwiązanie
A

Zadanie 4.2. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: IV.3) analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców; IV.4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi.

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 wszystkich wartości liczbowych w celu sprawdzenia, czy dla prędkości $6{,}3\ \mathrm{km/s}$ równania są 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:

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

LUB

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

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

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:

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

albo

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

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:

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

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

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

Sposób 1B.

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

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

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

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

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

Z obliczeń wynika, że równanie dla $v_{1P} = 6{,}3\ \mathrm{km/s}$ nie jest 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}.

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się […] kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; […]. IV.5) […] stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych.

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:

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

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) z uwzględnieniem 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)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. V.1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką; V.2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego […].

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.

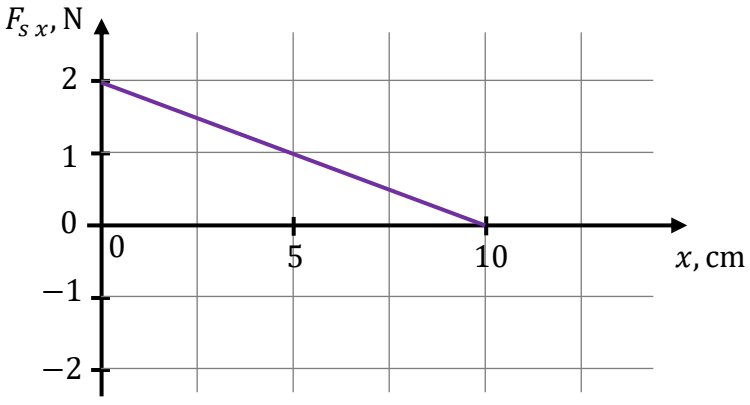


Diagram 2.

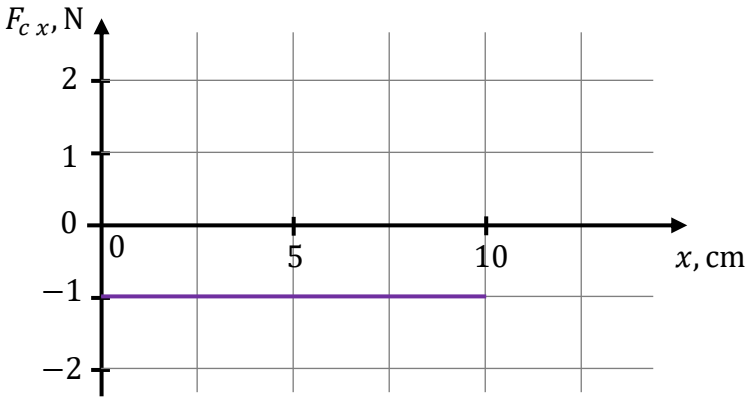
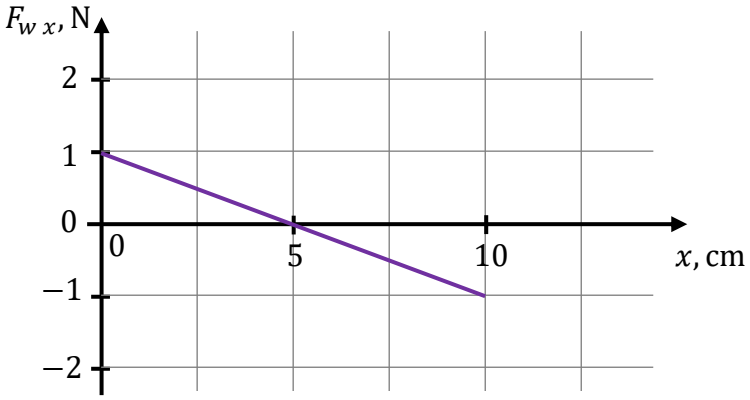


Diagram 3.



Zadanie 5.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. V.1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką; V.2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego […]; V.5) stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów.

Zasady oceniania

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
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: VI.2) rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy; VI.3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii; VI.5) 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):

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

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

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
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.8) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany […] adiabatyczną gazów; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

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
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.4) przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.8) […] rozróżnia przemiany […] adiabatyczną gazów; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego.

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 $A \to B$ **oraz** podanie prawidłowej postaci wzoru:

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

LUB

– zapisanie równania dla dowolnych stanów $X = (V_X, p_X)$, $Y = (V_Y, p_Y)$ przemiany adiabatycznej $A \to B$ **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
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.8) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany […] adiabatyczną gazów; VI.10) opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a […] energią wewnętrzną gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

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):

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

Wykorzystamy wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego:

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

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

Sposób 2. (z wykorzystaniem równania stanu)

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

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

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

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

Obliczymy temperatury w stanach A i B:

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

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

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

Obliczymy wartość bezwzględną różnicy temperatur:

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

Zadanie 8.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: VIII.7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła napięcia; VIII.8) stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a-Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem; VIII.9) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń; VIII.12) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie, z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa).

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:

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

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:

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

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:

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

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:

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

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:

$P = I^2R$

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:

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

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:

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

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

$$\text{3a)}\quad \mathcal{E} = Ir_w + IR \qquad \rightarrow$$

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

Wyznaczone I oraz R podstawimy do równania 1):

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

Zadanie 8.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VIII.13) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle; VIII.14) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła.

Zasady oceniania

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

Pełne rozwiązanie

B3

Zadanie 9.1. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu […]; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu, siłą wypadkową i czasem działania tej siły wypadkowej. VII.3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; […]; rozróżnia pole […] jednorodne; VII.7) analizuje ruch cząstek naładowanych w 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 6 umownych jednostek pędu. Ponieważ

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

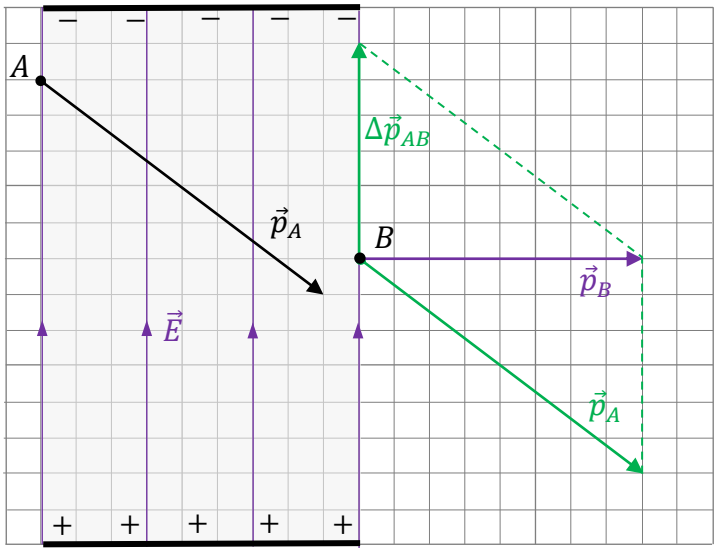
Zatem konstrukcję wektora $\vec{p}_B$ wykonujemy następująco:

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
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu, siłą wypadkową i czasem działania tej siły wypadkowej. VII.3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; […]; rozróżnia pole […] jednorodne; VII.7) analizuje ruch cząstek naładowanych w 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)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: X.6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza 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:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin 90^\circ} = \frac{v_{sz}}{v_{pow}} \quad \text{oraz} \quad v_{pow} = c$$

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:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin 90^\circ} = \frac{v_{sz}}{v_{pow}} \quad \text{oraz} \quad v_{pow} = c \quad \rightarrow \quad \frac{\sin\alpha_g}{1} = \frac{v_{sz}}{c} = \frac{1}{n_{sz}}$$

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

$$n_{sz} = \frac{1}{\sin 44^\circ}$$

Wartość sinusa obliczymy przy użyciu kalkulatora naukowego:

$$n_{sz} = \frac{1}{0{,}694658\ldots} \approx 1{,}44$$

Zadanie 10.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu […]; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X.6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza 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.

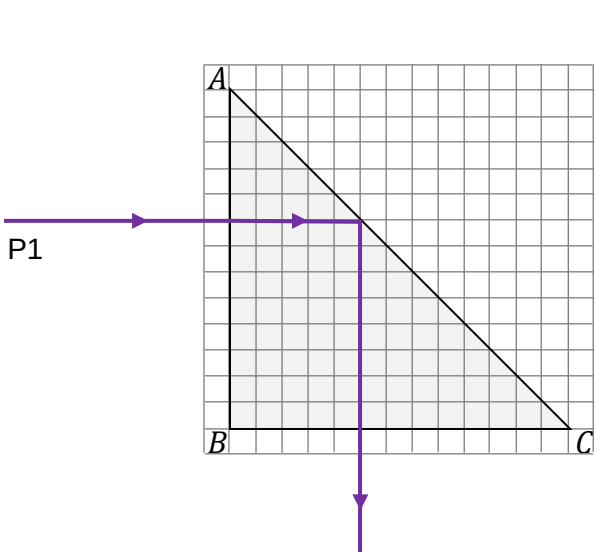
Pełne rozwiązanie

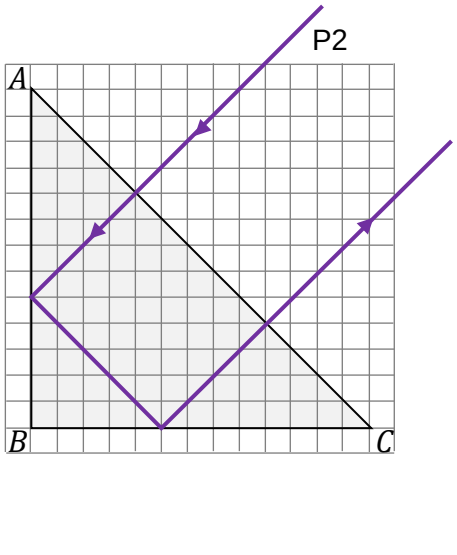
Komentarz do rozwiązania

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	Wymaganie szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: X.6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza 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. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego […].

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
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku; XII.9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta (β^+, β^-).

Zasady oceniania

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

LUB

– zapisanie prawidłowej nazwy lub symbolu pierwiastka jądra ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$ 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 ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$.

W każdym rozpadzie alfa powstaje nowe jądro oraz jądro helu ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

Po piątym rozpadzie powstaje jądro ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$. Zatem:

$$\mathrm{A} - 5 \cdot 4 = 218 \quad \rightarrow \quad \mathrm{A} = 238$$ (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
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania.

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 $^{218}_{84}\mathrm{Po}$:

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