CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	EFAP-R0-100, EFAP-R0-200, EFAP-R0-300, EFAP-R0-700
Termin egzaminu:	19 maja 2023 r.
Data publikacji dokumentu:	28 maja 2023 r.

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

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

Zadanie 1. (0–4)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024[1]	
Wymagania ogólne	**Wymaganie szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Zasady oceniania[2]
(dla rozwiązania sposobem 1.)

4 pkt – poprawna metoda (opisana w warunku za 3 pkt) obliczenia maksymalnej odległości pomiędzy samochodami **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $d_{max} = 58{,}75\ \mathrm{m}$.

3 pkt – poprawna metoda obliczenia (lub wyznaczenia na symbolach) czasu t_{max}, w którym odległość między samochodami jest maksymalna (tzn. przyrównanie wartości prędkości i skorzystanie ze wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyśpieszonym) **oraz** zapisanie odległości maksymalnej jako różnicy położeń samochodów w chwili t_{max}, **oraz** zapisanie wyrażeń (na symbolach lub z podstawionymi danymi) poprawnie określających położenia samochodów (tzn. skorzystanie z równań ruchu jednostajnie przyśpieszonego i ruchu jednostajnego prostoliniowego), np. zapisy równoważne poniższym:

$20 + 6t_{max} = 35$ oraz $d_{max} = (40 + 35t_{max}) - (20t_{max} + 3t_{max}^2)$

2 pkt – poprawna metoda obliczenia (lub wyznaczenia na symbolach) czasu t_{max}, w którym odległość między samochodami jest maksymalna (tzn. przyrównanie wartości prędkości i skorzystanie ze wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyśpieszonym) **oraz** zapisanie odległości maksymalnej jako różnicy położeń samochodów w chwili t_{max} (lub sumy położenia początkowego d_0 i różnicy Δs dróg, jakie przebyły oba samochody do wyrównania prędkości) np. zapisy równoważne poniższym:

$20 + 6t_{max} = 35$ oraz $\{d_{max} = x_{\mathcal{F}}(t_{max}) - x_{\mathcal{P}}(t_{max})$ lub $d_{max} = d_0 + \Delta s\}$

LUB

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 sierpnia 2022 r. w sprawie wymagań egzaminacyjnych dla egzaminu maturalnego przeprowadzanego w roku szkolnym 2022/2023 i 2023/2024 (Dz.U.2022 poz. 1698).

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

– poprawna metoda obliczenia (lub wyznaczenia na symbolach) czasu t_{max}, w którym odległość między samochodami jest maksymalna (tzn. przyrównanie wartości prędkości i skorzystanie ze wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyśpieszonym) **oraz** zapisanie wyrażenia (na symbolach lub z podstawionymi danymi) poprawnie określającego położenie jednego z samochodów dla dowolnego t bądź wyznaczonego t_{max} (tzn. skorzystanie z równań ruchu jednostajnie przyśpieszonego lub ruchu jednostajnego prostoliniowego), np. zapisy równoważne poniższym:

$20 + 6t_{max} = 35$ oraz $\{ x_{\mathcal{F}}(t) = 40 + 35t$ lub $x_{\mathcal{P}}(t) = 20t + 3t^2 \}$

1 pkt – opisanie strategii rozwiązania (bez wykonania dalszych obliczeń): stwierdzenie, że maksymalna odległość pomiędzy samochodami jest w chwili, w której wartości prędkości samochodów są sobie równe, a odległość między nimi jest równa różnicy położeń

LUB

– przyrównanie wartości prędkości obu samochodów **oraz** zastosowanie wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyśpieszonym dla samochodu $\mathcal{P}$ (na symbolach wielkości lub z podstawionymi danymi), np. zapisy równoważne poniższym:

$\{v_{\mathcal{P}} = v_{\mathcal{F}}$ oraz $v_{\mathcal{P}} = v_{0\mathcal{P}} + at\}$

albo

$20 + 6t_{max} = 35$

albo

$a = \dfrac{v_{\mathcal{F}} - v_{0\mathcal{P}}}{t_{max}}$ (w jednym zapisie)

LUB

– przyrównanie wartości prędkości obu samochodów **oraz** zapisanie odległości maksymalnej między samochodami jako różnicy położeń samochodów w chwili t_{max} (bądź sumy położenia początkowego i różnicy dróg, jakie przebyły oba samochody do wyrównania prędkości), np. zapisy równoważne poniższym:

$v_{\mathcal{P}} = v_{\mathcal{F}}$ oraz $d_{max} = x_{\mathcal{F}}(t_{max}) - x_{\mathcal{P}}(t_{max})$

albo

$v_{\mathcal{P}} = v_{\mathcal{F}}$ oraz $d_{max} = d_0 + \Delta s$

LUB

– poprawne zapisanie zależności położenia od czasu dla każdego z samochodów z wykorzystaniem równania ruchu jednostajnie przyśpieszonego prostoliniowego dla samochodu $\mathcal{P}$ i równania ruchu jednostajnego prostoliniowego dla samochodu $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$x_{\mathcal{P}} = 20t + 3t^2$ oraz $x_{\mathcal{F}} = 40 + 35t$

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

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

4 pkt – poprawna metoda (opisana w warunkach za 3 pkt i 2 pkt) obliczenia maksymalnej odległości pomiędzy samochodami **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $d_{max} = 58{,}75\ \mathrm{m}$.

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia zależności $d(t)$ (funkcji $d(t)$) jako różnicy położeń samochodów od czasu **oraz** zapisanie prawidłowej postaci tej funkcji, **oraz** prawidłowa metoda obliczenia wartości maksymalnej funkcji $d(t)$, np. zapisy równoważne poniższym:

$d(t) = (40 + 35t) - (20t + 3t^2) = -3t^2 + 15t + 40$ oraz $d_{max} = -\frac{\Delta}{4A}$

2 pkt – zapisanie odległości pomiędzy samochodami jako różnicy położeń **oraz** poprawne zapisanie zależności położenia od czasu dla każdego z samochodów, np. zapisy równoważne poniższym:

$d = x_{\mathcal{F}} - x_{\mathcal{P}}$ oraz $x_{\mathcal{P}} = 20t + 3t^2$ i $x_{\mathcal{F}} = 40 + 35t$

1 pkt – opisanie strategii rozwiązania: zapisanie odległości pomiędzy samochodami jako różnicy położeń **oraz** stwierdzenie, że maksymalna odległość będzie największą wartością funkcji opisującej zależność różnicy położeń od czasu

LUB

– poprawne zapisanie zależności położenia od czasu dla każdego z samochodów z wykorzystaniem równania ruchu jednostajnie przyśpieszonego prostoliniowego dla samochodu $\mathcal{P}$ i równania ruchu jednostajnego prostoliniowego dla samochodu $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$x_{\mathcal{P}} = 20t + 3t^2$ oraz $x_{\mathcal{F}} = 40 + 35t$

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

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 3.)

4 pkt – poprawna metoda (opisana w warunku za 3 pkt) obliczenia maksymalnej odległości pomiędzy samochodami **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $d_{max} = 58{,}75\ \mathrm{m}$.

3 pkt – zapisanie wzoru na prędkość $\tilde{v}_P$ samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia związanym z samochodem $\mathcal{F}$ **oraz** zapisanie warunku na tę prędkość, gdy odległość pomiędzy samochodami jest największa, **oraz** zapisanie odległości maksymalnej jako sumy odległości początkowej i drogi, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$, **oraz** poprawny sposób obliczenia drogi, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t) = 6t - 15$ oraz $\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0$ oraz $d_{max} = d_0 + \frac{\tilde{v}_{\mathcal{P}}(0)^2}{2a}$

2 pkt – zapisanie wzoru na prędkość $\tilde{v}_P$ samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia związanym z samochodem $\mathcal{F}$ **oraz** zapisanie warunku na tę prędkość, gdy odległość pomiędzy samochodami jest największa, **oraz** zapisanie odległości maksymalnej jako sumy odległości początkowej i drogi $\tilde{s}$, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t) = 6t - 15$ oraz $\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0$ oraz $d_{max} = d_0 + \tilde{s}$

LUB

– zapisanie wzoru na prędkość $\tilde{v}_P$ samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia związanym z samochodem $\mathcal{F}$ **oraz** zapisanie warunku na tę prędkość, gdy odległość pomiędzy samochodami jest największa, **oraz** poprawny sposób obliczenia drogi, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t) = 6t - 15 \qquad \text{oraz} \qquad \tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0 \qquad \text{oraz} \qquad \tilde{s} = \frac{\tilde{v}_{\mathcal{P}}(0)^2}{2a}$$

1 pkt – zapisanie wzoru na prędkość $\tilde{v}_P$ samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia związanym z samochodem $\mathcal{F}$ **oraz** zapisanie warunku na tę prędkość, gdy odległość pomiędzy samochodami jest największa, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t) = 6t - 15 \qquad \text{oraz} \qquad \tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0$$

LUB

– zapisanie warunku na prędkość $\tilde{v}_P$ samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia związanym z samochodem $\mathcal{F}$, gdy odległość pomiędzy samochodami jest największa **oraz** zapisanie odległości maksymalnej jako sumy odległości początkowej i drogi $\tilde{s}$, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0 \qquad \text{oraz} \qquad d_{max} = d_0 + \tilde{s}$$

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

Uwaga dodatkowa do zasad oceniania sposobem 3.
Sposób 3. rozwiązania może pomijać etap obliczenia t_{max}.

Przykładowe pełne rozwiązania[3]
Sposób 1. (z przyrównaniem wartości prędkości samochodów)
Odległość d pomiędzy samochodami zwiększa się (licząc od chwili $t_0 = 0$) w takim czasie, w jakim samochód $\mathcal{F}$ ma większą prędkość od samochodu $\mathcal{P}$. W chwili t_{max}, gdy wartości prędkości obu samochodów zrównają się, ta odległość będzie największa. Wynika to z faktu, że licząc od chwili t_{max}, wartość prędkości samochodu $\mathcal{P}$ staje się większa od wartości prędkości samochodu $\mathcal{F}$, a zatem odległość pomiędzy samochodami będzie malała – do momentu, gdy $\mathcal{P}$ dogoni $\mathcal{F}$.

Samochód $\mathcal{P}$ od chwili $t_0 = 0$ poruszał się ruchem jednostajnie przyśpieszonym, zatem zależność prędkości tego samochodu od czasu dana jest wzorem:

$$v_{\mathcal{P}} = v_{0\mathcal{P}} + at \quad \rightarrow \quad v_{\mathcal{P}} = 20 + 6t$$

Współczynniki liczbowe w równaniach ruchu wyrażamy w jednostkach podstawowych układu SI. Przyrównamy wartości prędkości obu samochodów i obliczymy t_{max} – czas, po jakim odległość pomiędzy samochodami będzie największa:

$$v_{\mathcal{P}} = v_{\mathcal{F}}$$

$$20 + 6t_{max} = 35 \quad \rightarrow \quad t_{max} = 2{,}5\ \text{s.}$$

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

Obliczymy odległość d_{max} pomiędzy samochodami w chwili t_{max}. Przyjmiemy, że w chwili $t_0 = 0$ samochód policyjny $\mathcal{P}$ znajdował się w położeniu $x_{0\mathcal{P}} = 0$, a samochód osobowy $\mathcal{F}$ znajdował się w położeniu $x_{0\mathcal{F}} = 40\ \mathrm{m}$. Określimy położenia $x_{\mathcal{P}}$, $x_{\mathcal{F}}$ obu samochodów w chwili t_{max} (licząc od chwili $t_0 = 0$).

Skorzystamy z równań ruchu jednostajnie przyśpieszonego prostoliniowego (dla $\mathcal{P}$) i ruchu jednostajnego prostoliniowego (dla $\mathcal{F}$):

$$x_{\mathcal{P}} = v_{0\mathcal{P}}t + \frac{1}{2}at^2 \qquad \rightarrow \qquad x_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 20 \cdot 2{,}5 + \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot (2{,}5)^2 = 68{,}75\ \mathrm{m}$$

$$x_{\mathcal{F}} = d_0 + v_{\mathcal{F}}t \qquad \rightarrow \qquad x_{\mathcal{F}}(t_{max}) = 40 + 35 \cdot 2{,}5 = 127{,}5\ \mathrm{m}$$

Odległość maksymalna d_{max} między samochodami jest równa różnicy położeń obu samochodów w chwili t_{max}.

$$d_{max} = 127{,}5\ \mathrm{m} - 68{,}75\ \mathrm{m} = 58{,}75\ \mathrm{m}$$

Sposób 2. (z obliczeniem maksimum funkcji)

Wyznaczymy odległość $d(t)$ między samochodami w funkcji czasu i znajdziemy maksimum tej funkcji. Funkcję $d(t)$ określamy w przedziale czasu od chwili $t_0 = 0$ do momentu, gdy $\mathcal{P}$ dogoni $\mathcal{F}$.

Przyjmiemy, że w chwili $t_0 = 0$ samochód policyjny $\mathcal{P}$ znajdował się w położeniu $x_{0\mathcal{P}} = 0$, a samochód osobowy $\mathcal{F}$ znajdował się w położeniu $x_{0\mathcal{F}} = d_0$. Określimy położenia $x_{\mathcal{P}}$, $x_{\mathcal{F}}$ obu samochodów w dowolnej chwili t, licząc od $t_0 = 0$ do momentu, gdy $\mathcal{P}$ dogoni $\mathcal{F}$. Skorzystamy z równań ruchu.

Samochód $\mathcal{P}$ od chwili $t_0 = 0$ poruszał się ruchem jednostajnie przyśpieszonym, zatem:

$$x_{\mathcal{P}} = v_{0\mathcal{P}}t + \frac{1}{2}at^2 \qquad \rightarrow \qquad x_{\mathcal{P}} = 20t + \frac{1}{2} \cdot 6t^2 = 20t + 3t^2$$

Samochód $\mathcal{F}$ poruszał się ruchem jednostajnym prostoliniowym, zatem:

$$x_{\mathcal{F}} = d_0 + v_{\mathcal{F}}t \qquad \rightarrow \qquad x_{\mathcal{F}} = 40 + 35t$$

Współczynniki liczbowe w równaniach ruchu są wyrażone w jednostkach podstawowych układu SI.

Wyznaczymy odległość między samochodami w funkcji czasu t. Odległość d między samochodami jest równa różnicy położeń obu samochodów w chwili t:

$$d(t) = x_{\mathcal{F}} - x_{\mathcal{P}} \qquad \rightarrow \qquad d(t) = 40 + 35t - (20t + 3t^2)$$

$$d(t) = -3t^2 + 15t + 40$$

Uwaga!

Funkcja $d(t)$ jest określona w przedziale czasu od $t_0 = 0$ do czasu, po jakim $\mathcal{P}$ dogoni $\mathcal{F}$. Będzie to czas, po którym odległość pomiędzy samochodami jest równa zero:

$$d(t) = 0 \qquad \rightarrow \qquad -3t^2 + 15t + 40 = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{705} \approx 26{,}6\ \mathrm{s} \qquad \rightarrow \qquad t_1 \approx -1{,}9\ \mathrm{s} \qquad t_2 \approx 6{,}9\ \mathrm{s}$$

Funkcję kwadratową $d(t) = -3t^2 + 15t + 40$ rozpatrujemy dla $t \in [0, t_2]$.

Znajdziemy maksimum funkcji kwadratowej $d(t) = -3t^2 + 15t + 40$. W tym celu obliczymy współrzędne (t_{max}, d_{max}) wierzchołka paraboli będącej wykresem $d = d(t)$:

$$t_{max} = -\frac{B}{2A} = -\frac{15}{2\cdot(-3)} = 2{,}5\ \mathrm{s} \qquad d_{max} = -\frac{\Delta}{4A} = -\frac{15^2 - 4\cdot(-3)\cdot 40}{4\cdot(-3)} = 58{,}75\ \mathrm{m}$$

Największa odległość pomiędzy samochodami jest równa $58{,}75\ \mathrm{m}$.

Sposób 3. (z wykorzystaniem prędkości względnej)

Rozważamy ruch samochodu $\mathcal{P}$ w poruszającym się układzie odniesienia związanym na sztywno z samochodem $\mathcal{F}$. Początek tego układu odniesienia określimy w miejscu, gdzie znajdował się samochód $\mathcal{P}$ w chwili $t_0 = 0$. Równanie ruchu (na prędkość) samochodu $\mathcal{P}$ w układzie odniesienia $\mathcal{F}$ ma postać:

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t) = v_P - v_F = 6t - 15$$

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(0) = -15\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Do chwili t_{max} (czyli do momentu zrównania się prędkości względem ziemi), samochód $\mathcal{P}$ – w układzie odniesienia samochodu $\mathcal{F}$ – oddala się od niego ($\mathcal{F}$ jest nieruchomy w swoim układzie odniesienia). Równość prędkości (względem ziemi) oznacza, że w chwili t_{max}, prędkość samochodu $\mathcal{P}$ w układzie $\mathcal{F}$ wynosi zero:

$$\tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max}) = 0$$

Od chwili t_{max}, samochód $\mathcal{P}$ będzie się zbliżał do $\mathcal{F}$. Zatem <u>w układzie odniesienia</u> $\mathcal{F}$, odległość między samochodami była największa w chwili t_{max} i wynosiła:

$$d_{max} = d_0 + \tilde{s}$$

gdzie $\tilde{s}$ jest drogą, jaką przebył samochód $\mathcal{P}$ <u>w układzie odniesienia</u> $\mathcal{F}$, od chwili $t_0 = 0$ do chwili t_{max}:

$$\tilde{s} = \frac{\tilde{v}_{\mathcal{P}}(0)^2 - \tilde{v}_{\mathcal{P}}(t_{max})^2}{2a} = \frac{\tilde{v}_{\mathcal{P}}(0)^2}{2a}$$

$$\tilde{s} = \frac{15^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{2\cdot 6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 18{,}75\ \mathrm{m}$$

Zatem ostatecznie otrzymujemy:

$$d_{max} = d_0 + \tilde{s} = 40\ \mathrm{m} + 18{,}75\ \mathrm{m} = 58{,}75\ \mathrm{m}$$

Zadanie 2.1. (0–1)

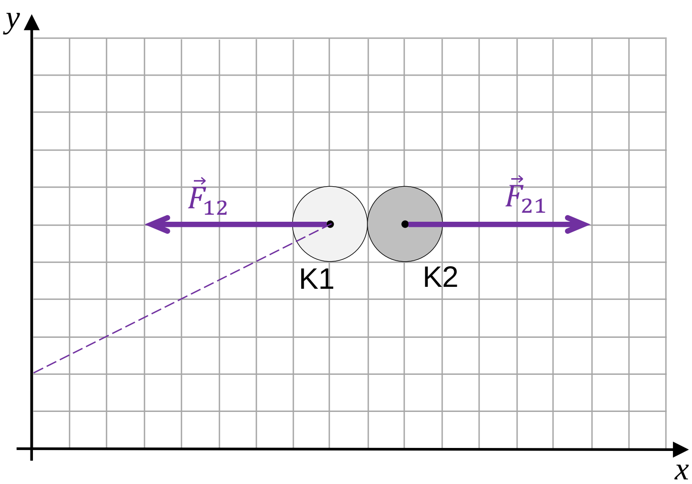
Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał.

Zasady oceniania

1 pkt – narysowanie poprawnych (co do kierunku, zwrotu i o równych wartościach) wektorów sił reakcji kul K1 i K2 (przyłożonych osobno do każdej kuli).

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie



Zadanie 2.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 3.5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.

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

Rozwiązanie
C

Zadanie 3.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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. 1.1) […] wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne narysowanie siły $\vec{F}_r$ na diagramie 2. o kierunku prostopadłym do płaszczyzny równi, zwrocie w górę i wartości 8 umownych jednostek siły **oraz** poprawne narysowanie na diagramie 3. siły $\vec{F}$ o kierunku wzdłuż równi, zwrocie w górę równi i wartości 5 umownych jednostek siły.

2 pkt – poprawne narysowanie siły $\vec{F}_r$ na diagramie 2. o kierunku prostopadłym do płaszczyzny równi, zwrocie w górę i wartości 8 umownych jednostek siły **oraz** poprawne narysowanie na którymkolwiek diagramie siły wypadkowej sił grawitacji i reakcji (czyli składowej siły grawitacji stycznej do równi) o kierunku wzdłuż równi, zwrocie w dół równi i wartości 3 umownych jednostek siły
LUB
– poprawne narysowanie na diagramie 3. siły $\vec{F}$ o kierunku wzdłuż równi, zwrocie w górę równi i wartości 5 umownych jednostek siły.

1 pkt – poprawne narysowanie siły $\vec{F}_r$ na diagramie 2. o kierunku prostopadłym do płaszczyzny równi, zwrocie w górę i wartości 8 umownych jednostek siły
LUB
– poprawne narysowanie na którymkolwiek diagramie siły wypadkowej sił grawitacji i reakcji równi (czyli składowej siły grawitacji stycznej do równi) o kierunku wzdłuż równi, zwrocie w dół równi i wartości 3 umownych jednostek siły.

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

Pełne rozwiązanie

Diagram 2.

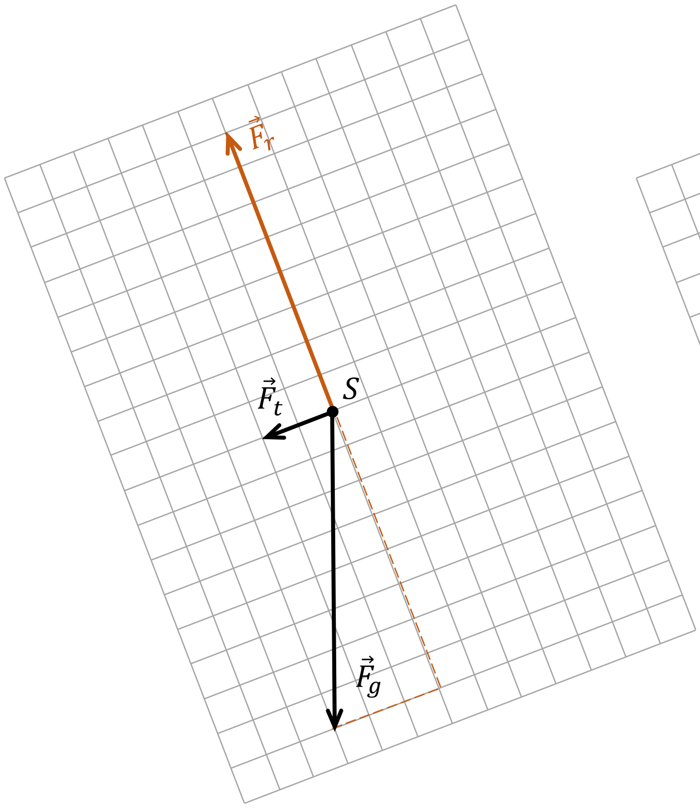
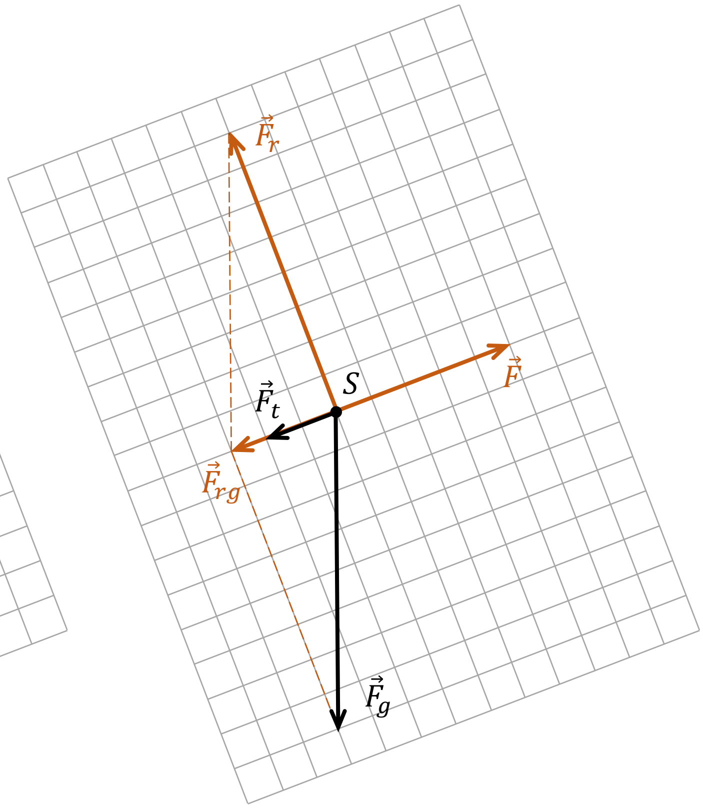


Diagram 3.



Zadanie 3.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych. 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze.

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia różnicy prac W_1 i W_2 **oraz** prawidłowa postać wzoru (równoważna poniższej):

$$W_1 - W_2 = \mu mgh \cdot \mathrm{ctg}\alpha$$

2 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na pracę siły $\vec{F}$ **oraz** prawidłowa postać tego wzoru, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_1 = (\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha)\cdot\frac{h}{\sin\alpha}$$

LUB

– zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć pracę W_1 jako iloczynu wartości F siły i drogi s przebytej wzdłuż równi **oraz** wyrażenie tej drogi poprzez α i h, **oraz** zapisanie W_2 jako mgh, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_1 = F\cdot\frac{h}{\sin\alpha} \qquad \text{oraz} \qquad W_2 = mgh$$

1 pkt – zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć pracę W_1 jako iloczynu wartości F siły i drogi s przebytej wzdłuż równi **oraz** zapisanie W_2 jako mgh, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_1 = F\cdot s \qquad \text{oraz} \qquad W_2 = mgh$$

LUB

– zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć pracę siły $\vec{F}$ jako

$$W_1 = \frac{Fh}{\sin\alpha}$$

LUB

– zapisanie wartości siły $\vec{F}$ jako

$$F = F_g\sin\alpha + \mu F_g\cos\alpha$$

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

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia różnicy prac W_1 i W_2 **oraz** prawidłowa postać tego wzoru (równoważna poniższej):

$$W_1 - W_2 = \mu mgh \cdot \mathrm{ctg}\alpha$$

2 pkt – zauważenie i zapisanie, że różnica prac $W_1 - W_2$ jest równa pracy przeciwko sile tarcia **oraz** zapisanie wyrażenia na wartość siły tarcia z uwzględnieniem składowej siły grawitacji prostopadłej do równi, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_1 - W_2 = W_{F_t} \qquad \text{oraz} \qquad F_t = \mu mg\cos\alpha$$

1 pkt – zauważenie i zapisanie, że różnica prac $W_1 - W_2$ jest równa pracy przeciwko sile tarcia

$$W_1 - W_2 = W_{F_t}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Sposób 1.

Zapiszemy wzór pozwalający obliczyć pracę W_1 siły $\vec{F}$, wykonaną podczas wciągania klocka po równi na wysokość h ruchem jednostajnym:

$$1)\quad W_1 = Fs$$

Siła $\vec{F}$ równoważy siłę wypadkową siły reakcji równi i siły grawitacji (składową siły grawitacji styczną do równi) oraz siły tarcia, zatem jej wartość dana jest wzorem:

$$2)\quad F = F_t + F_{rg} = \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha$$

Droga, jaką pokonał klocek podczas przemieszczenia wzdłuż równi wynosi:

$$3)\quad s = \frac{h}{\sin\alpha}$$

Wyrażenia 2) i 3) podstawimy do wyrażenia 1):

$$4)\quad W_1 = (\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha)\cdot\frac{h}{\sin\alpha} = mgh(\mu\cdot\operatorname{ctg}\alpha + 1)$$

Zapiszemy wzór pozwalający obliczyć pracę W_2 przeciwko sile grawitacji, wykonaną podczas podnoszenia klocka ruchem jednostajnym pionowo do góry na wysokość h:

$$5)\quad W_2 = mgh$$

Obliczymy różnicę prac $(W_1 - W_2)$:

$$6)\quad W_1 - W_2 = mgh(\mu\cdot\operatorname{ctg}\alpha + 1) - mgh = \mu mgh\cdot\operatorname{ctg}\alpha$$

Sposób 2.

Zauważmy, że różnica prac $W_1 - W_2$ jest równa pracy przeciwko sile tarcia (ponieważ praca przeciwko sile grawitacji nie zależy od drogi i w obu przypadkach jest taka sama):

$$1)\quad W_1 - W_2 = W_{F_t}$$

Pracę przeciwko sile tarcia opisuje wyrażenie:

$$2)\quad W_{F_t} = F_t s$$

Wartość siły tarcia związana jest z siłą nacisku na równię i współczynnikiem tarcia:

$$3)\quad F_t = \mu mg\cos\alpha$$

Wyrażenia w punktach 2) i 3) podstawimy do 1):

$$4)\quad W_1 - W_2 = F_t s = \mu mg\cos\alpha\cdot s$$

Droga, jaką pokonał klocek podczas przemieszczenia wzdłuż równi, wynosi:

$$5)\quad s = \frac{h}{\sin\alpha}$$

Ostatecznie otrzymujemy

$$6)\quad W_1 - W_2 = F_t s = \mu mg\cos\alpha\cdot\frac{h}{\sin\alpha} = \mu mgh\cdot\operatorname{ctg}\alpha$$

Zadanie 4.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
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 […]; 6.4) interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym.

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

Rozwiązanie
D

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
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 […]; 6.4) interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym.

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

Rozwiązanie
B

Zadanie 4.3. (0–4)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej […]; 3.5) stosuje zasadę […] zachowania pędu do opisu zderzeń […] niesprężystych. 6.5) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu energii kinetycznych **oraz** prawidłowy wynik liczbowy.

3 pkt – poprawna metoda (opisana w warunku za 2 pkt) wyprowadzenia wyrażenia pozwalającego obliczyć iloraz energii kinetycznych tylko za pomocą masy klocka i masy kulki **oraz** prawidłowa postać tego wyrażenia (zapisana za pomocą symboli albo liczb), równoważna poniższej:

[poprawna metoda] → $$\frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{(m_k + m_p)}{m_p} \cdot \left(\frac{m_p}{m_p + m_k}\right)^2$$

albo

[poprawna metoda] → $$\frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{200}{50} \cdot \left(\frac{50}{200}\right)^2$$

2 pkt – zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć iloraz energii kinetycznych **oraz** poprawne zapisanie zasady zachowania pędu układu z uwzględnieniem masy klocka, masy kulki, prędkości kulki przed zderzeniem i prędkości klocka po zderzeniu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{\frac{1}{2}(m_k + m_p)v_{po}^2}{\frac{1}{2}m_p v_{przed}^2} \qquad \text{oraz} \qquad m_p v_{przed} = (m_p + m_k)v_{po}$$

albo

$$\frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200 \cdot v_{po}^2}{\frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v_{przed}^2} \qquad \text{oraz} \qquad \frac{v_{po}}{v_{przed}} = \frac{50}{200}$$

1 pkt – zapisanie wyrażenia lub wyrażeń pozwalających obliczyć iloraz energii kinetycznych z uwzględnieniem masy klocka, masy kulki, prędkości kulki przed zderzeniem i prędkości klocka po zderzeniu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{\frac{1}{2}(m_k + m_p)v_{po}^2}{\frac{1}{2}m_p v_{przed}^2} \qquad \text{albo} \qquad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200 \cdot v_{po}^2}{\frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v_{przed}^2}$$

LUB

– poprawne zapisanie/wykorzystanie zasady zachowania pędu układu z uwzględnieniem masy klocka, masy kulki, prędkości kulki przed zderzeniem i prędkości klocka po zderzeniu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$m_p v_{przed} = (m_p + m_k) v_{po}$$

albo

$$50\ \mathrm{g} \cdot v_{przed} = 200\ \mathrm{g} \cdot v_{po} \qquad \text{albo} \qquad \frac{v_{po}}{v_{przed}} = \frac{50}{200}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy wyrażenie pozwalające obliczyć iloraz energii kinetycznych:

$$1)\quad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{\frac{1}{2}(m_k + m_p) v_{po}^2}{\frac{1}{2} m_p v_{przed}^2} = \frac{(m_k + m_p)}{m_p} \cdot \frac{v_{po}^2}{v_{przed}^2}$$

W tym celu należy wyznaczyć prędkość kulki przed zderzeniem – albo iloraz prędkości po i przed zderzeniem. Skorzystamy więc z zasady zachowania pędu. Pęd układu przed zderzeniem jest równy pędowi układu po zderzeniu:

$$2)\quad \vec{p}_{przed} = \vec{p}_{po}$$

$$3)\quad m_p v_{przed} = (m_p + m_k) v_{po}$$

$$4)\quad \frac{v_{po}}{v_{przed}} = \frac{m_p}{(m_p + m_k)}$$

Prędkość wyznaczoną w równaniu 4) podstawimy do wyrażenia 1):

$$5)\quad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{(m_k + m_p)}{m_p} \frac{v_{po}^2}{v_{przed}^2}$$

$$6)\quad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{(m_k + m_p)}{m_p} \cdot \left(\frac{m_p}{m_p + m_k}\right)^2$$

$$7)\quad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{m_p}{m_p + m_k} \quad \rightarrow \quad 8)\quad \frac{E_{kin\,po}}{E_{kin\,przed}} = \frac{50\ \mathrm{g}}{50\ \mathrm{g} + 150\ \mathrm{g}} = 0{,}25$$

Zadanie 5.1. (0–1)

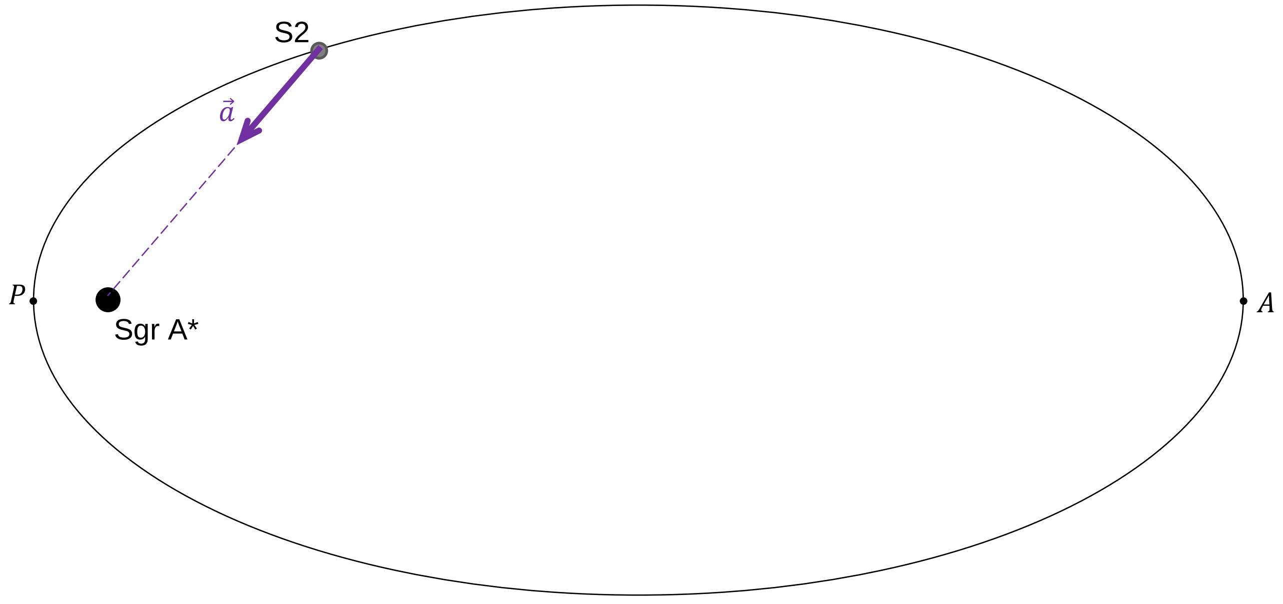
Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych […]; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 4.3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne narysowanie wektora przyśpieszenia $\vec{a}$ środka gwiazdy S2 w oznaczonym położeniu (wektor ma być zaczepiony w S2 i skierowany wzdłuż odcinka łączącego S2 z Sgr A* w stronę Sgr A*).

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie



Zadanie 5.2. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych; 4.9) oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu $\frac{M_{\mathrm{SA}}}{M_{\mathrm{S}}}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego zaokrąglonego do dwóch cyfr znaczących.

1 pkt – zastosowanie wzoru podanego w informacji do zadań 5.2–5.3. dla przypadku ruchu S2 po orbicie eliptycznej dookoła Sgr A* i ruchu Ziemi po orbicie kołowej dookoła Słońca **oraz** poprawne obliczenie długości półosi wielkiej orbity S2, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{M_{\mathrm{SA}}}{M_{\mathrm{S}}}=\left(\frac{a}{a_{\mathrm{Z}}}\right)^3\cdot\left(\frac{T_{\mathrm{Z}}}{T}\right)^2 \qquad \text{oraz} \qquad a=\frac{1}{2}(r_P+r_A)=970\ \mathrm{au}$$

albo (z wykorzystaniem wartości dla ruchu orbitalnego Ziemi)

$$\frac{M_{\mathrm{SA}}}{M_{\mathrm{S}}}=\frac{a^3}{T^2}\cdot\frac{(1\ \mathrm{rok})^2}{(1\ \mathrm{au})^3} \qquad \text{oraz} \qquad a=970\ \mathrm{au}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy wzór podany w informacji do zadań 5.2.–5.3. dla przypadku ruchu S2 po orbicie eliptycznej dookoła Sgr A* i ruchu Ziemi po orbicie kołowej dookoła Słońca.

$$\frac{M_{\mathrm{SA}}}{M_{\mathrm{S}}}=\left(\frac{a}{a_{\mathrm{Z}}}\right)^3\cdot\left(\frac{T_{\mathrm{Z}}}{T}\right)^2$$

Zgodnie z oznaczeniami na rysunku 1. obliczymy a jako:

$$a=\frac{1}{2}|PA|=\frac{1}{2}(r_P+r_A) \quad\rightarrow\quad a=\frac{1}{2}\cdot(1820+120)\ \mathrm{au}=\ 970\ \mathrm{au}$$

Zatem:

$$\frac{M_{\mathrm{SA}}}{M_{\mathrm{S}}}=\left(\frac{970\ \mathrm{au}}{1\ \mathrm{au}}\right)^3\cdot\left(\frac{1\ \mathrm{rok}}{16\ \mathrm{lat}}\right)^2\approx 3{,}6\cdot 10^6$$

Masa obiektu Sgr A* jest około $3{,}6\cdot 10^6$ razy większa od masy Słońca.

Zadanie 5.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.6) (P) […] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, wyznacza zależność okresu ruchu od promienia orbity (stosuje III prawo Keplera). 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.9) oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na iloraz mas centrów grawitacyjnych, poprawne przekształcenia **oraz** poprawna postać ilorazu – zgodna z podaną w treści zadania.

2 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia lub bezpośrednie zapisanie (np. na mocy III prawa Keplera z wyrażeniem zawierającym stałe) jednego poprawnego wyrażenia, z którego można bezpośrednio obliczyć masę centrum grawitacyjnego jedynie na podstawie odpowiednich stałych, promienia a orbity kołowej i okresu T obiegu ciała dookoła tego centrum, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\left(m_i \frac{v_i^2}{a_i} = \frac{G m_i M_i}{a_i^2} \quad \text{oraz} \quad v_i = \frac{2\pi a_i}{T_i}\right) \rightarrow \text{[przekształcenia]} \rightarrow \quad M_i = \frac{4\pi^2}{G}\frac{a_i^3}{T_i^2}$$

LUB

– zapisanie lub stwierdzenie, z powołaniem się na III prawo Keplera, że zachodzą następujące proporcje o tym samym współczynniku proporcjonalności:

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} \propto \text{const} \cdot M_1 \qquad \text{oraz} \qquad \frac{a_2^3}{T_2^2} \propto \text{const} \cdot M_2$$

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji działającą na ciało C_1 (lub C_2) jako siłę dośrodkową (lub relacji identyfikującej przyśpieszenie dośrodkowe jako przyśpieszenie grawitacyjne) **oraz** uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyśpieszenia), np. zapisy równoważne poniższym

$$m_1 \frac{v_1^2}{a_1} = \frac{G m_1 M_1}{a_1^2} \qquad \text{albo} \qquad m_1 \omega_1^2 a_1 = \frac{G m_1 M_1}{a_1^2} \qquad \text{albo} \qquad \omega_1^2 a_1 = \frac{G M_1}{a_1^2}$$

LUB

– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną ciała C_1 (lub C_2) **oraz** zastosowanie wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu dla tej orbity, np. zapisy równoważne poniższym

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{a_1}} \qquad \text{oraz} \qquad v_1 = \frac{2\pi a_1}{T_1}$$

LUB

– zapisanie lub stwierdzenie, z powołaniem się na III prawo Keplera, że zachodzi proporcja:

$$\frac{a^3}{T^2} \propto M$$

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

Wyznaczymy związek między masą M_1 centrum grawitacyjnego a okresem T_1 obiegu (dookoła tego centrum) ciała C_1 po orbicie kołowej i promieniem a_1 tej orbity. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m_1 \frac{v_1^2}{a_1} = \frac{G m_1 M_1}{a_1^2}$$

Do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość ciała C_1 w ruchu jednostajnym po okręgu: $v_1 = \frac{2\pi a_1}{T_1}$ i jednocześnie obie strony równania podzielimy przez masę ciała m_1. Następnie równanie przekształcimy i wyznaczymy masę M_1 centrum grawitacyjnego:

$$\frac{\left(\frac{2\pi a_1}{T_1}\right)^2}{a_1} = \frac{GM_1}{a_1^2} \qquad \rightarrow \qquad \frac{4\pi^2 a_1}{T_1{}^2} = \frac{GM_1}{a_1^2}$$

$$M_1 = \frac{4\pi^2}{G}\frac{a_1^3}{T_1^2}$$

Analogicznie wyznaczymy masę M_2 drugiego centrum grawitacyjnego:

$$M_2 = \frac{4\pi^2}{G}\frac{a_2^3}{T_2^2}$$

Wyznaczymy iloraz mas obu centrów grawitacyjnych:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\frac{4\pi^2}{G}\frac{a_1^3}{T_1^2}}{\frac{4\pi^2}{G}\frac{a_2^3}{T_2^2}} = \frac{\frac{a_1^3}{T_1^2}}{\frac{a_2^3}{T_2^2}} = \frac{a_1^3}{T_1^2} \cdot \frac{T_2^2}{a_2^3} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$$

Sposób 2.

Wyznaczymy związek między masą M_1 centrum grawitacyjnego a okresem T_1 obiegu (dookoła tego centrum) ciała C_1 po orbicie kołowej i promieniem a_1 tej orbity. Zapiszemy równanie identyfikujące przyśpieszenie dośrodkowe ciała C_1 na orbicie, jako przyśpieszenie grawitacyjne:

$$\omega_1^2 a_1 = \frac{GM_1}{a_1^2}$$

Do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość kątową ciała C_1 w ruchu jednostajnym po orbicie kołowej: $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$.

Następnie wyznaczymy masę M_1 centrum grawitacyjnego:

$$\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 a_1 = \frac{GM_1}{a_1^2} \quad \rightarrow \quad \frac{4\pi^2}{{T_1}^2} = \frac{GM_1}{a_1^3} \quad \rightarrow \quad M_1 = \frac{4\pi^2}{G}\frac{a_1^3}{T_1^2}$$

Iloraz mas obu centrów grawitacyjnych obliczamy podobnie jak w sposobie 1.

Zadanie 6.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek.

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

Pełne rozwiązanie
PP

Zadanie 6.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej […].

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

Pełne rozwiązanie
A2

Zadanie 6.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia pracy siły parcia gazu w drugiej przemianie **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (znak może być dowolny).

2 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla drugiej przemiany z poprawnym uwzględnieniem konwencji znaków (stosowanej konsekwentnie) **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej a przyrostem temperatury, **oraz** zapisanie związku między przyrostem energii wewnętrznej a przyrostem temperatury, **oraz** wykorzystanie związku między C_V a C_p, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$n\frac{3}{2}R\Delta T_2 = |Q_2| - |W_2| \qquad \text{oraz} \qquad Q_2 = n\frac{5}{2}R\Delta T_2$$

1 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla drugiej przemiany z poprawnym uwzględnieniem konwencji znaków (stosowanej konsekwentnie) **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej a przyrostem temperatury, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\Delta U_2 = |Q_2| - |W_2| \qquad \text{oraz} \qquad Q_2 = nC_p\Delta T_2$$

LUB

– zapisanie I zasady termodynamiki dla drugiej przemiany z poprawnym (konsekwentnym) uwzględnieniem konwencji znaków **oraz** zapisanie związku między przyrostem energii wewnętrznej a przyrostem temperatury, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\Delta U_2 = |Q_2| - |W_2| \qquad \text{oraz} \qquad \Delta U_2 = nC_V\Delta T_2$$

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

Zasady oceniania
(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia pracy siły parcia gazu w drugiej przemianie **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (znak może być dowolny).

2 pkt – zapisanie (wykorzystanie) wzoru na pracę siły parcia **oraz** zapisanie (wykorzystanie) związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej a przyrostem temperatury, **oraz** zapisanie (wykorzystanie) związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej, **oraz** wykorzystanie związku między C_V a C_p, np. zapisy:

$$|W_2| = nR|\Delta T_2| \qquad \text{oraz} \qquad Q_2 = n\frac{5}{2}R\Delta T_2$$

LUB

– zapisanie (wykorzystanie) wzoru na pracę siły parcia **oraz** zapisanie (wykorzystanie) związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej, **oraz** zapisanie I zasady termodynamiki dla drugiej przemiany z poprawnym (konsekwentnym) uwzględnieniem konwencji znaków, **oraz** zapisanie związku między przyrostem energii wewnętrznej a przyrostem temperatury:

$$|W_2| = nR|\Delta T_2| \qquad \text{oraz} \qquad n\frac{3}{2}R\Delta T_2 = |Q_2| - |W_2|$$

1 pkt – zapisanie wzoru na pracę siły parcia **oraz** zapisanie związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$|W_2| = p_2|\Delta V_2| \qquad \text{oraz} \qquad p_2\Delta V_2 = nR\Delta T_2$$

albo

$$|W_2| = nR|\Delta T_2|$$

LUB

– zapisanie wzoru na pracę siły parcia **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej a przyrostem temperatury, np. zapisy:

$$|W_2| = p_2|\Delta V_2| \qquad \text{oraz} \qquad Q_2 = nC_p\Delta T_2$$

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1. (z zastosowaniem I zasady termodynamiki)

Zapiszemy I zasadę dynamiki dla drugiej przemiany. Przyjmiemy konwencję, zgodnie z którą stratę energii przez układ w postaci ciepła lub pracy oznaczamy znakiem minus, a wzrost energii w postaci ciepła lub pracy oznaczamy znakiem plus. W drugiej przemianie gaz pobiera ciepło, siła parcia wykonuje pracę, przyrost energii wewnętrznej jest dodatni (temperatura rośnie proporcjonalnie do objętości), zatem (indeks dolny $_2$ oznacza wielkości w drugiej przemianie):

$$1)\quad |\Delta U_2| = |Q_2| - |W_2|$$

Wykorzystamy związek między temperaturą (w tym przypadku przyrostem temperatury) a energią wewnętrzną (w tym przypadku przyrostem energii wewnętrznej) gazu doskonałego

$$2)\quad \frac{3}{2}nR|\Delta T_2| = |Q_2| - |W_2|$$

Wykorzystamy związek między ciepłem Q_2 pobranym w przemianie przy stałym ciśnieniu (w drugiej przemianie) a przyrostem ΔT_2 temperatury w tej przemianie:

$$3)\quad Q_2 = \frac{5}{2} nR\Delta T_2 \qquad \rightarrow \qquad 4)\quad \Delta T_2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{nR} \cdot Q_2$$

Przyrost temperatury określony wzorem 4) podstawimy do wzoru 2):

$$5)\quad \frac{3}{2} nR \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{nR} \cdot |Q_2| = |Q_2| - |W_2|$$

$$6)\quad \frac{3}{5}|Q_2| = |Q_2| - |W_2| \qquad \rightarrow \qquad |W_2| = \frac{2}{5}|Q_2| = \frac{2}{5} \cdot 100\ \mathrm{J} = 40\ \mathrm{J}$$

Sposób 2. (z zastosowaniem wzoru na pracę siły parcia)
Zapiszemy wzór na pracę w przemianie izobarycznej (indeks dolny $_2$ oznacza wielkości w drugiej przemianie):

$$1)\quad |W_2| = p_2|\Delta V_2|$$

Przyrost objętości wyznaczymy z równania stanu gazu doskonałego, przy stałym ciśnieniu

$$2)\quad p_2\Delta V_2 = nR\Delta T_2$$

Zależność otrzymaną w 2) podstawimy do równania 1):

$$3)\quad |W_2| = nR|\Delta T_2|$$

Wykorzystamy związek między ciepłem Q_2 pobranym w przemianie przy stałym ciśnieniu (w drugiej przemianie) a przyrostem ΔT_2 temperatury w tej przemianie:

$$4)\quad Q_2 = \frac{5}{2} nR\Delta T_2 \qquad \rightarrow \qquad 5)\quad \Delta T_2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{nR} \cdot Q_2$$

Przyrost temperatury określony wzorem 5) podstawimy do wzoru 3):

$$6)\quad |W_2| = nR \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{nR} \cdot |Q_2| \quad \rightarrow \quad |W_2| = \frac{2}{5}|Q_2| = \frac{2}{5} \cdot 100\ \mathrm{J} = 40\ \mathrm{J}$$

Zadanie 7.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu; opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego. 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

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

Pełne rozwiązanie
PFF

Zadanie 7.2. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zasady oceniania
2 pkt – powołanie się na własność siły działającej na proton **oraz** powołanie się na zasady dynamiki, np. zapisy (lub zapisy równoważne):
(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.
(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki, siła, która jest prostopadła do prędkości nie zmienia wartości tej prędkości.
albo
(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.
(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki wartość prędkości się nie zmienia, ponieważ składowa siły w kierunku prędkości jest równa zero.
LUB
– powołanie się na własność siły działającej na proton **oraz** powołanie się na twierdzenie o pracy i zmianie energii kinetycznej, np. zapisy (lub zapisy równoważne):
(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.
(2) Praca siły prostopadłej do prędkości jest równa zero, zatem zmiana energii kinetycznej jest równa zero.
LUB

– poprawne wyprowadzenie wzoru na wartość prędkości protonu na jednym z półokręgów **oraz** powołanie się na warunki zadania, że wartość indukcji pola magnetycznego na danym półokręgu jest stała, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{mv_{AF}^2}{r_{AF}} = qv_{AF}B_{AF} \qquad \rightarrow \qquad v = \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m}$$

Ponieważ B_{AF} jest stałe na półokręgu AF, to v_{AF} też jest stała, co wynika ze wzoru. Podobnie na każdym innym półokręgu.

1 pkt – powołanie się na własność siły działającej na proton: zapisanie, że siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki

LUB

– zapisanie, że siła Lorentza działająca na proton pełni rolę siły dośrodkowej (słownie lub za pomocą wzoru, i brak wnioskowania o tym, co z tego wynika)

LUB

– stwierdzenie, że siła Lorentza / pole magnetyczne nie wykonuje pracy (i brak powołania się na związek pomiędzy pracą i zmianą energii kinetycznej).

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

Uwaga dodatkowa

Jeżeli zdający nie powoła się na warunki zadania, tylko stałą wartość pola będzie wykazywał na podstawie błędnego w tym przypadku wzoru (np. $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$), to może otrzymać co najwyżej 1 pkt.

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.

(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki siła, która jest prostopadła do prędkości, nie zmienia tej prędkości w kierunku stycznym do toru (rzut siły na kierunek styczny do toru w danym punkcie jest równy zero – siła prostopadła do prędkości nie ma składowej w kierunku prędkości).

Sposób 2.

(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.

(2) Zgodnie z definicją pracy praca siły prostopadłej do prędkości jest równa zero. Z drugiej strony, praca siły wypadkowej działającej na ciało jest równa zmianie energii kinetycznej tego ciała. Zatem, skoro praca siły Lorentza działającej na cząstkę jest równa zero, to i zmiana energii kinetycznej cząstki jest równa zero. To oznacza, że wartość prędkości cząstki jest stała.

Sposób 3.

$$W_{F_L} = 0 \quad \text{oraz} \quad W_{F_{wyp}} = \Delta E_{kin} \quad \rightarrow \quad \Delta E_{kin} = 0 \quad \text{czyli} \quad E_{kin} = \text{const}$$

Sposób 4.

$$\frac{mv_i^2}{r_i} = qv_iB_i \qquad \rightarrow \qquad v = \frac{qB_ir_i}{m}$$

Ponieważ na każdym z półokręgów wartość indukcji pola magnetycznego jest stała i promień danego półokręgu jest stały, to iloczyn B_ir_i na *i*-tym półokręgu też jest stały. Zatem

$$v_i = \frac{qB_ir_i}{m} = \text{const}$$

Zadanie 7.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej. 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości wektora indukcji magnetycznej podczas ruchu protonu po półokręgu CD **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia prędkości w funkcji B i r **oraz** zapisanie równości wynikającej z przyrównania wartości prędkości protonu podczas ruchu po półokręgach AF i CD, np. zapisy (lub zapisy równoważne)

$$\frac{mv^2}{r_{AF}} = qvB_{AF} \quad \rightarrow \quad v = \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m} = \frac{qB_{CD}r_{CD}}{m}$$

albo

$$\frac{mv^2}{r_{AF}} = qvB_{AF} \quad \rightarrow \quad B_{AF}r_{AF} = B_{CD}r_{CD}$$

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową **oraz** uwzględnienie wzorów na te siły, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy równanie wynikające z faktu, że siła Lorentza pełni rolę siły dośrodkowej, następnie wyznaczymy prędkość ruchu protonu:

$$1)\quad \frac{mv^2}{r} = qvB \quad \rightarrow \quad 2)\quad v = \frac{qBr}{m}$$

Wykorzystamy fakt, że wartość prędkości protonu się nie zmienia. To oznacza, że wartość prędkości protonu podczas ruchu po półokręgu AF jest równa wartości prędkości protonu podczas ruchu po półokręgu CD. Zatem na mocy równania 2) mamy:

$$3)\quad \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m} = \frac{qB_{CD}r_{CD}}{m} \quad \rightarrow \quad 4)\quad B_{AF}r_{AF} = B_{CD}r_{CD}$$

Na podstawie danych (z rysunku i treści) obliczamy promienie półokręgów:

$$5)\quad r_{AF} = \frac{3}{4}|AD| = \frac{3}{4}\ \mathrm{m} \qquad r_{CD} = \frac{1}{4}|AD| = \frac{1}{4}\ \mathrm{m}$$

Obliczone w pkt 5) promienie oraz dane z treści zadania podstawimy do równania 4):

$$6)\quad 0{,}2\ \mathrm{T}\cdot\frac{3}{4}\ \mathrm{m} = B_{CD}\cdot\frac{1}{4}\ \mathrm{m} \quad \rightarrow \quad B_{CD} = 0{,}6\ \mathrm{T}$$

Zadanie 8.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 4.9) (G) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego […]. 12.4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu; 12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia temperaturowego współczynnika oporu **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (za prawidłowy uznaje się wynik, który da się zaokrąglić do $5 \cdot 10^{-3}\ 1/\mathrm{K}$).

1 pkt – zapisanie współczynnika α jako ilorazu: przyrostu stosunku oporów i przyrostu temperatury (np. jak w sposobie 1.) – w zakresie temperatur do $1000\ \mathrm{K}$ – **oraz** poprawne określenie $\frac{R}{R_0}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\alpha = \frac{\frac{R(T)}{R_0} - 1}{T - T_0} \qquad \text{oraz np. dla } T = 1000\ \mathrm{K} \qquad \frac{R(1000\ \mathrm{K})}{R_0} = 4{,}5$$

LUB

– zapisanie współczynnika α jako ilorazu: przyrostu oporów i iloczynu przyrostu temperatury i R_0 (np. jak w sposobie 2.) – w zakresie temperatur do $1000\ \mathrm{K}$ – **oraz** poprawne określenie $R(T)$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\alpha = \frac{R(T) - R_0}{R_0 \cdot (T - T_0)} \qquad \text{oraz np. dla } T = 1000\ \mathrm{K} \qquad R(1000\ \mathrm{K}) = 65\ \Omega \cdot 4{,}5$$

LUB

– zapisanie współczynnika α jako współczynnika kierunkowego prostej narysowanej przerywaną kreską (np. jak w sposobach 3. i 4.) – w dowolnym zakresie temperatur – **oraz** podstawienie prawidłowych współrzędnych punktów tej prostej do wzoru na współczynnik kierunkowy.

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Na podstawie wykresu stwierdzamy, że w zakresie temperatur od $300\ \mathrm{K}$ do $1000\ \mathrm{K}$ zależność oporu wolframu od temperatury ma w przybliżeniu charakter liniowy, zatem w tym zakresie temperatur możemy stosować wzór do wyznaczania oporu włókna żarówki:

$$1)\ \frac{R}{R_0} = 1 + \alpha\Delta T \qquad \text{gdzie} \qquad R_0 = R(T_0)\,, \quad \Delta T = T - T_0, \qquad T_0 = 300\ \mathrm{K}$$

oraz α jest temperaturowym współczynnikiem oporu.

Sposób 1. obliczenia α (gdy zdający odczytuje wartości z wykresu $\frac{R}{R_0}(T)$)

Ze wzoru 1) wyznaczymy współczynnik α:

$$2)\ \ \frac{R}{R_0} - 1 = \alpha \Delta T \qquad \rightarrow \qquad 3)\ \ \alpha = \frac{\left(\frac{R}{R_0} - 1\right)}{T - T_0}$$

Współczynnik α obliczymy ze wzoru 3). W tym celu odczytamy wartość $\frac{R}{R_0}$ z wykresu dla wybranej temperatury z zakresu przybliżenia liniowego, np.:

dla $T = 900\ \mathrm{K}$ mamy: $\frac{R(900\ \mathrm{K})}{R_0} \approx 4$

Te wartości podstawimy do wzoru 3):

$$4)\ \ \alpha \approx \frac{4 - 1}{900\ \mathrm{K} - 300\ \mathrm{K}} = \frac{3}{600\ \mathrm{K}} = 0{,}005\ \frac{1}{\mathrm{K}}$$

Sposób 2. obliczenia α (gdy zdający odczytuje wartości z wykresu $\frac{R}{R_0}(T)$)

Współczynnik α obliczymy ze wzoru 1), gdzie $R_0 \approx 65\ \Omega$, $T_0 = 300\ \mathrm{K}$:

$$2)\ \ \alpha \approx \frac{R(T) - R_0}{R_0(T - T_0)}$$

Wzór ten możemy stosować do $1000\ \mathrm{K}$ (gdy odczytujemy wartości z wykresu a nie z prostej). Zatem:

dla $T = 1000\ \mathrm{K}$ odczytujemy, że $\frac{R(1000\ \mathrm{K})}{R_0} = 4{,}5$ zatem

$R(1000\ \mathrm{K}) = 4{,}5 \cdot 65\ \Omega = 292{,}5\ \Omega$

Powyższe wartości podstawiamy do równania 2):

$$3)\ \ \alpha \approx \frac{292{,}5\ \Omega - 65\ \Omega}{65\ \Omega \cdot (1000\ \mathrm{K} - 300\ \mathrm{K})} = \frac{227{,}5\ \Omega}{45\,500\ \Omega \cdot \mathrm{K}} = 0{,}005\ \frac{1}{\mathrm{K}}$$

Sposób 3. obliczenia α (gdy zdający odczytuje wartości z prostej)

Współczynnik α jest równy współczynnikowi kierunkowemu a prostej pokrywającej się częściowo z wykresem (w zakresie temperatur od $300\ \mathrm{K}$ do $1000\ \mathrm{K}$), zatem z dowolnych punktów tej prostej, np.: $(300\ \mathrm{K}, 1)$ i $(3\,200\ \mathrm{K}, 15)$, mamy:

$$\alpha = a = \frac{\Delta(\text{rzędnych})}{\Delta(\text{odciętych})}$$

$$a = \frac{15 - 1}{3200\ \mathrm{K} - 300\ \mathrm{K}} = \frac{14}{2\,900\ \mathrm{K}} = 0{,}00482\ldots\ \frac{1}{\mathrm{K}} \approx 0{,}005\ \frac{1}{\mathrm{K}}$$

Sposób 4. obliczenia α (gdy zdający odczytuje wartość z prostej i stosuje wzór)
Współczynnik α jest równy współczynnikowi kierunkowemu a prostej pokrywającej się częściowo z wykresem (w zakresie temperatur od $300\ \mathrm{K}$ do $1000\ \mathrm{K}$). Zatem można skorzystać ze wzoru 1) z zastrzeżeniem, że poza zakresem przybliżenia liniowego $\frac{R}{R_0}$ nie jest już ilorazem rzeczywistego oporu R i R_0, tylko jest po prostu rzędną $\frac{R_{prosta}}{R_0}$ punktu leżącego na prostej:

$$\alpha = a = \frac{\left(\frac{R_{prosta}}{R_0} - 1\right)}{T - T_0}$$

Dla $T = 3200\ \mathrm{K}$ rzędna punktu na prostej wynosi $\frac{R_{prosta}}{R_0} = 15$, zatem:

$$\alpha = a = \frac{15 - 1}{3200\ \mathrm{K} - 300\ \mathrm{K}} = \frac{14}{2\,900\ \mathrm{K}} \approx 0{,}005\ \frac{1}{\mathrm{K}}$$

Zadanie 8.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. 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: 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze. 12.4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia temperatury włókna żarówki **oraz** podanie prawidłowej wartości liczbowej z jednostką, zawartej w przedziale od $2500\ \mathrm{K}$ do $2650\ \mathrm{K}$.

2 pkt – poprawne obliczenie oporu włókna żarówki **oraz** podanie prawidłowej wartości ilorazu $\frac{R}{R_0}$ dla włókna żarówki, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$R = \frac{(230\ \mathrm{V})^2}{60\ \mathrm{W}} \approx 882\ \Omega \qquad \text{oraz} \qquad \frac{R}{R_0} \approx 13{,}6$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia oporu włókna żarówki (tzn. zastosowanie związku między mocą znamionową a napięciem znamionowym i oporem) z błędem rachunkowym w obliczeniach **oraz** poprawna metoda wyznaczenia temperatury włókna żarówki (tzn. poprawne odczytanie z wykresu temperatury dla wyznaczonego oporu):

$$R = \frac{U_z^2}{P} \approx [\ldots]\ \Omega \qquad \text{oraz} \qquad T = [\text{poprawnie odczytane do wyznaczonego } \frac{R}{R_0}]$$

1 pkt – poprawna metoda obliczenia oporu włókna **oraz** doprowadzenie do wyrażenia pozwalającego obliczyć opór włókna np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$P_z = U_z I_z \qquad \text{oraz} \qquad U_z = I_z R \quad \rightarrow \quad R = \frac{U_z}{\left(\frac{P_z}{U_z}\right)}$$

albo (od razu w jednym zapisie)

$$R = \frac{U_z^2}{P_z}$$

LUB

– strategia rozwiązania (wynikająca z zapisów albo opisana słownie) polegająca na dążeniu do obliczenia $\frac{R}{R_0}$ **oraz** wyznaczenia temperatury poprzez odczytanie z wykresu.

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy wzór na moc wydzieloną na oporniku oraz związek między oporem opornika a natężeniem prądu przepływającego przez opornik i napięciem na oporniku. Zależności te zastosujemy do wyznaczenia oporu włókna przy zadanych parametrach znamionowych:

$$1)\ \ P_z = U_z I_z \qquad \text{oraz} \qquad 2)\ \ U_z = I_z R \quad \rightarrow \quad 3)\ \ P_z = \frac{U_Z^2}{R}$$

Z równania w punkcie 3) wyznaczymy opór włókna żarówki:

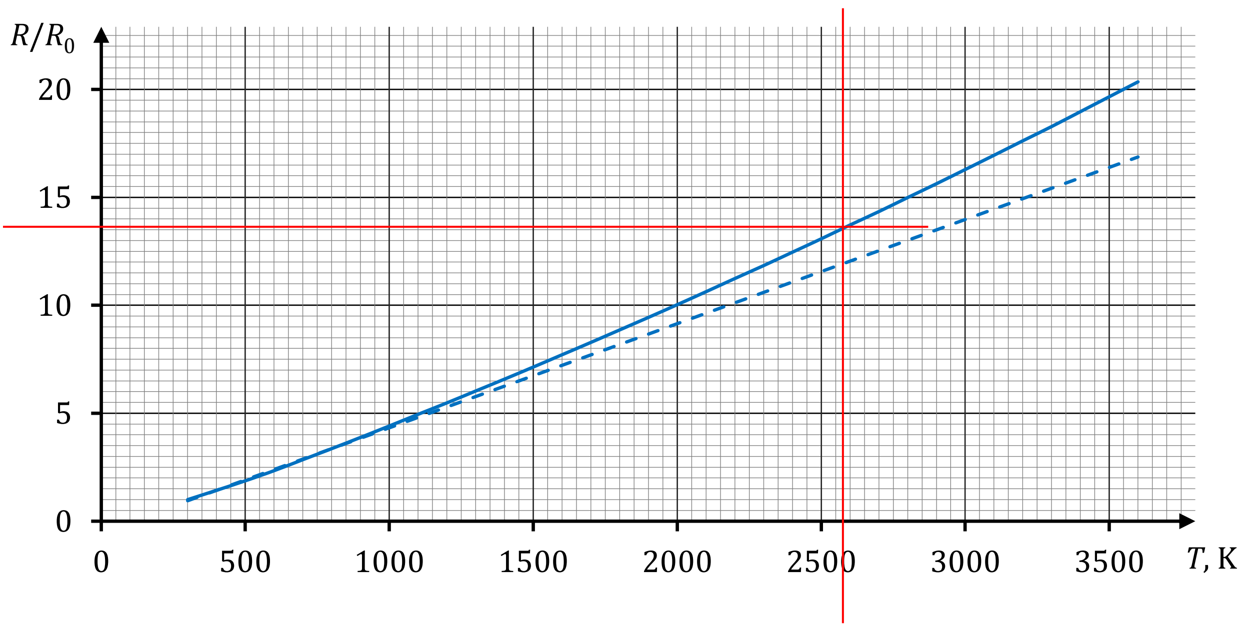
$$4)\ \ R = \frac{U_Z^2}{P_z} \quad \rightarrow \quad 5)\ \ R = \frac{(230\ \mathrm{V})^2}{60\ \mathrm{W}} \approx 882\ \Omega$$

Obliczymy iloraz oporu R i R_0:

$$6)\ \ \frac{R}{R_0} \approx \frac{882\ \Omega}{65\ \Omega} \approx 13{,}6$$

Odczytamy z wykresu temperaturę, dla której iloraz oporów ma wartość $13{,}6$:

$$7)\ \ \frac{R}{R_0} \approx 13{,}6 \qquad \text{dla} \qquad T \approx 2\,550\ \mathrm{K}\ \ (\text{albo } T \approx 2\,570\ \mathrm{K})$$



Zadanie 8.3. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymaganie 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: 8.2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia długości drutu wolframowego **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

1 pkt – zastosowanie zależności między oporem przewodnika a jego wymiarami (z poprawną identyfikacją pola przekroju i długości przewodnika) i oporem właściwym **oraz** poprawna identyfikacja wartości oporu w $T_0 = 300\ \mathrm{K}$.

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zależność między oporem przewodnika a jego wymiarami i oporem właściwym:

$$R_0 = \rho_0 \cdot \frac{l}{S}$$

$$l = \frac{R_0 S}{\rho_0} \approx \frac{65\ \Omega \cdot 3{,}14 \cdot 15^2 \cdot 10^{-6\cdot 2}\ \mathrm{m}^2}{5{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}} \approx 8\,200 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m} \approx 0{,}82\ \mathrm{m}$$

Zadanie 9.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymaganie 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: 10.3) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zasady oceniania

3 pkt – wypełnienie warunków **(a)** **oraz** **(b)**, **oraz** **(c)** opisanych w kryterium za 1 pkt.

2 pkt – wypełnienie warunków **(a)** **oraz** **(b)** opisanych w kryterium za 1 pkt

LUB

– wypełnienie warunków **(a)** **oraz** **(c)** opisanych w kryterium za 1 pkt

LUB

– wypełnienie warunków **(b)** **oraz** **(c)** opisanych w kryterium za 1 pkt.

1 pkt – (**a**) poprawne narysowanie promienia odbitego w punkcie D **oraz** poprawne oznaczenie i podpisanie kąta odbicia jako γ_{odb}, **oraz** poprawne uzupełnienie relacji:

$\boldsymbol{\gamma_{\mathrm{pad}} = \gamma_{\mathrm{odb}}}$

LUB

– (**b**) poprawne narysowanie promienia załamanego w punkcie D **oraz** poprawne oznaczenie i podpisanie kąta załamania jako $\gamma_{\mathrm{zał}}$, **oraz** poprawne uzupełnienie relacji:

$\boldsymbol{\gamma_{\mathrm{pad}} < \gamma_{\mathrm{zał}}}$

LUB

– (**c**) poprawne narysowanie promienia załamanego w punkcie D **oraz** poprawne oznaczenie i podpisanie kąta załamania jako $\gamma_{\mathrm{zał}}$, **oraz** poprawne uzupełnienie relacji:

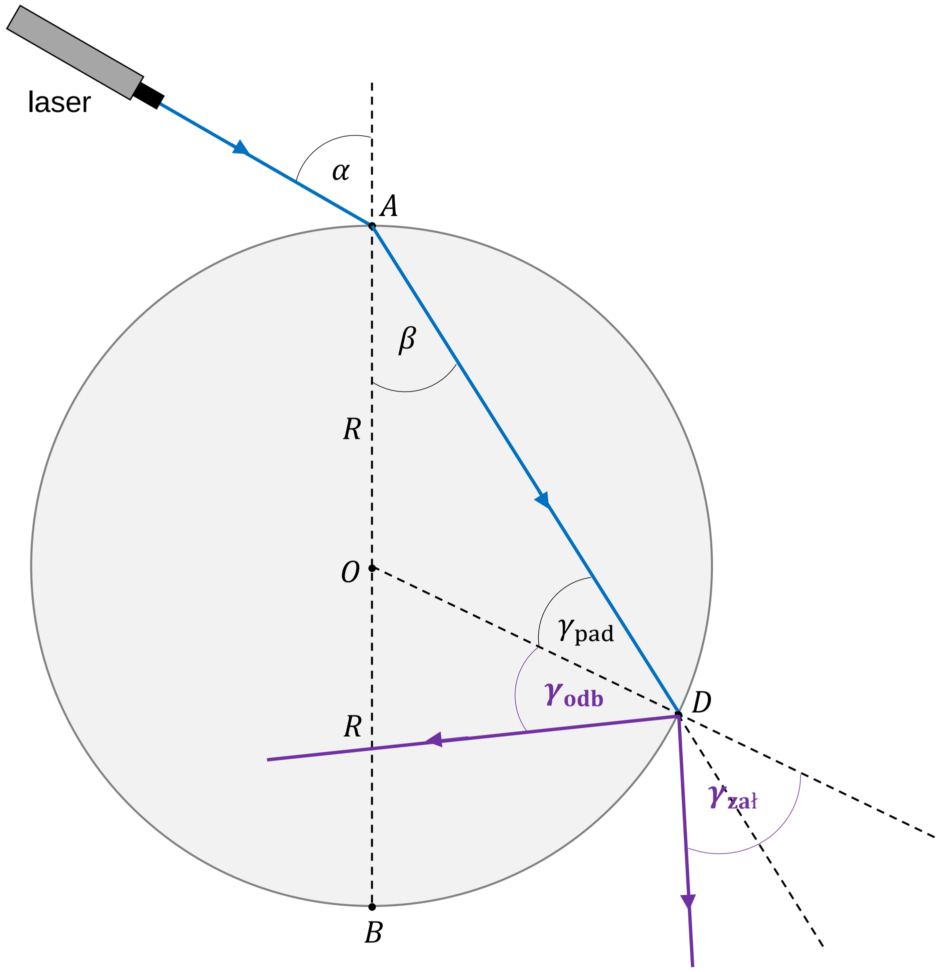
$\boldsymbol{\gamma_{\mathrm{zał}} = \alpha}$

LUB

– **(d)** poprawne narysowanie promienia odbitego **oraz** załamanego (w tym przypadku nie uwzględnia się braków lub błędów w podpisaniu kątów i uzupełnieniu relacji).

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

Pełne rozwiązanie



$\gamma_{\mathrm{pad}} \overset{=}{\cdots\cdots} \gamma_{\mathrm{odb}}$ $\gamma_{\mathrm{pad}} \overset{<}{\cdots\cdots} \gamma_{\mathrm{zał}}$ $\gamma_{\mathrm{zał}} \overset{=}{\cdots\cdots} \alpha$

Zadanie 9.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymaganie szczegółowe**
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. 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: 10.3) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości prędkości światła w krążku **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego zaokrąglonego do dwóch cyfr znaczących: $1{,}8 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$ lub $1{,}9 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$.

2 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości prędkości światła w krążku, tzn.: zapisanie wzoru (z prędkościami i kątami) wynikającego z prawa załamania światła na granicy ośrodków **oraz** zapisanie sinusów jako ilorazów długości odpowiednich boków albo zapisanie ilorazu sinusów jako ilorazu długości odpowiednich boków albo poprawne obliczenie wartości sinusów kątów α i β (jakkolwiek), np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c}{v} \qquad \text{oraz} \qquad \sin\alpha = \frac{|CB|}{|AB|} \qquad \text{oraz} \qquad \sin\beta = \frac{|BD|}{|AB|}$$

albo

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c}{v} \qquad \text{oraz} \qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{|CB|}{|BD|}$$

albo

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c}{v} \qquad \text{oraz} \qquad \sin\alpha \approx 0{,}87 \qquad \text{oraz} \qquad \sin\beta \approx 0{,}53$$

1 pkt – zapisanie wzoru wynikającego z prawa załamania światła na granicy ośrodków (wzoru z prędkościami i kątami), zgodnie z oznaczeniami podanymi w treści zadania, np. zapis:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c}{v} \qquad \text{albo} \qquad \left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{szk} \quad \text{oraz} \quad n_{szk} = \frac{c}{v} \right)$$

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

Uwaga dodatkowa

Jeśli zdający utożsamia (bezpodstawnie) miarę kąta $\angle ABD$ z miarą kąta $\angle BAC = \alpha$ albo stosuje bezpodstawny w tej sytuacji związek $\alpha + \beta = 90°$, a pozostałe elementy rozwiązania są poprawne, to może otrzymać co najwyżej 2 pkt.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy wzór wynikający z prawa załamania światła na granicy ośrodków, zgodnie z oznaczeniami na rysunku 2.:

$$1) \quad \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c}{v}$$

gdzie v jest wartością prędkości światła w krążku. Sinusy obu kątów określimy na podstawie stosunków odpowiednich boków w trójkątach prostokątnych ABC i ABD. Zauważmy, że na mocy twierdzenia o kątach wierzchołkowych mamy $\angle CAB = \alpha$. Zatem:

$$2) \quad \sin\alpha = \frac{|CB|}{|AB|} \qquad \text{oraz} \qquad \sin\beta = \frac{|BD|}{|AB|}$$

Związki zapisane w 2) podstawimy do 1):

$$3)\quad \frac{\frac{|CB|}{|AB|}}{\frac{|BD|}{|AB|}} = \frac{c}{v} \qquad \rightarrow \qquad \frac{|CB|}{|BD|} = \frac{c}{v} \qquad \rightarrow \qquad 4)\quad v = \frac{|BD|}{|CB|} \cdot c$$

Do wzoru 4) podstawimy podane w treści zadania długości odcinków i wartość prędkości światła w próżni:

$$5)\quad v = \frac{4{,}8\ \mathrm{cm}}{7{,}8\ \mathrm{cm}} \cdot 3{,}0 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 1{,}8 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 10.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 4.1) (G) opisuje sposoby elektryzowania ciał przez tarcie i dotyk; wyjaśnia, że zjawisko to polega na przepływie elektronów; analizuje kierunek przepływu elektronów; 4.4) (G) stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

D

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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. 4.2) (G) opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne dokończenie zdania: wpisanie prawidłowej wartości siły nacisku.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie
Gdy druga piłeczka utrzymywała się w ustabilizowanej pozycji nad pierwszą piłeczką, to wartość siły nacisku pierwszej piłeczki na dno rurki, w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących, była równa ......0,059........ N.

Zadanie 10.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
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: 1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; 1.9) (G) posługuje się pojęciem siły ciężkości. 7.1) wykorzystuje prawo Coulomba do obliczenia siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawna metoda obliczenia odległości x pomiędzy środkami piłeczek **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.
2 pkt – zapisanie wzoru na siłę oddziaływania pomiędzy piłeczkami wynikającego z prawa Coulomba z uwzględnieniem oznaczeń wielkości podanych w treści zadania **oraz** przyrównanie wartości siły elektrycznej do wartości siły grawitacji z uwzględnieniem wzoru na siłę grawitacji, np. zapisy równoważne poniższym:

$$F_{el} = \frac{k \cdot q \cdot q}{x^2} \qquad \text{oraz} \qquad F_{el} = mg$$

1 pkt – zapisanie wzoru na siłę oddziaływania pomiędzy piłeczkami wynikającego z prawa Coulomba z uwzględnieniem oznaczeń wielkości podanych w treści zadania, np. zapisy równoważne poniższym:

$$F_{el} = \frac{k \cdot q \cdot q}{x^2}$$

LUB
– przyrównanie wartości siły elektrycznej do wartości siły grawitacji, np. zapisy równoważne poniższym:

$$F_{el} = F_g$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie
Wartość siły oddziaływania pomiędzy piłeczkami jest taka, jak wartość siły oddziaływania pomiędzy ładunkami punktowymi umieszczonymi w środkach piłeczek. Zastosujemy wzór Coulomba na wartość siły pomiędzy ładunkami punktowymi:

$$1)\quad F_{el} = \frac{k \cdot q \cdot q}{x^2} \qquad \text{zatem} \qquad 2)\quad x = \sqrt{\frac{k \cdot q \cdot q}{F_{el}}}$$

Na drugą nieruchomą piłeczkę działa siła grawitacji skierowana w dół i siła elektryczna skierowana w górę (piłeczki odpychają się elektrycznie). Zgodnie z I zasadą dynamiki obie siły muszą się równoważyć, zatem:

$$3)\quad F_{el} = F_g \qquad \rightarrow \qquad 4)\quad F_{el} = mg$$

Równanie 4) podstawimy do równania 3):

$$5)\quad x = \sqrt{k\frac{q^2}{mg}}$$

$$6)\quad x = \sqrt{8{,}99 \cdot 10^9\ \mathrm{N} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}^2} \cdot \frac{(200 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{C})^2}{3 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} =$$

$$\approx \sqrt{8{,}99 \cdot 10^9\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-7})^2}{29{,}43 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}}} =$$

$$= \sqrt{1{,}2219 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}^2} \approx 1{,}105 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{m} \approx 11{,}1\ \mathrm{cm}$$

Zadanie 11.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. 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; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne uzupełnienie równania reakcji: wpisanie właściwych liczb atomowych **oraz** symbolu lub nazwy powstałej cząstki.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

$${}^{208}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{70}_{30}\mathrm{Zn} \rightarrow {}^{277}_{112}\mathrm{Cn} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

albo

$${}^{208}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{70}_{30}\mathrm{Zn} \rightarrow {}^{277}_{112}\mathrm{Cn} + \mathrm{n}$$

albo

$${}^{208}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{70}_{30}\mathrm{Zn} \rightarrow {}^{277}_{112}\mathrm{Cn} + \mathrm{neutron}$$

Zadanie 11.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.	Zdający: 3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne obliczenie liczby atomowej jądra, które powstaje po sześciu rozpadach alfa **oraz** zapisanie prawidłowej nazwy tego jądra.

1 pkt – prawidłowa metoda obliczenia liczby atomowej jądra, które powstaje po sześciu rozpadach alfa

LUB

– zapisanie prawidłowej nazwy powstałego jądra bez zapisania obliczeń liczby atomowej tego jądra.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Zachodzi sześć kolejnych rozpadów α, z których pierwszy jest rozpadem jądra $^{277}\mathrm{Cn}$. W każdym rozpadzie alfa powstaje nowe jądro oraz jądro helu $^4_2\mathrm{He}$. Po szóstym rozpadzie powstaje jądro pierwiastka, który oznaczymy $^A_Z\mathrm{X}$, gdzie:

$$\mathrm{A} = 277 - 6 \cdot 4 = 253$$ (zapis opcjonalny)

$$\mathrm{Z} = 112 - 6 \cdot 2 = 100$$

Nazwa lub symbol pierwiastka: Ferm albo $^{253}_{100}\mathrm{Fm}$ albo Fm

Zadanie 11.3. (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: 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania; oblicza te wielkości dla dowolnego pierwiastka układu okresowego; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując […] zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii wiązania jądra kopernik ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (w dżulach lub elektronowoltach), zaokrąglonego do trzech cyfr znaczących. Uznaje się wyniki:

$(3{,}20 \pm 0{,}05) \cdot 10^{-10}\ \mathrm{J}$ lub $(2{,}00 \pm 0{,}03)\ \mathrm{GeV}$

2 pkt – poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ a deficytem masy jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ **oraz** zapisanie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ **oraz** poprawne podstawienie danych, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} = (112 \cdot 1{,}672\,621\,92 + 165 \cdot 1{,}674\,927\,49 - 460{,}138\,852) \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot$$
$$\cdot\, 2{,}998^2 \cdot 10^{8\cdot 2}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

Uwaga! *Zdający może otrzymać 2 pkt niezależnie od zaokrąglenia, z jakim podstawia dane.*

1 pkt – zidentyfikowanie energii potrzebnej do rozbicia jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ jako energii wiązania tego jądra **oraz** zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ a deficytem masy tego jądra, np. zapisy równoważne poniższym:

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

LUB

– zapisanie deficytu masy jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ jako różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów tworzących to jądro a masą jądra ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta m_{\mathrm{Cn}} = 112 m_p + 165 m_n - m_{\mathrm{Cn}}$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Energia E, jaką należy dostarczyć do jądra kopernik ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$, aby rozbić je na poszczególne nukleony, jest równa energii wiązania tego jądra. Wykorzystamy związek pomiędzy energią wiązania a deficytem masy jądra kopernik ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$:

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

Jądro kopernik ${}^{277}_{112}\mathrm{Cn}$ ma 112 protonów i 165 neutronów, zatem:

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} = \left(112m_p + 165m_n - m_{\mathrm{Cn}}\right)c^2$$

Podstawiamy odpowiednie wartości i wykonujemy obliczenia.

Ze względu na to, że nie znamy wyniku różnicy odpowiednich mas (w nawiasie powyżej), i nie wiemy ile cyfr znaczących będzie miał ten wynik, to do kalkulatora wprowadzamy dane z taką dokładnością, jaka jest podana w zadaniu i w *Wybranych wzorach i stałych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki.*

Sposób 1. rachunku zapewniającego poprawne zaokrąglenie

Wynik zaokrąglamy na samym końcu. W ten sposób zachowamy właściwą czwartą cyfrę wyniku, potrzebną do zaokrąglenia do trzech cyfr znaczących:

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} \approx (112 \cdot 1{,}672\,621\,92 + 165 \cdot 1{,}674\,927\,49 - 460{,}138\,852) \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot (2{,}998 \cdot 10^8)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

$$= (3{,}557\,838\,89) \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot 8{,}988\,004 \cdot 10^{16}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 31{,}977\,870\,174\,7 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J} \approx 32{,}0 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J}$$

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} \approx 3{,}20 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{J} \approx 2{,}00\ \mathrm{GeV}$$

Sposób 2. rachunku zapewniającego poprawne zaokrąglenie

Pośrednie wyniki obliczeń zachowujemy zaokrąglone do czterech cyfr znaczących. Dzięki temu poprawnie zaokrąglimy wynik końcowy do trzech cyfr znaczących:

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} \approx (112 \cdot 1{,}672\,621\,92 + 165 \cdot 1{,}674\,927\,49 - 460{,}138\,852) \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot (2{,}998 \cdot 10^8)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

$$\approx 3{,}558 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot 8{,}988 \cdot 10^{16}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \approx 31{,}98 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J} \approx 32{,}0 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J}$$

$$E_{w\,\mathrm{Cn}} \approx 3{,}20 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{J} \approx 2{,}00\ \mathrm{GeV}$$