

<i>Rodzaj dokumentu:</i>	Zasady oceniania rozwiązań zadań
<i>Egzamin:</i>	Egzamin maturalny
<i>Przedmiot:</i>	Fizyka
<i>Poziom:</i>	Poziom rozszerzony
<i>Formy arkusza:</i>	EFAP-R0-100-2105, EFAP-R0-200-2105 EFAP-R0-300-2105, EFAP-R0-400-2105 EFAP-R0-700-2105, EFAP-R0-Q00-2105 EFAP-R0-240-2105
<i>Termin egzaminu:</i>	18 maja 2021 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	21 czerwca 2021 r.

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

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

Zadanie 1.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021 ¹	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku [...]; 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu wartości prędkości oraz prawidłowy wynik podany w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących: $\frac{v_{01}}{v_{02}} \approx 0,63$.

1 pkt – poprawne zapisanie lub wyprowadzenie wzoru na zasięg (z wyeliminowanym czasem) w rzucie poziomym oraz przyrównanie zasięgów obu rzutów (podobnie jak w sposobie 1.), np.: $v_{01}\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_{02}\sqrt{\frac{2h_2}{g}}$

LUB

– wykorzystanie równości zasięgów, np. zapisanie równania $v_{01}t_1 = v_{02}t_2$ (lub zapisy równoważne, np. $z_1 = z_2$ oraz $z_i = v_{0i}t_i$) oraz poprawne zapisanie (lub wyprowadzenie) wzorów na czasy trwania rzutów obu kulek K1 oraz K2 (np. podobnie / równoważnie jak w sposobie 2.)

LUB

– zapisanie równania $v_{01}t_1 = v_{02}t_2$ (lub zapisy równoważne, np. $z_1 = z_2$ oraz $z_i = v_{0i}t_i$) oraz poprawne obliczenie czasu trwania ruchu jednej z kulek (np. podobnie jak w sposobie 2.)

LUB

– wykorzystanie wzoru na zasięg w rzucie poziomym z prędkościami: $z = \frac{v_{0x} \cdot v_{ky}}{g}$ oraz poprawna metoda obliczenia pionowych składowych prędkości końcowych obu kulek (np. podobnie jak w sposobie 3.)

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

¹ Załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie szczególnych rozwiązań w okresie czasowego ograniczenia funkcjonowania jednostek systemu oświaty w związku z zapobieganiem, przeciwdziałaniem i zwalczaniem COVID-19 (Dz.U. poz. 493, z późn. zm.).

Uwagi dodatkowe

1. Gdy zdający przyjmie do obliczeń $g = 10 \text{ m/s}^2$ (zamiast polecanej do obliczeń wartości $9,8 \text{ m/s}^2$), zastosuje poprawną metodę i otrzyma wynik $\frac{v_{01}}{v_{02}} \approx 0,63$, to otrzymuje 2 pkt.
2. Gdy zdający zastosuje poprawną metodę obliczenia ilorazu wartości prędkości, ale zamiast ilorazu $\frac{v_{01}}{v_{02}}$ obliczy iloraz $\frac{v_{02}}{v_{01}}$, to otrzymuje 1 pkt (nie są spełnione warunki określone w zasadach oceniania za 2 pkt).
3. Gdy zdający stosuje poprawną metodę obliczenia ilorazu wartości prędkości, nie popełnia błędu rachunkowego, ale wynik podaje niezgodnie z poleceniem, czyli ze zbyt dużą liczbą cyfr znaczących – np. 0,632 (trzy cyfry znaczące) – lub zbyt małą liczbą cyfr znaczących – np. 0,6 (jedna cyfra znacząca) – to otrzymuje 1 pkt.

Przykładowe rozwiązanie

Rzut poziomy jest złożeniem ruchu jednostajnego prostoliniowego w poziomie i ruchu jednostajnie przyspieszonego bez prędkości początkowej w pionie.

Sposób 1. (wykorzystanie wzoru na zasięg z wysokością)

Wprowadzimy wzór na zasięg rzutu każdej z kulek:

$$\begin{aligned} z_1 = v_{01}t_1 \quad h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 &\rightarrow z_1 = v_{01}\sqrt{\frac{2h_1}{g}} \\ z_2 = v_{02}t_2 \quad h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 &\rightarrow z_2 = v_{02}\sqrt{\frac{2h_2}{g}} \end{aligned}$$

Przyrównamy zasięgi obu rzutów, następnie wyznaczymy i obliczymy iloraz $\frac{v_{01}}{v_{02}}$:

$$\begin{aligned} v_{01}\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_{02}\sqrt{\frac{2h_2}{g}} &\rightarrow \frac{v_{01}}{v_{02}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \\ \frac{v_{01}}{v_{02}} = \sqrt{\frac{2}{5}} = 0,63245 \dots &\rightarrow \frac{v_{01}}{v_{02}} \approx 0,63 \end{aligned}$$

Sposób 2. (wykorzystanie wzoru na zasięg z czasem)

Przyrównamy zasięgi rzutu obu kulek, oraz wykorzystamy wzór z czasem na zasięg, zatem:

$$z_1 = z_2 \rightarrow v_{01}t_1 = v_{02}t_2$$

Obliczymy czasy trwania obu ruchów (czas trwania rzutu poziomego z wysokości h jest równy czasowi spadku swobodnego z tej wysokości):

$$\begin{aligned} t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} &\rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{9,8}} \text{ s} \approx 1,01 \text{ s} \\ t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} &\rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{9,8}} \text{ s} \approx 0,64 \text{ s} \end{aligned}$$

Obliczymy iloraz wartości prędkości:

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{t_2}{t_1} \quad \rightarrow \quad \frac{v_{01}}{v_{02}} \approx \frac{0,64}{1,01} \approx 0,63$$

Sposób 3. (wykorzystanie wzoru na zasięg z prędkościami)

Wykorzystamy wzór na zasięg w rzucie poziomym – z poziomą składową prędkości v_x oraz z pionową składową prędkości końcowej v_{ky} :

$$z = v_x t \quad v_{ky} = gt \quad \rightarrow \quad z = \frac{v_x \cdot v_{ky}}{g}$$

Przyrównamy zasięgi rzutów obu kulek:

$$z_1 = z_2 \quad \rightarrow \quad v_{01} \cdot v_{k1y} = v_{02} \cdot v_{k2y} \quad \rightarrow \quad \frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{v_{k2y}}{v_{k1y}}$$

Wyznamy pionowe składowe prędkości końcowych obu kulek. Zastosujemy zasadę zachowania energii ograniczoną do składowej pionowej ruchu kulki:

$$\frac{mv_{k1y}^2}{2} = mgh_1 \quad \rightarrow \quad v_{k1y} = \sqrt{2gh_1}$$

$$\frac{mv_{k2y}^2}{2} = mgh_2 \quad \rightarrow \quad v_{k2y} = \sqrt{2gh_2}$$

Zatem:

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{v_{k2y}}{v_{k1y}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \approx 0,63$$

Zadanie 1.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości końcowej kulki K1 (z zasady zachowania energii lub z równań ruchu) oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii mechanicznej kulki K1, z którego można bezpośrednio obliczyć prędkość końcową kulki K1 (np. podobnie jak w sposobie 1.)

LUB

- zapisanie wzoru na prędkość końcową kulki K1 w postaci: $v_{k1} = \sqrt{v_{01}^2 + v_{ky}^2}$ oraz uwzględnienie (zapisanie lub wyprowadzenie z równań ruchu albo zasady zachowania energii), że: $v_{ky} = \sqrt{2gh_1}$

LUB

- zapisanie równania $v_{k1} = \sqrt{v_{01}^2 + (gt_1)^2}$ (może być w formie z podstawionymi wartościami liczbowymi lub równanie podniesione obustronnie do kwadratu) oraz poprawne obliczenie czasu trwania ruchu: $t_1 \approx 1,0$ s. (np. równoważnie jak w sposobie 2.).

1 pkt – wykorzystanie zasady zachowania energii mechanicznej: przyrównanie energii mechanicznej początkowej do energii mechanicznej końcowej łącznie z identyfikacją energii początkowej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej, a energii końcowej jako energii kinetycznej (np. podobnie jak w sposobie 1.) (gdy poziom zera energii potencjalnej jest dla $h = 0$)

LUB

- zapisanie wzoru na prędkość końcową kulki K1 w postaci: $v_{k1} = \sqrt{v_{01}^2 + v_{ky}^2}$ oraz skorzystanie ze związku: $v_{ky} = gt_1$, przy czym mogą to być oddzielne zapisy lub jedno równanie równoważne: $v_{k1} = \sqrt{v_{01}^2 + (gt_1)^2}$ (np. podobnie jak w sposobie 2.).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga dodatkowa

Zdający może wykorzystać obliczony w zadaniu 1.1. czas t_1 .

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1. (wykorzystanie zasady zachowania energii mechanicznej)

Zgodnie z założeniem o pominięciu oporów powietrza, wykorzystamy zasadę zachowania energii mechanicznej: energia mechaniczna w chwili początkowej rzutu jest równa energii mechanicznej w chwili końcowej trwania rzutu:

$$E_0 = E_k$$

$$E_{kin\ 0} + E_{pot\ 0} = E_{kin\ k} + 0$$

Zastosujemy wzory na energię kinetyczną i potencjalną, przekształcamy je, podstawimy dane i wykonamy obliczenia.

$$\frac{1}{2}mv_{01}^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_{k1}^2$$

$$\frac{1}{2}v_{01}^2 + gh_1 = \frac{1}{2}v_{k1}^2$$

$$v_{k1} = \sqrt{2gh_1 + v_{01}^2} \approx \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5 + 7,9^2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 12,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sposób 2. (wykorzystanie równań ruchu)

Rzut poziomy jest złożeniem ruchu jednostajnego prostoliniowego w poziomie i ruchu jednostajnie przyspieszonego bez prędkości początkowej w pionie.

Prędkość końcową kulki K1 w kierunku pionowym oznaczmy jako v_{ky} .

Prędkość w kierunku poziomym się nie zmienia, zatem $v_{kx} = v_{01}$.

Prędkość końcowa kulki K1 wyraża się wzorem:

$$v_{k1} = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = \sqrt{v_{01}^2 + v_{ky}^2}$$

Wyznaczymy v_{ky} z równań ruchu (w kierunku poziomym i pionowym):

$$v_{ky} = gt_1 \quad \text{oraz} \quad h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad \rightarrow \quad v_{ky} = g\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

Z powyższych zależności otrzymujemy:

$$v_{k1} = \sqrt{v_{01}^2 + \left(g\sqrt{\frac{2h_1}{g}}\right)^2} = \sqrt{v_{01}^2 + 2gh_1}$$

$$v_{k1} \approx \sqrt{7,9^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 12,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zadanie 2.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.1) [...] wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 1.2) (P) [...] wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Zasady oceniania

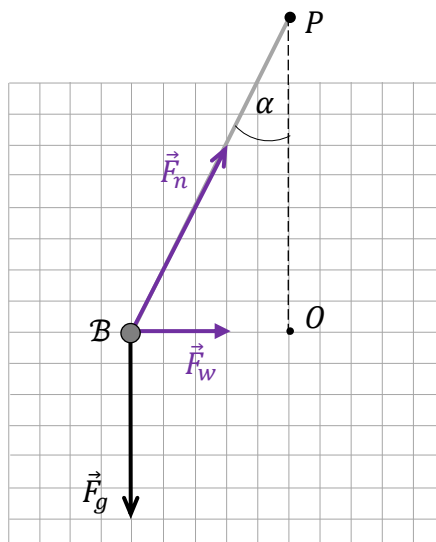
2 pkt – poprawne narysowanie siły reakcji nici $\vec{F}_n$ oraz siły wypadkowej $\vec{F}_w$ – zaczepionych do ciała $\mathcal{B}$ – łącznie z poprawnym zachowaniem kierunków, zwrotów oraz proporcji pomiędzy wartościami wszystkich sił, wynikających z dodawania wektorów.

1 pkt – poprawne narysowanie kierunków i zwrotów: siły reakcji nici $\vec{F}_n$ oraz siły wypadkowej $\vec{F}_w$ – zaczepionych do ciała $\mathcal{B}$
LUB

– poprawne narysowanie kierunku i zwrotu siły reakcji nici $\vec{F}_n$ oraz narysowanie siły wypadkowej, która nie jest skierowana do punktu O , ale jest konsekwentnie wyznaczona konstrukcyjnie jako suma wektorów $\vec{F}_n$ oraz $\vec{F}_g$.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 2.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

AD

Zadanie 2.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.1) (P) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciem okresu i częstotliwości; 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wzoru na okres oraz zapisanie wzoru w postaci

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cdot \cos \alpha}{g}} \quad \text{albo} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cdot \sin \alpha}{g \cdot \tan \alpha}}$$

2 pkt – zapisanie równania równoważnego równaniu:

$$m\omega^2 r = F_g \cdot \tan \alpha \quad \text{albo} \quad \frac{mv^2}{r} = F_g \cdot \tan \alpha$$

łącznie z wykorzystaniem odpowiednio wzorów:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{albo} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

LUB

– zapisanie równania równoważnego równaniu:

$$m\omega^2 r = F_g \cdot \tan \alpha \quad \text{albo} \quad \frac{mv^2}{r} = F_g \cdot \tan \alpha$$

łącznie z wykorzystaniem odpowiednio wzoru: $\frac{r}{l} = \sin \alpha$

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę wypadkową działającą na ciało $\mathcal{B}$ jako siłę dośrodkową (np. zapis: $F_{do} = F_w$ lub $a_{do} = \frac{F_w}{m}$) z uwzględnieniem prawidłowego związku między siłą wypadkową i siłą grawitacji:

$$F_w = F_g \tan \alpha \quad (\text{albo} \quad F_w = F_n \sin \alpha \quad \text{i} \quad F_g = F_n \cos \alpha).$$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwagi dodatkowe

- Jeśli zdający identyfikuje siłę wypadkową działającą na ciało jako siłę dośrodkową oraz do wyznaczenia siły wypadkowej używa związków między F_n a F_w oraz między F_n a F_g , i na tym etapie popełnia błąd w określeniu relacji trygonometrycznych (np. myli sinus z cosinusem, albo zamienia relację na odwrotną) – tzn. zdający dąży do wyznaczenia wartości F_w , która nie jest ani siłą grawitacji, ani siłą napięcia nici – po czym konsekwentnie, wykorzystując pozostałe prawidłowe relacje doprowadza rozwiązanie do postaci równoważnej poniższej:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml \sin \alpha}{F_w}}$$

to otrzymuje 1 pkt.

- Jeśli zdający identyfikuje siłę wypadkową działającą na ciało jako siłę dośrodkową, a następnie siłę wypadkową identyfikuje błędnie jako siłę grawitacji albo siłę napięcia nici, to otrzymuje 0 pkt.

Przykładowe rozwiązanie

Ponieważ ciało $\mathcal{B}$ porusza się po okręgu, to siła będąca wypadkową sił: grawitacji i reakcji nici, jest siłą dośrodkową:

$$\vec{F}_{do} = \vec{F}_w$$

Zastosujemy wzór na siłę dośrodkową w ruchu po okręgu oraz związek między wartością siły grawitacji i wartością siły wypadkowej:

$$F_{do} = m\omega^2 r \quad \text{oraz} \quad \frac{F_w}{F_g} = \tan \alpha$$

gdzie r jest promieniem okręgu, a ω jest prędkością kątową, z jaką ciało $\mathcal{B}$ porusza się po tym okręgu.

Z powyższych równań – po uwzględnieniu wzoru na siłę grawitacji – otrzymujemy:

$$m\omega^2 r = F_g \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$m\omega^2 r = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\omega^2 r = g \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Wykorzystamy związki:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{oraz} \quad r = l \cdot \sin \alpha$$

Po uwzględnieniu powyższych równań mamy:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot l \cdot \sin \alpha = g \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l \cos \alpha}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}}$$

Zadanie 3.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne wpisy dla każdego przedziału czasu.

2 pkt – poprawne wpisy dla 5 lub 4 przedziałów czasu

1 pkt – poprawne wpisy dla 3 lub 2 przedziałów czasu

LUB

– wszystkie wpisy poprawne w pierwszej kolumnie.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

Przedział czasu	Głośnik A. zbliżał się do mikrofonu. B. oddalał się od mikrofonu. C. był nieruchomy względem mikrofonu.	Wartość prędkości głośnika D. rosła. E. malała. F. była stała, różna od zera. G. była równa 0.
$0 < t < t_1$	B	D
$t_1 < t < t_2$	B	F
$t_2 < t < t_3$	B	E
$t_3 < t < t_4$	C	G
$t_4 < t < t_5$	A	D
$t_5 < t < t_6$	A	E

Zadanie 3.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia [...].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia $\frac{v_{od}}{v_{zb}}$ oraz zapisanie prawidłowego wyniku, podanego w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących: $\frac{v_{od}}{v_{zb}} \approx 1,08$.

2 pkt – poprawne wyprowadzenie na symbolach ilorazu $\frac{v_{od}}{v_{zb}}$ oraz zapisanie wyniku równoważnego postaci: $\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{\Delta f_{od}}{\Delta f_{zb}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{od}}$ (np. podobnie jak w sposobie 1.) łącznie z poprawną identyfikacją wartości liczbowych: $f_{zb} = 520 \text{ Hz}$ oraz $f_{od} = 480 \text{ Hz}$ oraz $f_0 = 500 \text{ Hz}$
LUB

– poprawna metoda obliczenia maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik oddala się od mikrofonu oraz poprawna metoda obliczenia maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik zbliża się do mikrofonu oraz podanie prawidłowych wyników liczbowych (np. podobnie jak w sposobie 2.).

1 pkt – poprawne wyprowadzenie ze wzorów Dopplera wzoru na symbolach pozwalającego obliczyć (bezpośrednio) maksymalną prędkość, z jaką głośnik oddala się oraz zbliża się do mikrofonu (np. podobnie jak w sposobie 1.)
LUB

- poprawne obliczenie maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik oddala się od mikrofonu (ok. 14,2 m/s) albo zbliża się do mikrofonu (ok. 13,1 m/s) (np. podobnie jak w sposobie 2.)

LUB

- podstawienie do dwóch wzorów Dopplera (na zbliżanie oraz na oddalanie) wartości liczbowych częstotliwości, prawidłowo zidentyfikowanych jako częstotliwość odbierana, gdy źródło się zbliża oraz gdy źródło się oddala.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Zapiszemy wzory Dopplera na częstotliwość (maksymalną), jaką rejestruje mikrofon, gdy źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu i gdy się oddala od mikrofonu. Prędkość dźwięku oznaczmy jako v_d :

$$\begin{cases} f_{zb} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d - v_{zb}} \\ f_{od} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d + v_{od}} \end{cases}$$

Z powyższych równań wyznaczmy v_{od} oraz v_{zb} w zależności od częstotliwości:

$$\begin{cases} f_{zb}v_d - f_{zb}v_{zb} = f_0 \cdot v_d \\ f_{od}v_d + f_{od}v_{od} = f_0 \cdot v_d \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v_{zb} = \frac{f_{zb} - f_0}{f_{zb}} \cdot v_d \\ v_{od} = \frac{f_0 - f_{od}}{f_{od}} \cdot v_d \end{cases}$$

Wyrazimy iloraz prędkości poprzez częstotliwości:

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{f_0 - f_{od}}{f_{od}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{zb} - f_0} = \frac{\Delta f_{od}}{\Delta f_{zb}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{od}}$$

Odczytamy dane z wykresu i podstawimy do powyższego wzoru. Największą częstotliwość 520 Hz rejestruje mikrofon gdy, gdy źródło się zbliża się do niego z największą prędkością, a najmniejszą częstotliwość 480 Hz rejestruje mikrofon, gdy źródło oddala się od niego z największą prędkością.

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{500 - 480}{520 - 500} \cdot \frac{520}{480} = \frac{20}{20} \cdot \frac{520}{480} = \frac{520}{480} \approx 1,08$$

Sposób 2.

Ze wzorów Dopplera obliczymy wartość prędkości maksymalnej, z jaką źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu, oraz wartość prędkości maksymalnej, z jaką źródło dźwięku oddala się od mikrofonu. Prędkość dźwięku oznaczmy jako v_d .

Przypadek, gdy źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu:

$$\begin{aligned} f_{zb} &= f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d - v_{zb}} \rightarrow 520 \text{ Hz} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb}} \\ 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb} &\approx 326,9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v_{zb} \approx 13,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Przypadek, gdy źródło dźwięku oddala się do mikrofonu:

$$f_{od} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d + v_{od}} \quad \rightarrow \quad 480 \text{ Hz} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} + v_{od}}$$

$$340 \frac{\text{m}}{\text{s}} + v_{od} \approx 354,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \rightarrow \quad v_{od} \approx 14,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Obliczymy iloraz prędkości:

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{14,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{13,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 1,08$$

Zadanie 4.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.6) (P) [...] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową [...]; 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej [...] prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia we wszystkich zdaniach.

1 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech lub dwóch zdaniach.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

1. F 2. F 3. P 2. P

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

D

Zadanie 4.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia okresu obiegu satelity S1 (np. jak w krokach 1.–3.) oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (wynik prawidłowy to taki, który można zaokrąglić do $5,5 \cdot 10^3$ s lub $5,6 \cdot 10^3$ s).

2 pkt – doprowadzenie do (lub zapisanie) jednego poprawnego wyrażenia (do którego zdający bezpośrednio podstawia wartości liczbowe albo na którym kończy rozwiązanie), z którego można bezpośrednio obliczyć okres obiegu satelity S1 jedynie na podstawie odpowiednich stałych, masy Ziemi oraz promienia orbity (np. zapisanie wyrażenia jak w kroku 2.).

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji jako siłę dośrodkową (lub przyspieszenie dośrodkowe jako przyspieszenie grawitacyjne / natężenie pola grawitacyjnego) oraz uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyspieszenia / natężenia pola) (np. jak w kroku 1. w sposobie 1.)

LUB

– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną (dla promienia orbity satelity S1), łącznie z zastosowaniem wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu (np. jak w kroku 1. w sposobie 2.) dla tej orbity.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga dodatkowa

Jeżeli zdający zapisze od razu bez wyprowadzenia III prawo Keplera łącznie z poprawnie określoną stałą: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$, to otrzymuje 2 pkt.

Przykładowe rozwiązanieSposób 1.

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

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$$

Krok 2. Wyprowadzimy wyrażenie pozwalające na bezpośrednie obliczenie okresu obiegu satelity S1 dookoła Ziemi. W tym celu do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

$$m \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \quad \rightarrow \quad \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{GM}{r^2} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

Do otrzymanego wyrażenia podstawiamy odpowiednie dane:

$$T = 2 \cdot 3,142 \sqrt{\frac{(6,77 \cdot 10^6 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}}$$

Krok 3. Wykonujemy obliczenia:

$$T = 6,284 \sqrt{7,7923 \cdot 10^5 \text{ s}} = 6,284 \sqrt{77,923 \cdot 10^4 \text{ s}}$$

$$T \approx 5,55 \cdot 10^3 \text{ s}$$

Sposób 2.

Krok 1. Skorzystamy ze wzoru na prędkość w ruchu po orbicie kołowej oraz zastosujemy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

Krok 2. Z powyższych równań wyprowadzamy wzór pozwalający na obliczenie okresu obiegu satelity S1 dookoła Ziemi:

$$\frac{2\pi r}{T} = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \rightarrow \quad \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

Krok 3. Wykonujemy obliczenia jak w kroku 3. w sposobie 1. albo jak poniżej (iloczyn GM można zastąpić iloczynem gR_z^2):

$$g = \frac{GM}{R_z^2} \quad gR_z^2 = GM \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{gR_z^2}} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g} \cdot \frac{r}{R_z^2}} \approx 5,55 \cdot 10^3 \text{ s}$$

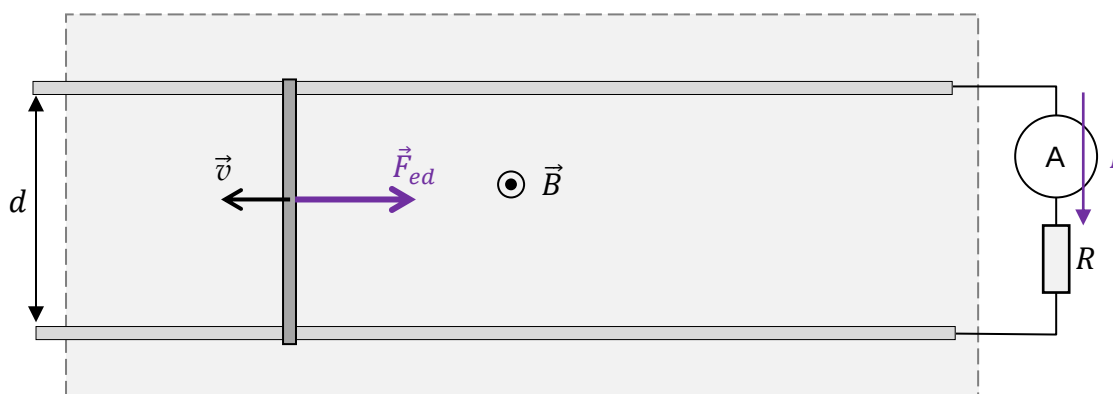
Zadanie 5.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 9.5) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym; 9.10) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Zasady oceniania

- 2 pkt – prawidłowe zaznaczenie kierunku przepływu prądu przez amperomierz oraz prawidłowe narysowanie wektora siły elektrodynamicznej działającej na poprzeczkę (przyłożonej do poprzeczki).
- 1 pkt – prawidłowe zaznaczenie kierunku przepływu prądu przez amperomierz
 LUB
 – prawidłowe narysowanie wektora siły elektrodynamicznej działającej na poprzeczkę (przyłożonej do poprzeczki).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Prawidłowe rozwiązanie



Zadanie 5.2. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona; 9.5) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości siły zewnętrznej działającej na poprzeczkę oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił oraz wykorzystanie wzoru na wartość siły elektrodynamicznej działającej na poprzeczkę (np. zapisy: $F = F_{ed}$ oraz $F_{ed} = IdB$ albo zapis jednym równaniem $F = IdB$ lub zapis jednym równaniem z podstawionymi wartościami liczbowymi $F = 2 \text{ A} \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ T}$)

LUB

– poprawna metoda obliczenia wartości siły elektrodynamicznej działającej na poprzeczkę oraz podanie prawidłowej wartości liczbowej z jednostką (np. $F_{ed} = 0,08 \text{ N}$) przy braku zapisania warunku równowagi sił (brak zapisu $F = F_{ed}$ lub brak podania wyniku końcowego $F = 0,08 \text{ N}$)

LUB

– zapisanie jedynie samego prawidłowego wyniku: $F = 0,08 \text{ N}$ bez przedstawienia toku rozumowania / obliczeń prowadzących do tego wyniku.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Poprzeczka porusza się ruchem jednostajnym w kierunku poziomym, gdy działające na nią siły równoważą się:

$$F = F_{ed}$$

Wykorzystamy wzór na siłę elektrodynamiczną działającą na poprzeczkę:

$$F_{ed} = IdB \quad \text{zatem}$$

$$F = 2 \text{ A} \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ T} = 0,08 \text{ N}$$

Zadanie 5.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 9.8) analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym; 9.9) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1. lub sposobem 2.)

- 3 pkt – prawidłowa metoda obliczenia całkowitego oporu elektrycznego obwodu oraz podanie prawidłowego wyniku wraz z jednostką.
- 2 pkt – prawidłowe wyprowadzenie lub zapisanie wzoru na indukowane napięcie elektryczne pomiędzy końcami poruszającej się poprzeczki oraz wykorzystanie związku między napięciem a oporem i natężeniem prądu, łącznie z prawidłową identyfikacją wielkości.
- 1 pkt – prawidłowe wyprowadzenie lub zapisanie wzoru na indukowane napięcie elektryczne pomiędzy końcami poruszającej się poprzeczki
LUB
- skorzystanie ze związku między napięciem a oporem i natężeniem prądu oraz identyfikacja napięcia, jako siły elektromotorycznej indukowanej w obwodzie (wystarczy np. zapis $\mathcal{E}_{ind} = IR$ lub $U = IR$ i $U = \mathcal{E}_{ind}$).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 3.)

- 3 pkt – prawidłowa metoda obliczenia całkowitego oporu elektrycznego obwodu oraz podanie prawidłowego wyniku wraz z jednostką.
- 2 pkt – zapisanie zasady zachowania energii: przyrównanie pracy (lub mocy) mechanicznej przeciwko sile elektrodynamicznej do pracy prądu elektrycznego oraz skorzystanie ze wzorów na moc mechaniczną, moc elektryczną oraz siłę elektrodynamiczną.
- 1 pkt – zapisanie zasady zachowania energii: przyrównanie pracy (lub mocy) mechanicznej przeciwko sile elektrodynamicznej do pracy prądu elektrycznego (wystarczy zapis $W_{Fed} = W_{el}$ albo $P_{Fed} = P_{el}$).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Wyprowadzimy wzór na napięcie indukowane, jakie powstaje na końcach poprzeczki.

Sposób 1. wyznaczenia napięcia indukowanego

Skorzystamy z definicji napięcia. F_L oznacza wartość siły Lorentza działającej na ładunek w polu magnetycznym:

$$U = \frac{W}{q} = \frac{F_L d}{q} = \frac{qvBd}{q} = vBd$$

Sposób 2. wyznaczenia napięcia indukowanego

Skorzystamy z prawa Faradaya:

$$U = \left| \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right| = \frac{B \Delta S}{\Delta t} = \frac{B d \Delta x}{\Delta t} = Bdv$$

Ciąg dalszy rozwiązania

Wykorzystamy związek między napięciem a oporem oraz natężeniem prądu:

$$U = IR \quad \rightarrow \quad R = \frac{U}{I}$$

Zatem:

$$R = \frac{vBd}{I} \rightarrow R = \frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ T} \cdot 0,05 \text{ m}}{2 \text{ A}} = 0,04 \Omega$$

Sposób 3. (wykorzystanie zasady zachowania energii)

Zgodnie z założeniem o braku oporów w ruchu poprzeczki, praca (a zatem i moc) mechaniczna przeciwko sile elektrodynamicznej jest równa pracy (a zatem i mocy) prądu elektrycznego płynącego w obwodzie:

$$P_{\text{mech}} = P_{\text{el}}$$

Wykorzystamy wzory na moc mechaniczną, pracę prądu elektrycznego oraz siłę elektrodynamiczną:

$$Fv = I^2 R$$

$$IvBd = I^2 R$$

Zatem:

$$R = \frac{vBd}{I} \rightarrow R = \frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ T} \cdot 0,05 \text{ m}}{2 \text{ A}} = 0,04 \Omega$$

Zadanie 6.1. (0–4)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...]; 9.11) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość [...]); 9.12) opisuje działanie diody jako prostownika. 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawne narysowanie wykresów obu zależności dla przedziału czasu $t \in [0; 0,1 \text{ s}]$.

3 pkt – narysowanie wykresów dwóch zależności $I_1(t)$ i $I_2(t)$ – jeden wykres prawidłowy a drugi wykres z prawidłowym określeniem amplitudy natężenia prądu, okresu zmian ale z błędnie narysowanymi połówkami sinusoid – tzn. skierowanych w przeciwną stronę, na właściwych odcinkach czasu

LUB

– narysowanie wykresów dwóch zależności $I_1(t)$ i $I_2(t)$ – jeden wykres prawidłowy, a drugi wykres z prawidłowym określeniem amplitudy natężenia prądu, okresu zmian ale z błędnie narysowanymi połówkami sinusoid – tzn. na niewłaściwych odcinkach czasu, skierowanych we właściwą stronę

LUB

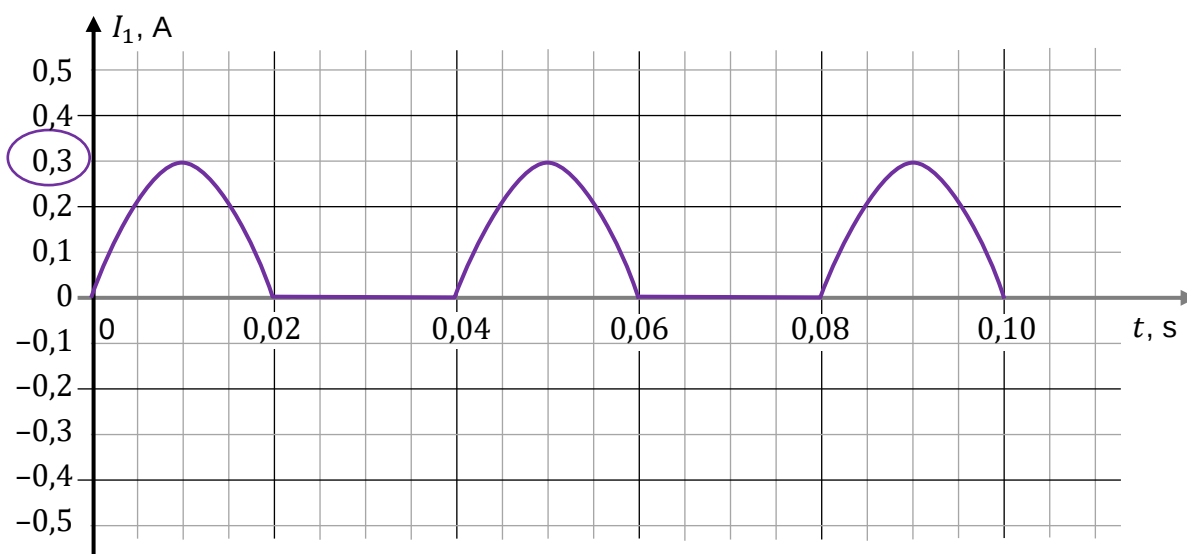
- narysowanie wykresów dwóch zależności $I_1(t)$ i $I_2(t)$ – jeden wykres prawidłowy a drugi wykres z prawidłowym okresem, prawidłowo skierowanymi połówkami sinusoid na właściwych odcinkach, ale z błędnie określoną amplitudą
LUB
 - narysowanie wykresów dwóch zależności $I_1(t)$ i $I_2(t)$ z poprawnymi wartościami amplitudy natężenia, okresu zmian, ale z odwrotnie skierowanymi połówkami sinusoid na właściwych odcinkach czasu w obu przypadkach.
- 2 pkt – poprawne narysowanie wykresu zależności $I_1(t)$: poprawnie określona amplituda prądu (0,3 A), poprawny okres zmian, górne połówki sinusoidy w 1., 3. i 5. połowie okresu zmian, w 2. i 4. natężenie równe zero
LUB
- poprawne narysowanie wykresu zależności $I_2(t)$: poprawnie określona amplituda prądu (0,2 A), poprawny okres zmian, dolne połówki sinusoidy w 2. i 4. połowie okresu zmian, w 1., 3. i 5. natężenie równe zero
LUB
 - narysowanie wykresów dwóch zależności $I_1(t)$ i $I_2(t)$ z poprawnymi wartościami amplitud natężenia prądu, okresu zmian, ale z błędnie skierowanymi połówkami sinusoid i na przesuniętych (o długość $\frac{T}{2}$) odcinkach czasu w obu przypadkach.
- 1 pkt – poprawnie określona na wykresie amplituda natężenia jednego z prądów $I_1(t)$ lub $I_2(t)$ oraz poprawnie określony na wykresie interwał czasu, gdy prąd płynie w jedną stronę ($\Delta t = 0,02$ s)
LUB
- narysowanie jednego wykresu o poprawnym kształcie (połówki sinusoidy oddzielone odcinkami prostymi) z poprawnie określonym okresem lub amplitudą (poprzez poprawny kształt rozumie się fragmenty sinusoidy oddzielone odcinkami prostymi, leżącymi na osi czasu:  (ten kształt może być odbity lub przesunięty)).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwagi dodatkowe

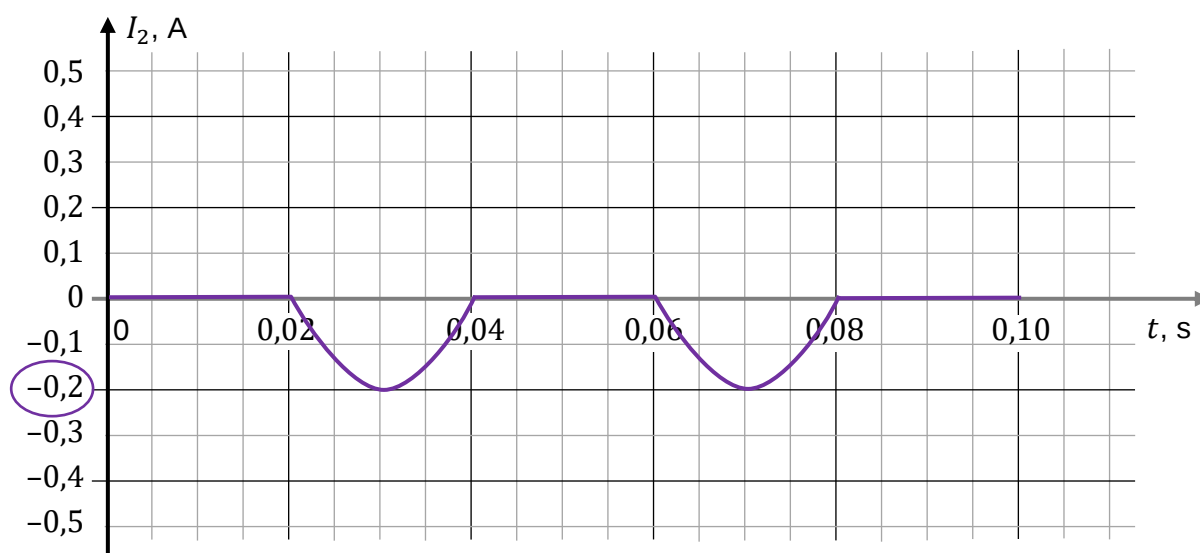
1. Określenie amplitudy zmian natężenia prądu uznaje się za prawidłowe wtedy, gdy wartości natężenia prądu zmieniają się od zera do $+I_{i\max}$ albo $-I_{i\max}$. To oznacza, że: 1) wykres posiada miejsca zerowe, 2) wykres nie przechodzi powyżej $+I_{i\max}$ / poniżej $-I_{i\max}$.
2. Poprawne określenie okresu (lub interwału, gdy prąd płynie w jedną stronę) na wykresie oznacza: 1) poprawne wyznaczenie okresu ($T = 0,04$ s); 2) poprawne uwzględnienie okresu na wykresie (tzn. „garby” sinusoidy mają w podstawie odcinek czasu 0,02 s).
Przykład. Jeśli zdający zapisze w obszarze rysunku $T = 0,04$ s i jednocześnie „garby” sinusoidy na jego wykresie będą miały w podstawie odcinki czasu 0,04 s, to oznacza, że określenie okresu na wykresie jest niepoprawne.
3. Jeżeli zdający zamiast wartości amplitud stosuje na wykresach prawidłowe obie wartości natężeń skutecznych prądu, a wszystkie pozostałe elementy obu wykresów są poprawne, to otrzymuje 3 pkt.

Prawidłowe rozwiązanie

Rysunek 1. (dla prądu płynącego przez opornik R_1)



Rysunek 2. (dla prądu płynącego przez opornik R_2)



Zadanie 6.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 9.11) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, [...] wartości skuteczne); 9.12) opisuje działanie diody jako prostownika; 8.6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1. lub sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ciepła wydzielanego w całym obwodzie oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

2 pkt – zapisanie ciepła całkowitego wydzielonego w obwodzie jako sumy ciepł wydzielanych na obu opornikach oraz zapisanie wyrażenia (na symbolach lub z podstawionymi danymi) na ciepło wydzielane na i-tym oporniku (z parametrami skutecznymi albo maksymalnymi), z poprawnym określeniem sumarycznego czasu przepływu prądu przez dany opornik:

$$\left(Q_1 = \frac{U_{max}^2}{2R_1} \cdot \frac{t}{2} \quad \text{oraz} \quad Q_2 = \frac{U_{max}^2}{2R_2} \cdot \frac{t}{2} \quad \text{oraz} \quad Q = Q_1 + Q_2 \right)$$

LUB

$$\left(Q_1 = 250 \cdot \frac{U_{max}^2}{2R_1} \cdot \frac{T}{2} \quad \text{oraz} \quad Q_2 = 250 \cdot \frac{U_{max}^2}{2R_2} \cdot \frac{T}{2} \quad \text{oraz} \quad Q = Q_1 + Q_2 \right)$$

LUB

$$\left(Q_1 = U_{sk} \cdot I_{sk1} \cdot \frac{T}{2} \cdot t \cdot f \quad \text{oraz} \quad Q_2 = U_{sk} \cdot I_{sk2} \cdot \frac{T}{2} \cdot t \cdot f \quad \text{oraz} \quad Q = Q_1 + Q_2 \right)$$

1 pkt – zapisanie ciepła całkowitego (albo mocy) wydzielonego w obwodzie jako sumy ciepł (lub mocy) wydzielanych na obu opornikach oraz skorzystanie ze związku między ciepłem a mocą i czasem.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 3.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ciepła wydzielanego w całym obwodzie oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

2 pkt – spełnienie warunków określonych za 1 pkt, a ponadto poprawne określenie U_{sk} , poprawna metoda obliczenia oporu zastępczego oraz określenie czasu jako $\Delta t = \frac{t}{2}$.

1 pkt – zapisanie związku między mocą a ciepłem i czasem ($Q_c = P\Delta t$) oraz wyrażenie mocy za pomocą oporu zastępczego obwodu: $P = \frac{U_{sk}^2}{R_z}$.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanieSposób 1.

Ciepło wydzielone w obwodzie jest sumą ciepł wydzielonych na opornikach R_1 oraz R_2 :

$$Q_c = Q_1 + Q_2$$

Skorzystamy ze związku między mocą średnią a ciepłem wydzielanym na oporniku oraz ze wzoru na moc średnią dla prądu przemiennego:

$$Q_1 = P_{sr1} \Delta t_1 \quad P_{sr1} = \frac{U_{sk1}^2}{R_1} = \frac{U_{max1}^2}{2R_1}$$

$$Q_2 = P_{sr2} \Delta t_2 \quad P_{sr2} = \frac{U_{sk2}^2}{R_2} = \frac{U_{max2}^2}{2R_2}$$

gdzie Δt_1 i Δt_2 są łącznymi czasami, gdy przez dany opornik płynie prąd. Ponieważ w tym przypadku prąd płynie przez każdy opornik tylko w połowie okresu zmian napięcia, to ciepło na danym oporniku jest wydzielane przez połowę czasu – będącego całkowitą wielokrotnością okresu zmian napięcia:

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t = \frac{1}{2} t = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ s} = 5 \text{ s}$$

Zauważmy, że maksymalne napięcie na każdym z oporników jest równe maksymalnemu napięciu źródła:

$$|U_{max1}| = |U_{max2}| = |U_{max}| = 6 \text{ V}$$

Obliczymy ciepło całkowite wydzielone w obwodzie:

$$Q_c = \frac{U_{max}^2}{2R_1} \cdot \frac{t}{2} + \frac{U_{max}^2}{2R_2} \cdot \frac{t}{2}$$

$$Q_c = \frac{6^2 \text{ V}^2}{2 \cdot 20 \Omega} \cdot 5 \text{ s} + \frac{6^2 \text{ V}^2}{2 \cdot 30 \Omega} \cdot 5 \text{ s} = 4,5 \text{ J} + 3 \text{ J} = 7,5 \text{ J}$$

Sposób 2.

$$Q_c = Q_1 + Q_2 = (P_{sr1} + P_{sr2}) \cdot \frac{1}{2} \cdot t = (U_{sk} I_{sk1} + U_{sk} I_{sk2}) \cdot \frac{1}{2} \cdot t = U_{sk} \cdot \frac{(I_{sk1} + I_{sk2})}{2} \cdot t$$

$$Q_c = \frac{6 \text{ V}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{(0,3 + 0,2) \text{ A}}{2\sqrt{2}} \cdot 10 \text{ s} = 7,5 \text{ J}$$

Sposób 3. (zastosowanie oporu zastępczego dla obwodu zastępczego)

Zauważmy, że ciepło w obwodzie wydzielane jest na przemian: łącznie przez $\Delta t = 5 \text{ s}$ na oporniku R_1 , gdy prąd płynie w jedną stronę, oraz łącznie przez $\Delta t = 5 \text{ s}$ na oporniku R_2 , gdy prąd płynie w drugą stronę. Zatem wydzielone ciepło jest takie samo, jak ciepło wydzielone w obwodzie zastępczym bez diod – gdyby prąd płynął w czasie $\Delta t = 5 \text{ s}$ jednocześnie przez oba oporniki R_1 i R_2 połączone równolegle – w obwodzie (bez diod) zasilanym takim samym napięciem przemiennym. Wyznamy ciepło wydzielone w tym obwodzie zastępczym:

$$Q_c = P_{sr} \cdot \Delta t \quad P_{sr} = \frac{U_{sk}^2}{R_z}$$

gdzie R_z jest oporem zastępczym obwodu zastępczego bez diod, Δt jest czasem, gdy przez obwód zastępczy płynie prąd, U_{sk} jest napięciem skutecznym:

$$\Delta t = \frac{t}{2} = 5 \text{ s} \quad U_{sk} = \frac{6 \text{ V}}{\sqrt{2}}$$

Obliczymy opór zastępczy obwodu zastępczego bez diod:

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega} \quad \rightarrow \quad R_z = 12 \Omega$$

Obliczymy ciepło wydzielone w czasie 5 s w obwodzie zastępczym bez diod:

$$Q_c = \frac{36 \text{ V}^2}{2} \cdot \frac{1}{12 \Omega} \cdot 5 \text{ s} = 7,5 \text{ J}$$

Zadanie 7.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda udowodnienia, że przemiana jest izochoryczna, tzn.: zapisanie równania $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$ wynikającego z własności przemiany izochorycznej, prawidłowe ustalenie na podstawie wykresu temperatur oraz ciśnień azotu w stanach A i B (zdający w rozwiązaniu może wykorzystać parametry stanów gazu pomiędzy stanami A i B), wyrażenie temperatur w skali Kelwina oraz wykazanie obliczeniami odpowiednich równości: $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B} = 1,6 \text{ kPa/K}$ (podobnie jak w sposobie 1.)

LUB

– poprawna metoda udowodnienia, że przemiana jest izochoryczna, tzn. stwierdzenie, że miejscem zerowym funkcji liniowej, której wykres zawiera odcinek AB, jest $T = -273 \text{ °C}$, wyznaczenie równania prostej AB oraz wykazanie, że $p(-273 \text{ °C}) = 0$ (podobnie jak w sposobie 2.) albo wykazanie, że w nowym układzie współrzędnych, w którym temperatura wyrażona jest w kelwinach, prosta zawierająca odcinek AB przecina punkt (0,0).

1 pkt – zapisanie równości wynikającej z równania stanu gazu doskonałego i własności przemiany izochorycznej: $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$ (lub związków równoważnych np.: $p_A V = nRT_A$ oraz $p_B V = nRT_B$) (podobnie jak w sposobie 1.) i wyrażenie temperatur w skali Kelwina (lub zapis o tym, że temperatury muszą być w skali Kelwina)

LUB

- stwierdzenie, że miejscem zerowym funkcji liniowej, której wykres zawiera odcinek AB , jest $T = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$ (podobnie jak w sposobie 2.) albo zapisy temu równoważne (np.: w układzie współrzędnych, w którym temperatura wyrażona jest w kelwinach, prosta zawierająca odcinek AB przecina punkt $(0,0)$).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwagi dodatkowe

1. Gdy zdający podstawia do równości $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$ (lub związków równoważnych) temperaturę w skali Celsjusza to otrzymuje 0 pkt.
2. Gdy zdający, wyrażając temperaturę w skali Kelwina, użyje poprawnej metody (doda 273 do temperatury wyrażonej w skali Celsjusza) oraz (1) popełni błąd obliczeniowy albo (2) błędnie odczyta temperaturę z wykresu, to dostaje 1 pkt.
3. Gdy zdający, wyrażając temperaturę w skali Kelwina, użyje błędnej metody (np. odejmiemy 273 od temperatury wyrażonej w skali Celsjusza), to dostaje 0 pkt.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Wykres $p(T)$ przedstawia przemianę izochoryczną wtedy, gdy:

- 1) jest fragmentem linii prostej,
- 2) dla dowolnych dwóch punktów na tej prostej iloraz ciśnienia i temperatury – wyrażonej w kelwinach – jest stały.

Warunek określony w punkcie 1) jest spełniony automatycznie, ponieważ wykres $A-B$ jest odcinkiem prostej. Sprawdzimy warunek określony w punkcie 2). W przemianie izochorycznej $A-B$ powinna być spełniona równość:

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

gdzie T_A oraz T_B są temperaturami wyrażonymi w skali bezwzględnej Kelwina. Odczytamy współrzędne punktów A i B z wykresu oraz wykonamy obliczenia:

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{0,4 \text{ MPa}}{(-23 + 273) \text{ K}} = \frac{400 \text{ kPa}}{250 \text{ K}} = 1,6 \frac{\text{kPa}}{\text{K}}$$

$$\frac{p_B}{T_B} = \frac{0,6 \text{ MPa}}{(102 + 273) \text{ K}} = \frac{600 \text{ kPa}}{375 \text{ K}} = 1,6 \frac{\text{kPa}}{\text{K}}$$

Z powyższych obliczeń wynika, że:

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

Sposób 2.

Wykres $A-B$ zależności $p(T)$ przedstawia przemianę izochoryczną wtedy, gdy:

- 1) równanie zależności $p(T)$ (w układzie współrzędnych, w którym temperatura wyrażona jest w $^{\circ}\text{C}$) jest postaci: $p(T) = aT + b$ dla pewnych współczynników a i b .
- 2) $p(-273\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0$ (lub równoważne wykazanie, że w układzie współrzędnych, w którym temperatura wyrażona jest w kelwinach, prosta zawierająca odcinek AB przecina punkt $(0,0)$).

Warunek określony w punkcie 1) jest spełniony automatycznie, ponieważ $A-B$ jest odcinkiem prostej. Sprawdzimy warunek określony w punkcie 2). Wyprowadzimy równanie prostej przechodzącej przez punkty A i B układu współrzędnych (p, T) w jednostkach MPa oraz $^{\circ}\text{C}$:

$$p - 0,6 = \frac{0,6 - 0,4}{102 - (-23)} \cdot (T - 102)$$

$$p = 0,0016 \cdot T + 0,4368$$

Sprawdzamy warunek 2):

$$p(-273^{\circ}\text{C}) = 0,0016 \cdot (-273) + 0,4368 = 0$$

Zadanie 7.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. F 2. P 3. P

Zadanie 7.3. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.1) [...] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego.

Zasady oceniania

- 2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia objętości azotu w stanie *B* oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.
 1 pkt – zastosowanie równania Clapeyrona oraz zastosowanie związku między liczbą moli a masą i masą molową.
 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Objętość w stanie *B* obliczymy z równania Clapeyrona:

$$p_B V_B = nRT_B$$

Liczbę moli gazu wyrazimy poprzez masę gazu oraz masę molową:

$$n = \frac{m}{\mu}$$

Z powyższych równań wyznaczmy V_B :

$$V_B = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_B}{p_B}$$

$$V_B = \frac{1,4 \text{ kg}}{0,028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} (102 + 273) \text{ K}}{0,6 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \approx 260\,000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,26 \text{ m}^3$$

Zadanie 7.4. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 3.6) (G) posługuje się pojęciem ciśnienia [...]; 8.4) (G) przelicza wielokrotności i podwielokrotności (przedrostki mikro-, mili-, centy-, hekto-, kilo-, mega-); przelicza jednostki czasu (sekunda, minuta, godzina, doba).

Zasady oceniania

- 1 pkt – wpisanie prawidłowej wartości siły parcia.
 0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

Siła parcia, z jaką azot znajdujący się w stanie A działa na 1 cm² płaskiej ścianki zbiornika, ma wartość⁴⁰ N.

Zadanie 7.5. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie [...] izochorycznej; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

A

Zadanie 8.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych [...] otrzymywane za pomocą soczewek skupiających [...].

Zasady oceniania2 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S1 oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia jednego z jej ognisk.1 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S1

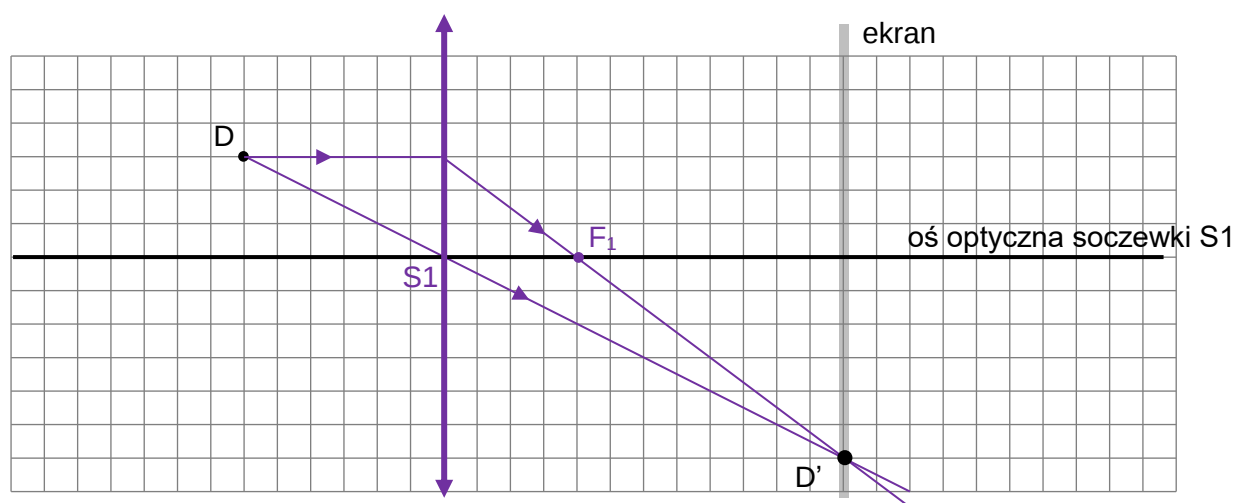
LUB

– poprawne oznaczenie położenia soczewki S1 bez konstrukcji oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia ogniska F1.

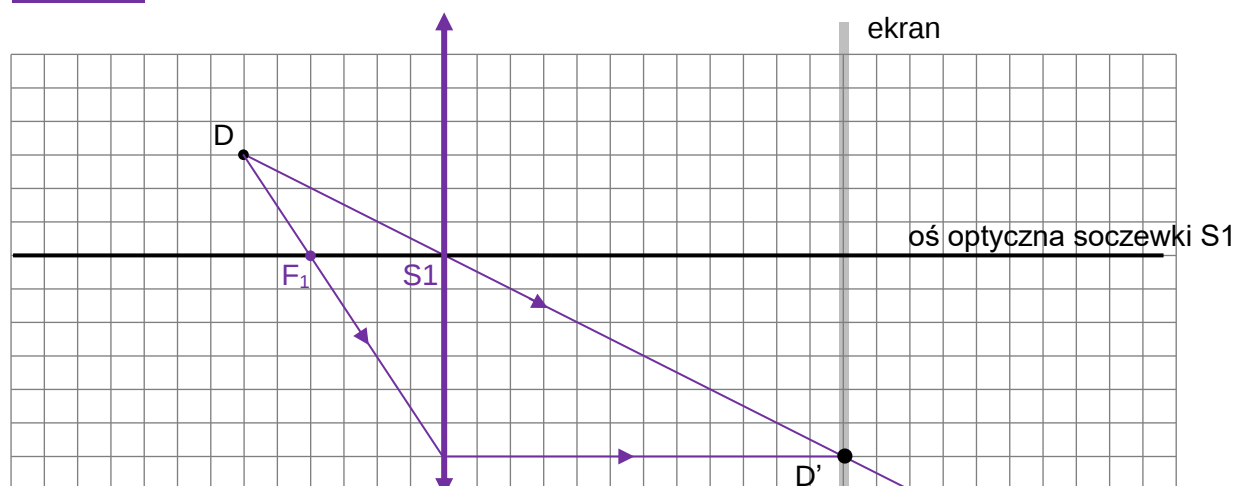
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

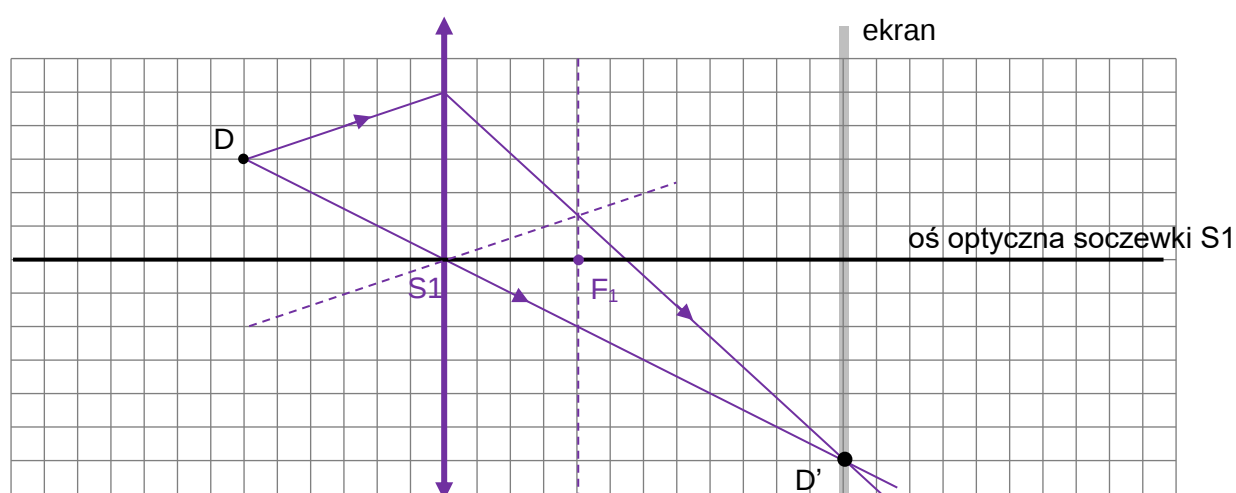
Sposób 1.



Sposób 2.



Sposób 3.



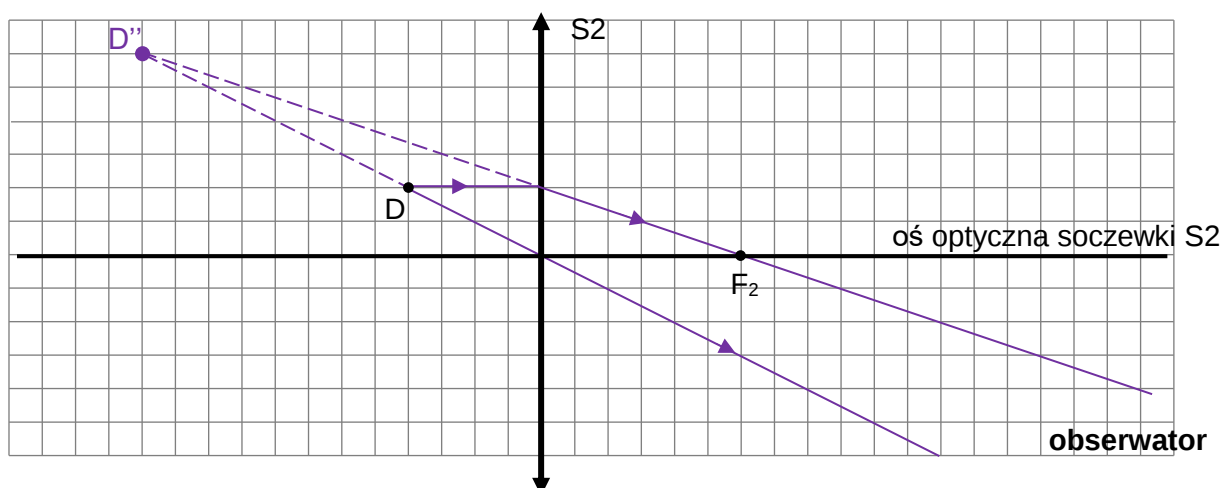
Zadanie 8.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów [...] pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających [...].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna konstrukcja położenia obrazu D'' świecącej diody D .

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie**Zadanie 8.3. (0–1)**

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 7.7) (G) [...] rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone, powiększone, pomniejszone;

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. F 2. F 3. P

Zadanie 9.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.5) (P) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu; 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

C3

Zadanie 9.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.3) (P) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone; 2.5) (P) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu; 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia numeru poziomu energetycznego, na który przeszedł elektron oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego.

2 pkt – poprawna metoda obliczenia energii elektronu po emisji fotonu i przejściu na niższy poziom energetyczny o numerze k oraz podanie prawidłowego wyniku: $E_k = -3,4 \text{ eV}$
LUB

– zastosowanie zasady zachowania energii układu atom–foton dla procesu przejścia elektronu na niższy poziom energetyczny (np. zapis: $E_4 - E_k = 2,55 \text{ eV}$) oraz zastosowanie wzoru na energię elektronu w atomie wodoru dla stanu o $n = 4$ i k (np. zapis: $\frac{E_1}{4^2} - \frac{E_1}{k^2} = 2,55 \text{ eV}$).

1 pkt – poprawne obliczenie energii elektronu na poziomie energetycznym o $n = 4$, wystarczy zapis $E_4 = -0,85 \text{ eV}$ (akceptowalny zapis: $E_4 = -\frac{13,6}{4^2} \text{ eV}$)

LUB

– zastosowanie zasady zachowania energii układu atom–foton dla procesu przejścia elektronu na niższy poziom energetyczny, np.: $E_4 - E_k = E_{fot}$ lub $E_4 - E_k = 2,55 \text{ eV}$.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga dodatkowa

Jeżeli zdający w swoim rozwiązaniu nie odróżnia energii elektronu od wartości bezwzględnej energii elektronu, tzn. konsekwentnie opuszcza minusy we wszystkich zapisach: w energiach elektronu oraz w zasadzie zachowania energii i otrzymuje poprawny wynik $n = 2$, to otrzymuje 2 pkt.

Przykładowe rozwiązanie

Numer poziomu energetycznego, na który przeszedł elektron oznaczmy jako k . Zapiszemy zasadę zachowania energii dla układu atom–foton.

$$E_4 - E_k = E_{fot}$$

$$E_4 - E_k = 2,55 \text{ eV}$$

Wykorzystamy wzór na energię elektronu w atomie wodoru do obliczenia E_4 :

$$E_4 = \frac{-13,6 \text{ eV}}{4^2} = -0,85 \text{ eV}$$

Z powyższych równań obliczymy E_k :

$$E_k = -2,55 \text{ eV} + E_4 = -2,55 \text{ eV} - 0,85 \text{ eV} = -3,4 \text{ eV}$$

Ze wzoru na energię w atomie wodoru wyznaczmy k :

$$E_k = \frac{-13,6 \text{ eV}}{k^2}$$

$$-3,4 \text{ eV} = \frac{-13,6 \text{ eV}}{k^2} \quad \rightarrow \quad k^2 = 4 \quad \rightarrow \quad k = 2$$

Zadanie 10.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 1.12) (G) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała; 1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona; 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.8) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym.

Zasady oceniania

- 3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia ilorazu $\frac{F_{el}}{F_g}$ oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego.
- 2 pkt – poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest wyłączone, a kropelka opada, oraz poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest włączone, a kropelka się wznosi, łącznie z uwzględnieniem, że siła oporu w drugim przypadku ma wartość dwa razy większą od wartości siły oporu w pierwszym przypadku (np. zapisy $F_g = kv$ oraz $2kv + F_g = F_{el}$ albo $F_g = F_{op1}$ oraz $2F_{op1} + F_g = F_{el}$).
- 1 pkt – poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest wyłączone, a kropelka opada, oraz uwzględnienie, że siła oporu jest proporcjonalna do prędkości (np. zapisy: $F_{op1} = F_g$ oraz $F_{op1} = kv$ albo w jednym równaniu: $F_g = kv$)
LUB
– poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest włączone, a kropelka się wznosi, oraz uwzględnienie, że siła oporu jest proporcjonalna do prędkości (np. zapisy: $F_{op2} + F_g = F_{el}$ oraz $F_{op2} = 2kv$ albo w jednym równaniu $2kv + F_g = F_{el}$)
LUB
– poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest wyłączone, a kropelka opada, oraz poprawne zapisanie równania równowagi sił, gdy pole jest włączone, a kropelka się wznosi, bez uwzględnienia proporcjonalności siły oporu do prędkości (np. zapisy $F_{op1} = F_g$ oraz $F_{op2} + F_g = F_{el}$)
LUB
– zapisanie jedynie samego prawidłowego wyniku: $\frac{F_{el}}{F_g} = 3$ bez przedstawienia toku rozumowania / obliczeń prowadzących do tego wyniku.
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1

Gdy pole jest wyłączone, to kropla opada pionowo ruchem jednostajnym (a siła oporu jest skierowana do góry). Zatem, zgodnie z I zasadą dynamiki mamy warunek równowagi sił:

$$F_g = F_{op1}$$

Po uwzględnieniu, że wartość siły oporu jest proporcjonalna do wartości prędkości mamy:

$$F_g = kv$$

Gdy pole jest włączone, to kropelka wznosi się do góry ruchem jednostajnym. Wtedy siła oporu jest skierowana do dołu (przeciwnie do prędkości) a siła elektryczna do góry. Zatem, zgodnie z I zasadą dynamiki mamy warunek równowagi sił:

$$F_g + F_{op2} = F_{el}$$

Po uwzględnieniu, że wartość siły oporu jest proporcjonalna do wartości prędkości mamy

$$F_g + 2kv = F_{el}$$

Mamy więc dwa równania: $F_g = kv$ oraz $F_g + 2kv = F_{el}$, z których wynika, że:

$$F_g + 2F_g = F_{el} \quad \rightarrow \quad 3F_g = F_{el} \quad \text{zatem} \quad \frac{F_{el}}{F_g} = 3$$

Sposób 2

Gdy pole jest wyłączone, to kropla opada pionowo ruchem jednostajnym (a siła oporu jest skierowana do góry). Zatem, zgodnie z I zasadą dynamiki, mamy warunek równowagi sił:

$$1) \quad F_g = F_{op1}$$

Gdy pole jest włączone, to kropelka wznosi się do góry ruchem jednostajnym. Wtedy siła oporu jest skierowana do dołu (przeciwnie do prędkości) a siła elektryczna do góry. Zatem, zgodnie z I zasadą dynamiki, mamy warunek równowagi sił:

$$2) \quad F_g + F_{op2} = F_e$$

Ponieważ siła oporu jest proporcjonalna do prędkości, to:

$$3) \quad \frac{F_{op2}}{F_{op1}} = \frac{v_2}{v_1} = 2$$

Po podstawieniu równań 1) i 3) do równania 2) otrzymujemy:

$$F_g + F_{op2} = F_{el} \rightarrow F_g + 2F_g = F_{el}$$

$$\frac{F_{el}}{F_g} = 3$$

Zadanie 10.2. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 4.5) (G) posługuje się pojęciem ładunku elektrycznego jako wielokrotności ładunku elektronu (elementarnego); 1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona; 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wielokrotności ładunku elementarnego oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego.

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił, wykorzystanie wzoru na siłę elektryczną oraz wzoru na siłę grawitacji i wyrażenie ładunku kropli za pomocą ładunku elementarnego (może być to zapisane w postaci jednego równania: $mg = neE$ lub kilku równań: $F_g = F_{el}$ oraz $F_g = mg$ oraz $F_{el} = qE$ oraz $q = ne$)

LUB

– poprawna metoda obliczenia ładunku kropli oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $q = 32 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy warunek równowagi sił:

$$F_g = F_{el}$$

Wykorzystamy wzór na siłę grawitacji, wzór na siłę elektryczną, wyrazimy ładunek kropli jako wielokrotność ładunku elementarnego i wykonamy obliczenia:

$$mg = qE$$

$$mg = neE$$

$$n = \frac{mg}{eE}$$

$$n = \frac{6,53 \cdot 10^{-14} \cdot 9,81}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^5} = 20$$

Zadanie 10.3. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie 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: 3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α, β, γ; opisuje rozpady alfa [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku [...].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych oraz poprawne zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (uran).

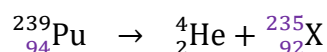
1 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych **LUB**

– zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (uran).

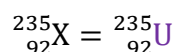
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

Zapiszemy równanie reakcji



Zidentyfikujemy jądro X (z układu okresowego pierwiastków chemicznych):



Nazwa jądra oznaczonego jako X: uran ${}_{92}^{235}\text{U}$ lub uran lub uranium.

Zadanie 10.4. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. 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 [...]; 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α, β, γ; opisuje rozpady alfa [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując [...] zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. P 2. P 3. F