Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	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
Termin egzaminu:	18 maja 2021 r.
Data publikacji dokumentu:	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: $z = \frac{v_{ox} \cdot v_{k\,y}}{g}$ 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.).

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Uwagi dodatkowe

1. Gdy zdający przyjmie do obliczeń $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$ (zamiast poleconej do obliczeń wartości $9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$), 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 przyśpieszonego bez prędkości początkowej w pionie.

Sposób 1. (wykorzystanie wzoru na zasięg z wysokością)

Wyprowadzimy wzór na zasięg rzutu każdej z kulek:

$$z_1 = v_{01}t_1 \qquad h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \qquad \rightarrow \qquad z_1 = v_{01}\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

$$z_2 = v_{02}t_2 \qquad h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \qquad \rightarrow \qquad z_2 = v_{02}\sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

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

$$v_{01}\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_{02}\sqrt{\frac{2h_2}{g}} \qquad \rightarrow \qquad \frac{v_{01}}{v_{02}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \sqrt{\frac{2}{5}} = 0{,}63245\ldots \qquad \rightarrow \qquad \frac{v_{01}}{v_{02}} \approx 0{,}63$$

Sposób 2. (wykorzystanie wzoru na zasięg z czasem)

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

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

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

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} \qquad \rightarrow \qquad t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{9{,}8}}\ \mathrm{s} \approx 1{,}01\ \mathrm{s}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \qquad \rightarrow \qquad t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{9{,}8}}\ \mathrm{s} \approx 0{,}64\ \mathrm{s}$$

Obliczymy iloraz wartości prędkości:

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

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}:

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

Przyrównamy zasięgi rzutów obu kulek:

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

Wyznaczymy 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. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

– 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 przyśpieszonego bez prędkości początkowej w pionie.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Prędkość końcową kulki K1 w kierunku pionowym oznaczymy 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):

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

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

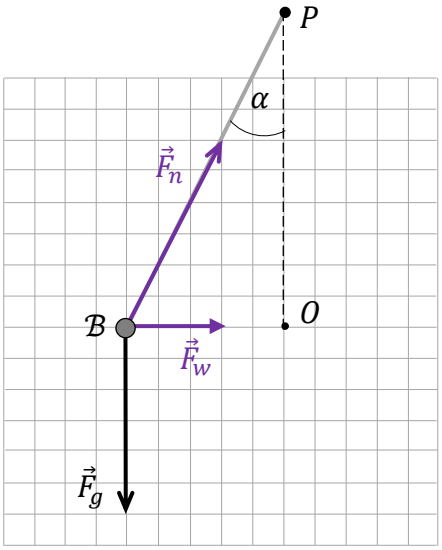
2 pkt – poprawne narysowanie siły reakcji nici $\vec{F}_n$ oraz siły wypadkowej $\vec{F}_w$ – zaczepionych do ciała $\mathcal{B}$ – łącznie z poprawnym zachowaniem kierunków, zwrotów oraz proporcji pomiędzy wartościami wszystkich sił, wynikających z dodawania wektorów.

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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zasady oceniania

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

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

2 pkt – zapisanie równania równoważnego równaniu:

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

łącznie z wykorzystaniem odpowiednio wzorów:

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

LUB

– zapisanie równania równoważnego równaniu:

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

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:

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwagi dodatkowe

1. 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.
2. 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:

$$F_{do} = m\omega^2 r \qquad \text{oraz} \qquad \frac{F_w}{F_g} = \text{tg}\,\alpha$$

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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

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

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

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

Wykorzystamy związki:

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

Po uwzględnieniu powyższych równań mamy:

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

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

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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: $f_{zb} = 520$ Hz oraz $f_{od} = 480$ Hz oraz $f_0 = 500$ 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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

– 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 oznaczymy jako v_d:

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

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

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

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 oznaczymy jako v_d.

Przypadek, gdy źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu:

$$f_{zb} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d - v_{zb}} \quad \rightarrow \quad 520\ \text{Hz} = 500\ \text{Hz} \cdot \frac{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb}}$$

$$340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb} \approx 326{,}9\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \rightarrow \quad v_{zb} \approx 13{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 przyśpieszenie dośrodkowe jako przyśpieszenie grawitacyjne / natężenie pola grawitacyjnego) oraz uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyśpieszenia / 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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 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:

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

Krok 3. Wykonujemy obliczenia:

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

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

Sposób 2.

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

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

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):

$$g = \frac{GM}{R_Z^2} \qquad gR_Z^2 = GM \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{gR_Z^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}} \cdot \frac{r}{R_z} \approx 5{,}55 \cdot 10^3\ \mathrm{s}$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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).

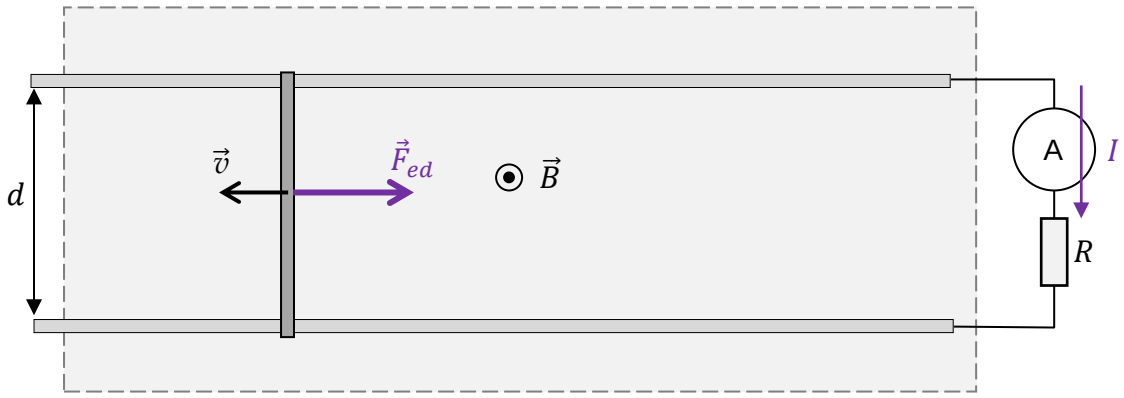
1 pkt – prawidłowe zaznaczenie kierunku przepływu prądu przez amperomierz

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 $F = 2\ \mathrm{A} \cdot 0{,}05\ \mathrm{m} \cdot 0{,}8\ \mathrm{T}$)

LUB

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

LUB

– zapisanie jedynie samego prawidłowego wyniku: $F = 0{,}08\ \mathrm{N}$ 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:

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

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

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. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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:

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

Ciąg dalszy rozwiązania

Wykorzystamy związek między napięciem a oporem oraz natężeniem prądu:

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zatem:

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

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:

$$P_{mech} = P_{el}$$

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

$$Fv = I^2R$$

$$IvBd = I^2R$$

Zatem:

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

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

– 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 $(0{,}3\ \mathrm{A})$, poprawny okres zmian, górne połówki sinusoidy w 1., 3. i 5. połówce okresu zmian, w 2. i 4. natężenie równe zero
LUB
– poprawne narysowanie wykresu zależności $I_2(t)$: poprawnie określona amplituda prądu $(0{,}2\ \mathrm{A})$, poprawny okres zmian, dolne połówki sinusoidy w 2. i 4. połówce 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 $(\Delta t = 0{,}02\ \mathrm{s})$
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.

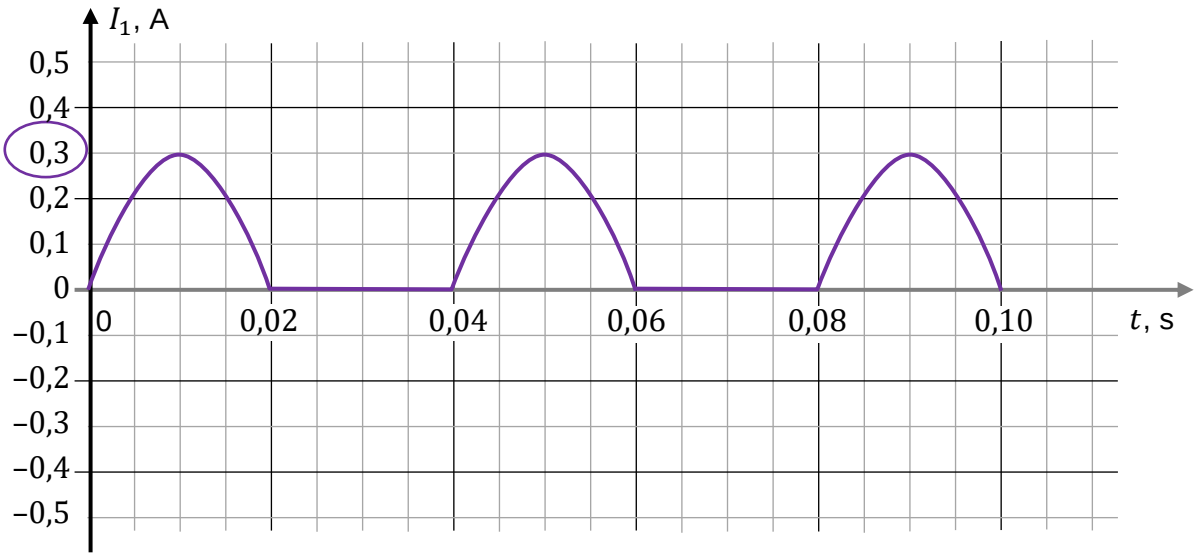
Uwagi dodatkowe

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.

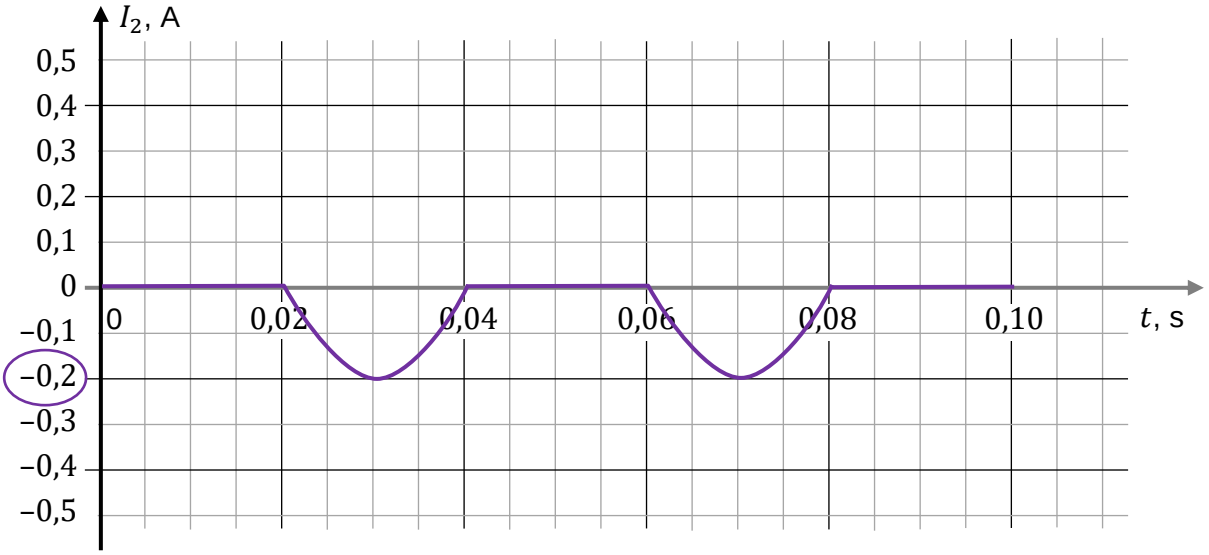
Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Prawidłowe rozwiązanie

Rysunek 1. (dla prądu płynącego przez opornik R_1)



Rysunek 2. (dla prądu płynącego przez opornik R_2)



Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 ciepeł 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 ciepeł (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 miedzy 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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Ciepło wydzielone w obwodzie jest sumą ciepeł 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:

$$Q_1 = P_{śr1}\Delta t_1 \qquad P_{śr1} = \frac{U_{sk1}^2}{R_1} = \frac{U_{max1}^2}{2R_1}$$

$$Q_2 = P_{śr1}\Delta t_2 \qquad P_{śr2} = \frac{U_{sk2}^2}{R_2} = \frac{U_{max2}^2}{2R_2}$$

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:

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

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.

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

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

Sposób 3. (zastosowanie oporu zastępczego dla obwodu zastępczego)

Zauważmy, że ciepło w obwodzie wydzielane jest na przemian: łącznie przez $\Delta t = 5\ s$ na oporniku R_1, gdy prąd płynie w jedną stronę, oraz łącznie przez $\Delta t = 5\ s$ 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 $\Delta t = 5\ s$ jednocześnie przez oba oporniki R_1 i R_2 połączone równolegle – w obwodzie (bez diod) zasilanym takim samym napięciem przemiennym. Wyznaczymy ciepło wydzielone w tym obwodzie zastępczym:

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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

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

Obliczymy opór zastępczy obwodu zastępczego bez diod:

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

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

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 $T = -273\ ℃$, wyznaczenie równania prostej *AB* oraz wykazanie, że $p(-273\ ℃) = 0$ (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 $T = -273$ °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. odejmie 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 °C) jest postaci: $p(T) = aT + b$ dla pewnych współczynników a i b.
2) $p(-273\ °\text{C}) = 0$ (lub równoważne wykazanie, że w układzie współrzędnych, w którym temperatura wyrażona jest w kelwinach, prosta zawierająca odcinek *AB* przecina punkt (0,0)).

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 $^{\circ}\mathrm{C}$:

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

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

Sprawdzamy warunek 2):

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 wyznaczymy 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 cm^2 płaskiej ścianki zbiornika, ma wartość ..*40*..... N.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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)

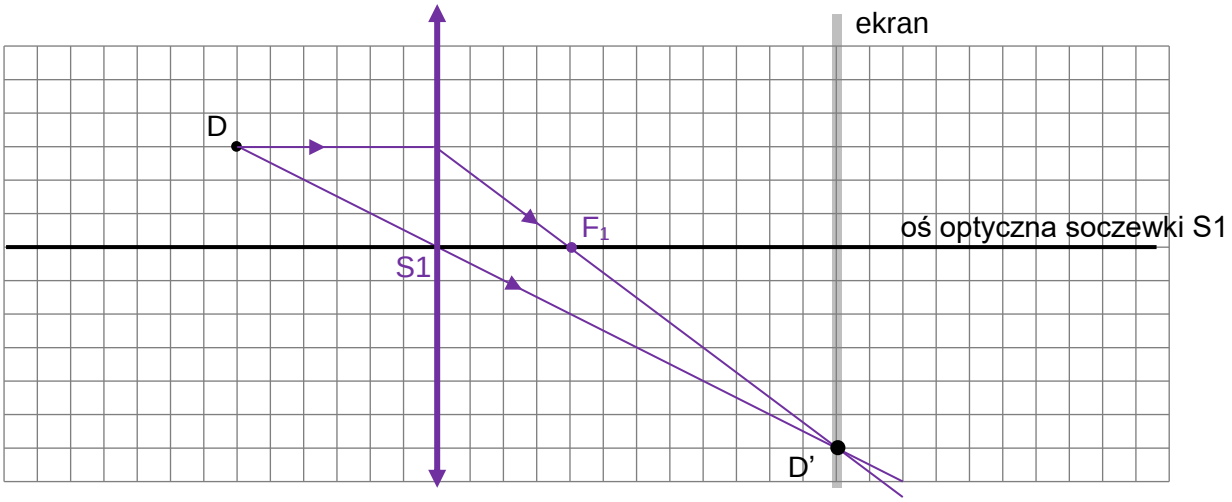
Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.5) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych […] otrzymywane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

Zasady oceniania

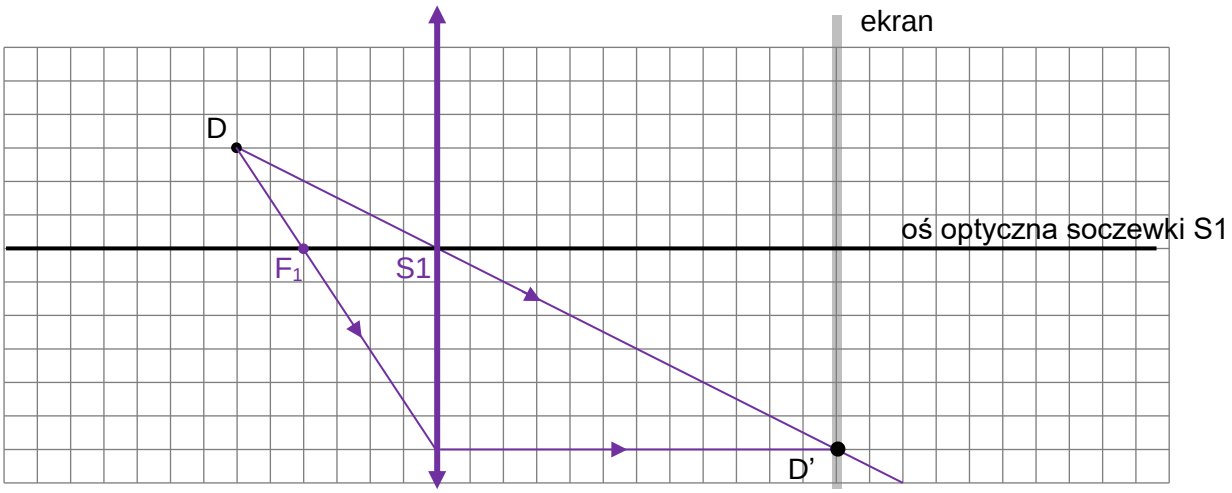
2 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S1 oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia jednego z jej ognisk.
1 pkt – poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia soczewki S1
LUB
– poprawne oznaczenie położenia soczewki S1 bez konstrukcji oraz poprawne wyznaczenie konstrukcyjne położenia ogniska F1.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

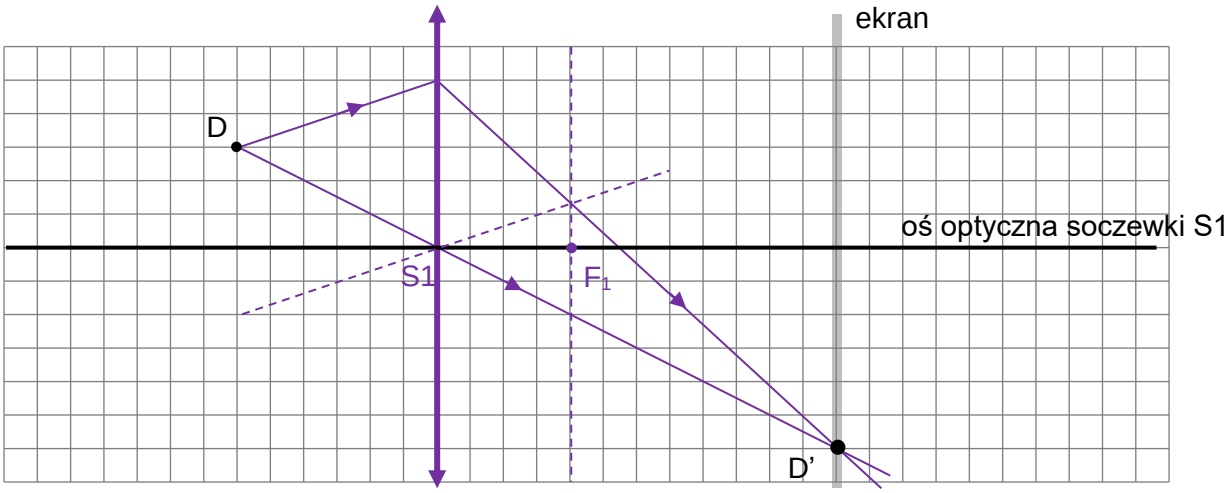
Sposób 1.



Sposób 2.



Sposób 3.



Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

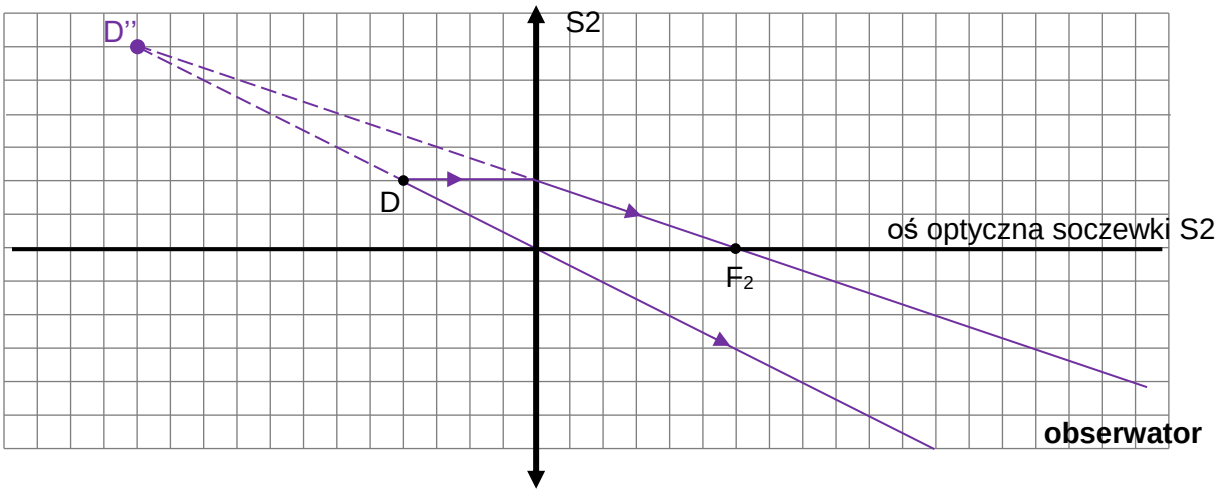
Zadanie 8.2. (0–1)

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**

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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 obliczenie 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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

– 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 oznaczymy 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 wyznaczymy 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.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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:

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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:

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

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

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: $q = 32 \cdot 10^{-19}$ C.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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

$${}^{239}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{235}_{92}\mathrm{X}$$

Zidentyfikujemy jądro X (z układu okresowego pierwiastków chemicznych):

$${}^{235}_{92}\mathrm{X} = {}^{235}_{92}\mathrm{U}$$

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

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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**

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl