

|                                   |                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Rodzaj dokumentu:</i>          | <b>Zasady oceniania rozwiązań zadań</b>                                                                                            |
| <i>Egzamin:</i>                   | <b>Egzamin maturalny</b>                                                                                                           |
| <i>Przedmiot:</i>                 | <b>Fizyka</b>                                                                                                                      |
| <i>Poziom:</i>                    | <b>Poziom rozszerzony</b>                                                                                                          |
| <i>Formy arkusza:</i>             | EFAP-R0-100-2105, EFAP-R0-200-2105<br>EFAP-R0-300-2105, EFAP-R0-400-2105<br>EFAP-R0-700-2105, EFAP-R0-Q00-2105<br>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 <sup>1</sup>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;<br>1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku [...];<br>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

$$\text{w sposobie 1.), np.: } v_{01} \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_{02} \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

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.

<sup>1</sup> 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)

Wyrowadzimy wzór na zasięg rzutu każdej z kulek:

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

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

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

Sposób 2. (wykorzystanie wzoru na zasięg z czasem)

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

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

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

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

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.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego;<br>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

- 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 oznaczymy jako  $v_{ky}$ .

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

Prędkość końcowa kulki K1 wyraża się wzorem:

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

Wyznamy  $v_{ky}$  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:<br>1.1) [...] wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);<br>1.2) (P) [...] wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej;<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. |

### Zasady oceniania

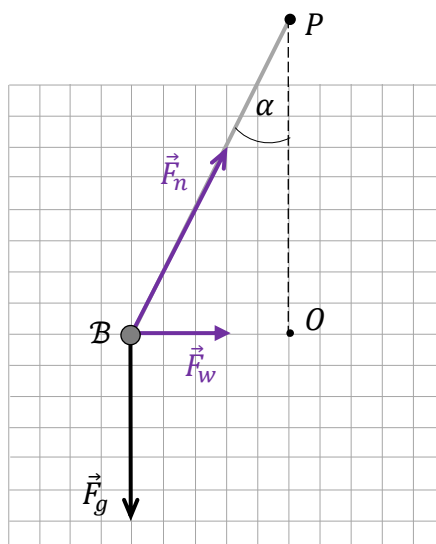
2 pkt – poprawne narysowanie siły reakcji nici  $\vec{F}_n$  oraz siły wypadkowej  $\vec{F}_w$  – zaczepionych do ciała  $\mathcal{B}$  – łącznie z poprawnym zachowaniem kierunków, zwrotów oraz proporcji pomiędzy wartościami wszystkich sił, wynikających z dodawania wektorów.

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:<br>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.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;<br>1.1) (P) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciem okresu i częstotliwości;<br>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

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

2 pkt – zapisanie równania równoważnego równaniu:

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

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:

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

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:

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Uwagi dodatkowe

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:

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

gdzie  $r$  jest promieniem okręgu, a  $\omega$  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                                                                                             |
| <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> | <p>Zdający:<br/>6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.</p> |

### 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**

| <b>Przedział czasu</b> | <b>Głośnik</b><br>A. zbliżał się do mikrofonu.<br>B. oddalał się od mikrofonu.<br>C. był nieruchomy względem mikrofonu. | <b>Wartość prędkości głośnika</b><br>D. rosła.<br>E. malała.<br>F. była stała, różna od zera.<br>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)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                                           | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                              |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora;<br>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

- 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:

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

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:<br>1.6) (P) [...] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową [...];<br>4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi;<br>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:<br>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:<br>4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi;<br>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 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:

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

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  $gR_z^2$ ):

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

**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.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>9.5) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym;<br>9.10) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego;<br>9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym. |

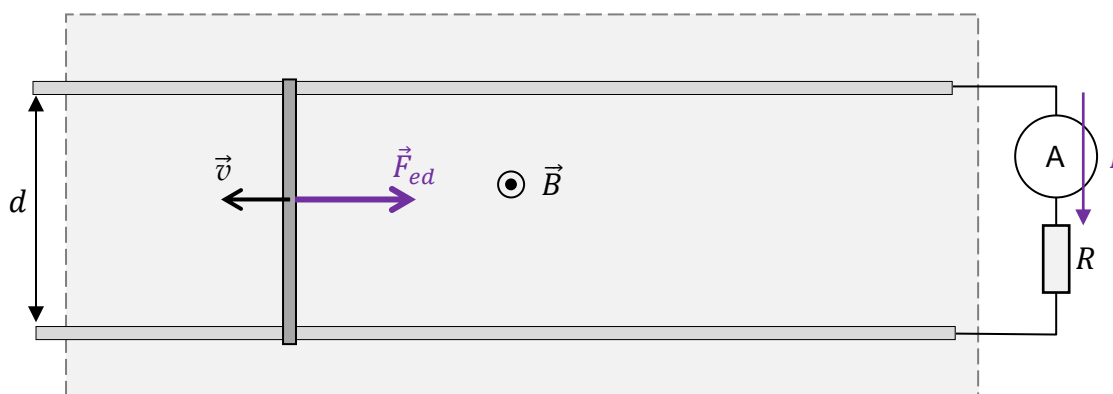
**Zasady oceniania**

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:<br>1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona;<br>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.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>9.8) analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym;<br>9.9) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej;<br>8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych. |



**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 indukowanegoSkorzystamy 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:

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

Ciąg dalszy rozwiązania

Wykorzystamy związek między napięciem a oporem oraz natężeniem prądu:

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

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:

$$Fv = I^2 R$$

$$IvBd = I^2 R$$

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.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...];<br>9.11) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość [...]);<br>9.12) opisuje działanie diody jako prostownika.<br>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

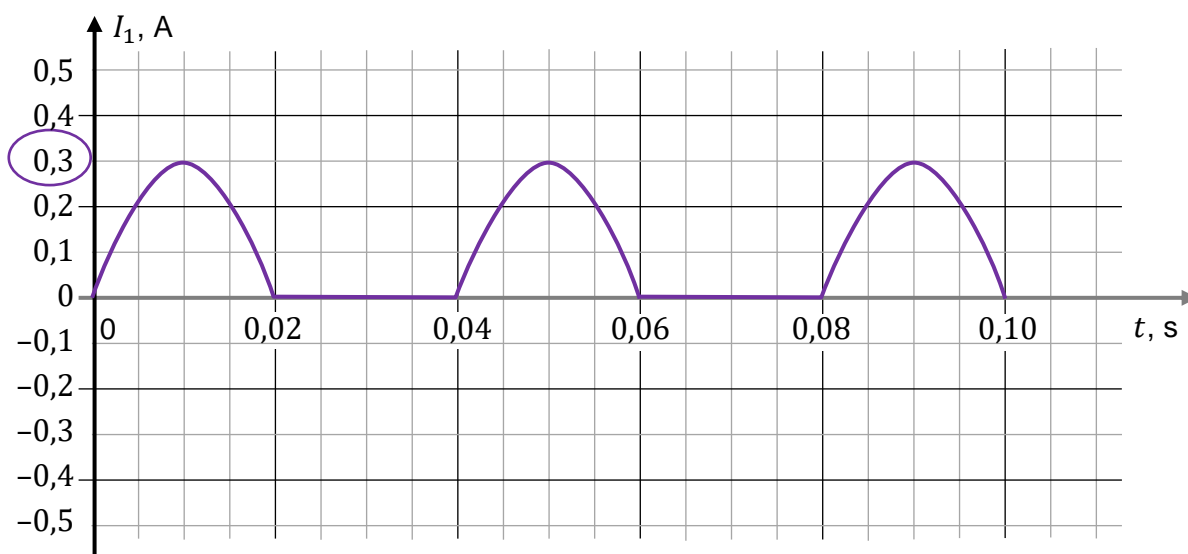
- narysowanie wykresów dwóch zależności  $I_1(t)$  i  $I_2(t)$  – jeden wykres prawidłowy a drugi wykres z prawidłowym okresem, prawidłowo skierowanymi połówkami sinusoid na właściwych odcinkach, ale z błędnie określoną amplitudą  
LUB
  - narysowanie wykresów dwóch zależności  $I_1(t)$  i  $I_2(t)$  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. połówce 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. 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 ( $\Delta t = 0,02$  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

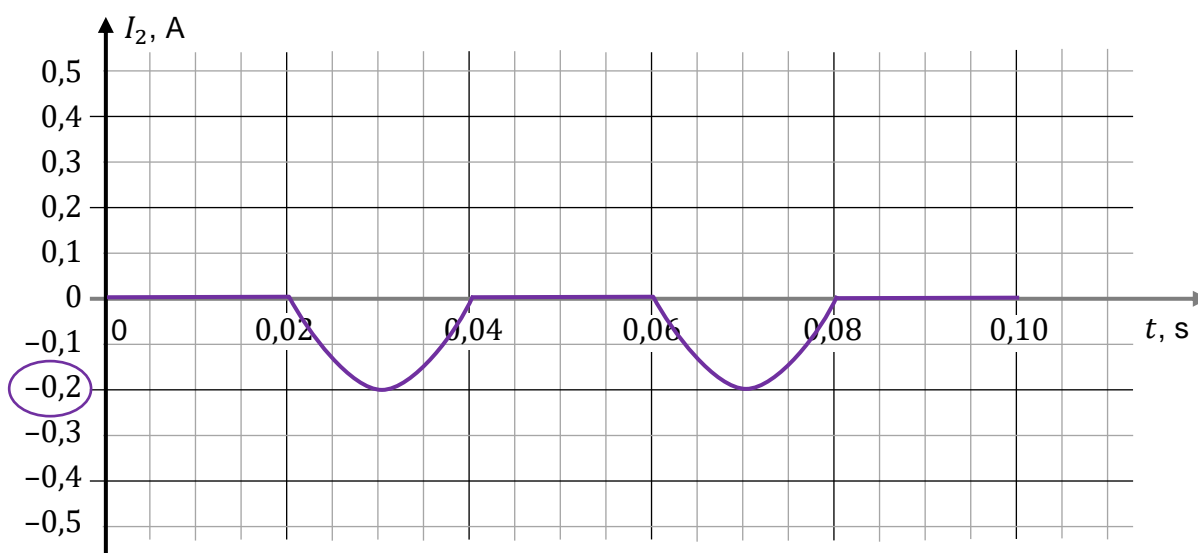
1. Określenie amplitudy zmian natężenia prądu uznaje się za prawidłowe wtedy, gdy wartości natężenia prądu zmieniają się od zera do  $+I_{i\max}$  albo  $-I_{i\max}$ . To oznacza, że: 1) wykres posiada miejsca zerowe, 2) wykres nie przechodzi powyżej  $+I_{i\max}$  / poniżej  $-I_{i\max}$ .
2. Poprawne 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:<br>9.11) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, [...] wartości skuteczne);<br>9.12) opisuje działanie diody jako prostownika;<br>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 rozwiązanie**Sposób 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  $\Delta t_1$  i  $\Delta t_2$  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.

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

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

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,  $\Delta t$  jest czasem, gdy przez obwód zastępczy płynie prąd,  $U_{sk}$  jest napięciem skutecznym:

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

Obliczmy opór zastępczy obwodu zastępczego bez diod:

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

Obliczmy 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.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>5.2) opisuje przemianę izochoryczną;<br>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. 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. Sprawdźmy 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.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej;<br>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.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>5.1) [...] stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;<br>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.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.6) (G) posługuje się pojęciem ciśnienia [...];<br>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<sup>2</sup> płaskiej ścianki zbiornika, ma wartość .....<sup>40</sup> 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.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie [...] izochorycznej;<br>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.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>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

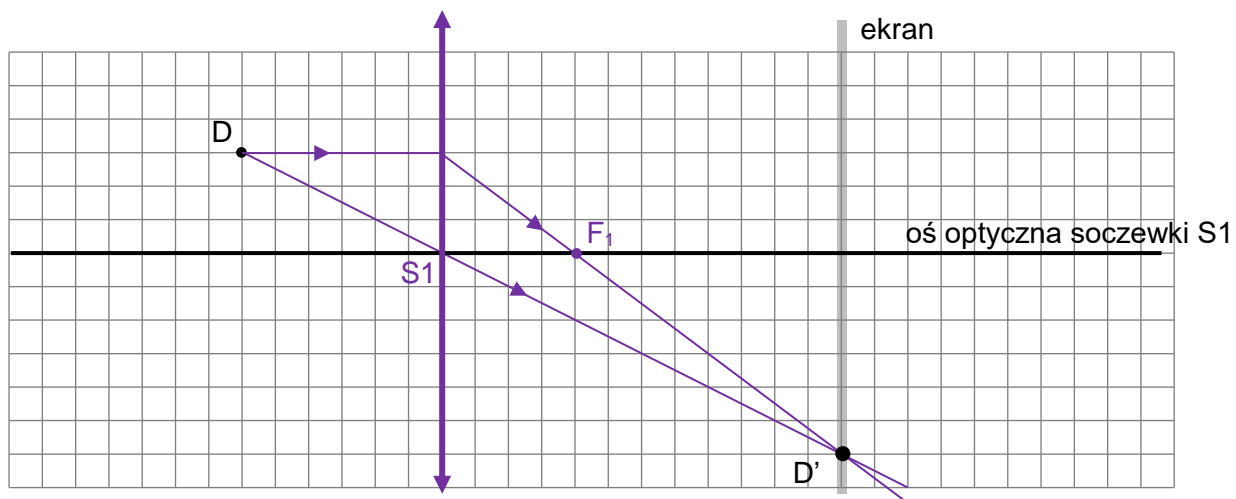
*LUB*

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

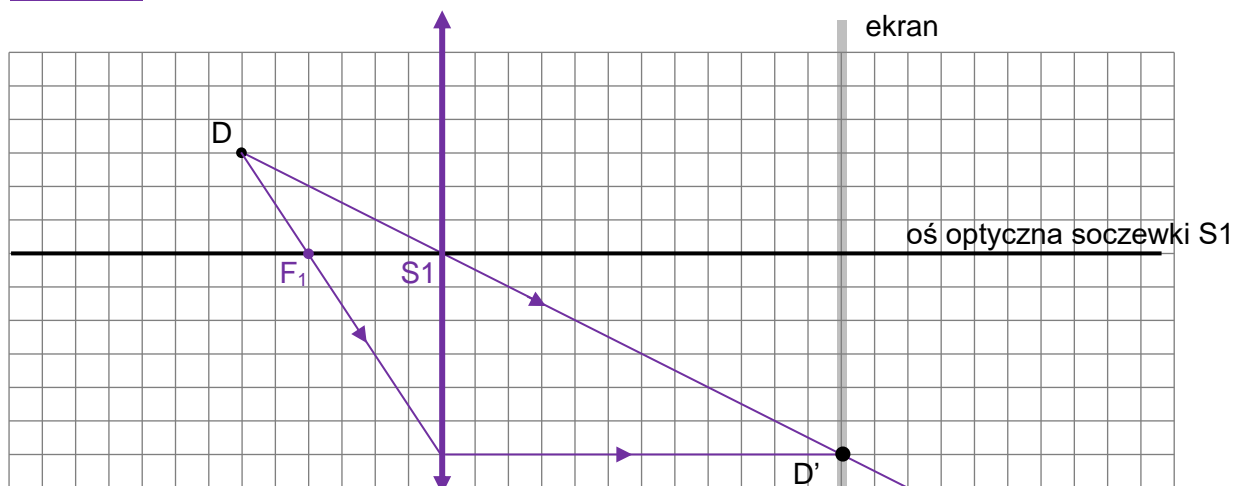
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Poprawne rozwiązanie

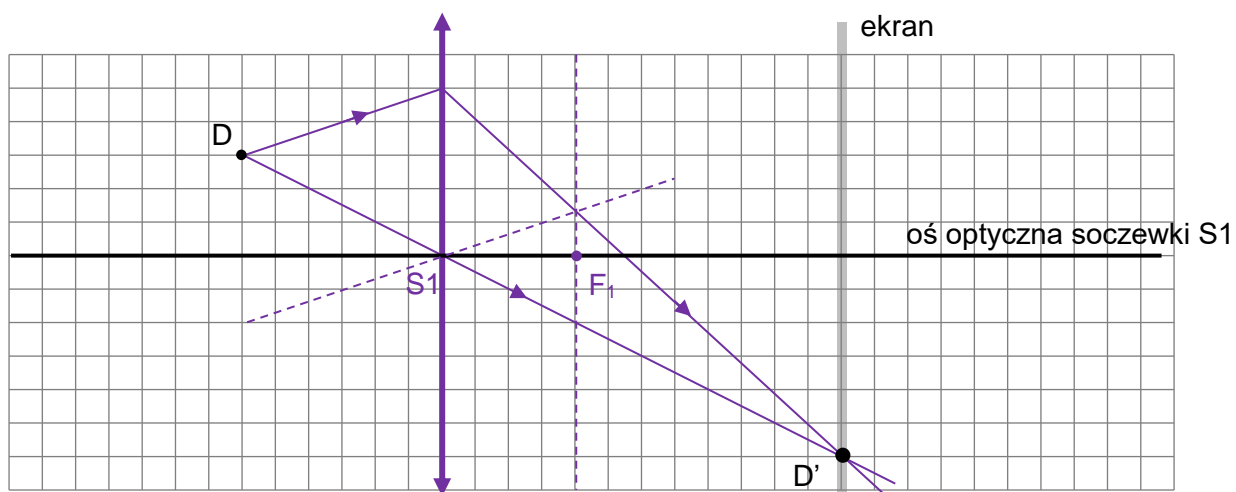
#### Sposób 1.



#### Sposób 2.



#### Sposób 3.



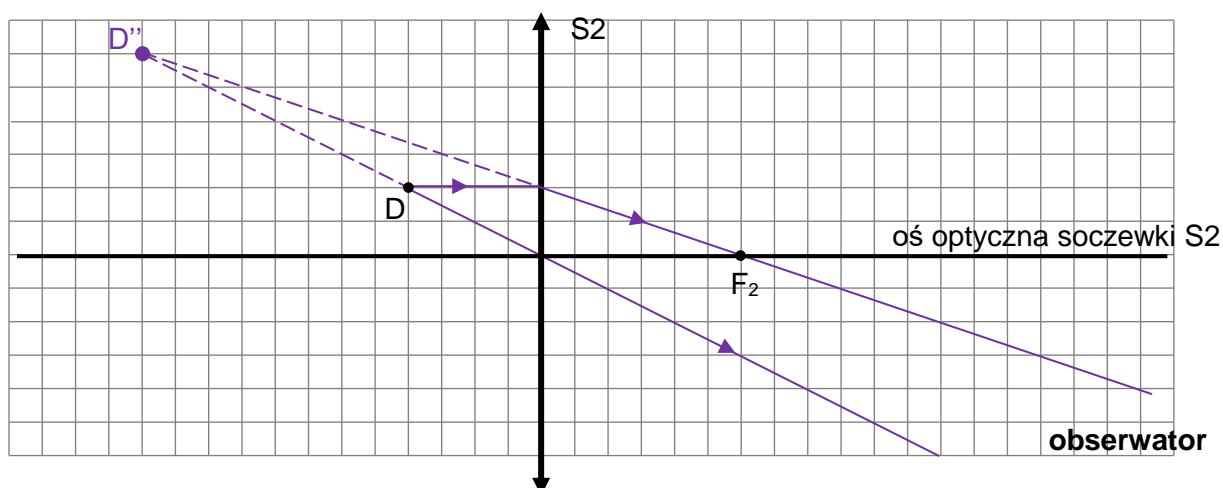
**Zadanie 8.2. (0–1)**

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                        |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                    | Wymagania szczegółowe                                                                                                                |
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>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:<br>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:<br>2.5) (P) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu;<br>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:<br>2.3) (P) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone;<br>2.5) (P) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu;<br>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.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>1.12) (G) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała;<br>1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona;<br>7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego;<br>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:

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

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

**Zadanie 10.2. (0–2)**

| Wymagania egzaminacyjne 2021                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymaganie ogólne                                                                                                                                                                    | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                       |
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>4.5) (G) posługuje się pojęciem ładunku elektrycznego jako wielokrotności ładunku elektronu (elementarnego);<br>1.7) opisuje [...] ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona;<br>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

Zapišemy 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.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;<br>3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ ; opisuje rozpady alfa [...];<br>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).

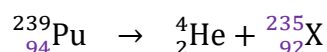
1 pkt – poprawne zapisanie reakcji rozpadu z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych **LUB**

– zapisanie nazwy jądra pierwiastka X (uran).

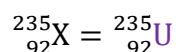
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Poprawne rozwiązanie

Zapišemy 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)**

| <b>Wymagania egzaminacyjne 2021</b>                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wymaganie ogólne</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.</p> | <p>Zdający:</p> <p>3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania [...];</p> <p>3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>; opisuje rozpady alfa [...];</p> <p>3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując [...] zasadę zachowania energii.</p> |

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

1. P 2. P 3. F