

<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>	MFA-R1_1P-202, MFA-R1_2P-202, MFA-R1_3P-202, MFA-R1_4P-202, MFA-R1_7P-202, MFA-R1Q1P-202, MFA-R1Q4P-202
<i>Termin egzaminu:</i>	Termin główny – czerwiec 2020 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	3 sierpnia 2020 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)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu ruchu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – poprawne wykorzystanie związku między prędkością początkową  $v_p = v_1$ , końcową

$$v_k = 0, \text{ czasem } t_1, \text{ a drogą } s_1 \text{ w ruchu jednostajnie opóźnionym (np. } s_1 = \frac{1}{2} v_1 t_1)$$

LUB

– poprawne wykorzystanie równań na  $v(t)$ ,  $s(t)$  dla ruchu jednostajnie opóźnionego, z identyfikacją prędkości końcowej  $v_k = 0$ , umożliwiających wyznaczenie czasu  $t_1$

$$\text{(np. } 0 = v_1 - at_1 \text{ oraz } s_1 = v_1 t_1 - \frac{1}{2} at_1^2)$$

LUB

– prawidłowe obliczenie wartości przyspieszenia (np.:  $a = v_1^2/2s_1 = 3,5 \text{ m/s}^2$ )

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy równania na prędkość i drogę dla ruchu jednostajnie opóźnionego (z prędkością końcową równą zero), wyeliminujemy z nich wartość przyspieszenia i wyznaczymy czas ruchu:

$$0 = v_1 - at_1 \quad s_1 = v_1 t_1 - \frac{1}{2} at_1^2 \quad \rightarrow \quad s_1 = v_1 t_1 - \frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} v_1 t_1$$

$$t_1 = \frac{2s_1}{v_1} \quad \rightarrow \quad t_1 = \frac{2 \cdot 28 \text{ m}}{14 \text{ m/s}} = 4 \text{ s}$$

### Zadanie 1.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia drogi hamowania oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – wykorzystanie równania z wyeliminowanym czasem dla ruchu jednostajnie opóźnionego oraz wykorzystanie faktu, że opóźnienie jest takie samo dla obu ruchów (np. zapisanie związków:  $v_1^2 = 2as_1$  i  $v_2^2 = 2as_2$ )

LUB

– uwzględnienie, że czas ruchu za drugim razem jest dwukrotnie mniejszy niż za pierwszym razem, łącznie z wykorzystaniem faktu, że przyspieszenie za drugim razem jest takie jak za pierwszym razem

LUB

– zapisanie związku  $v_2^2 = 2as_2$  łącznie z wykorzystaniem przyspieszenia obliczonego w zadaniu 1.1.

LUB

– zapisanie związku między zmianą energii kinetycznej i pracą siły wypadkowej łącznie z zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną oraz z wykorzystaniem faktu, że siła tarcia w obu przypadkach jest taka sama.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

#### Sposób 1.

Zapišemy równania na prędkość i drogę dla ruchu jednostajnie opóźnionego (z prędkością końcową równą zero) i wyeliminujemy z nich czas:

$$0 = v_p - at \quad s = v_p t - \frac{1}{2} at^2 \quad \rightarrow \quad s_1 = \frac{v_1^2}{2a} \quad s_2 = \frac{v_2^2}{2a}$$

Z ostatnich dwóch równań ułożymy proporcję:

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \quad \rightarrow \quad \frac{s_2}{s_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \quad \rightarrow \quad s_2 = \frac{1}{4} s_1 = 7 \text{ m}$$

#### Sposób 2.

Zapišemy równania na prędkość dla ruchu jednostajnie opóźnionego (z prędkością końcową równą zero) krążka po pierwszym i drugim uderzeniu:

$$0 = v_1 - at_1 \quad 0 = v_2 - at_2 = \frac{1}{2} v_1 - at_2$$

Z powyższych równań wynika, że:

$$t_2 = \frac{1}{2} t_1$$

Wykorzystamy wzory na drogę (w ruchu jednostajnie opóźnionym do zatrzymania), jaką przebył krążek za pierwszym i drugim razem:

$$s_1 = \frac{1}{2} at_1^2 \quad s_2 = \frac{1}{2} at_2^2 \quad \rightarrow \quad \frac{s_2}{s_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

Zatem:

$$s_2 = \frac{1}{4} s_1 = \frac{28 \text{ m}}{4} = 7 \text{ m}$$

Sposób 3.

Zapiszemy związek między zmianą energii kinetycznej i pracą siły wypadkowej, łącznie z zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną i z wykorzystaniem faktu, że siła tarcia w obu przypadkach jest taka sama:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = Ts_1 \quad \frac{1}{2}mv_2^2 = Ts_2$$

Zatem:

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \rightarrow \frac{s_2}{s_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \rightarrow s_2 = \frac{1}{4}s_1 = 7 \text{ m}$$

**Zadanie 1.3. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał.

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawne wyprowadzenie wzoru  $a = \mu g$ .

1 pkt – zapisanie drugiej zasady dynamiki z identyfikacją siły wypadkowej jako siły tarcia (np. wystarczy zapis  $ma = T$ )

LUB

– zapisanie związku między zmianą energii kinetycznej i pracą siły wypadkowej, łącznie z identyfikacją tej pracy jako pracy siły tarcia i zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną (np. wystarczy zapis  $\frac{1}{2}mv^2 = Ts$  lub  $-\frac{1}{2}mv^2 = -Ts$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1.

Wykorzystamy drugą zasadę dynamiki oraz wzór na siłę tarcia kinetycznego. Uwzględnimy fakt, że siła wypadkowa działająca na krążek w ruchu to siła tarcia kinetycznego:

$$ma = T \quad T = \mu Q$$

Z powyższych równań wynika, że:

$$ma = \mu mg \quad \rightarrow \quad a = \mu g$$

Sposób 2.

Zapiszemy związek między zmianą energii kinetycznej i pracą siły wypadkowej, łącznie z identyfikacją tej pracy jako pracy siły tarcia i zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną:

$$\Delta E_k = W_T \quad \rightarrow$$

$$0 - \frac{1}{2}mv^2 = -Ts \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = Ts$$



Wykorzystamy wzór na siłę tarcia kinetycznego oraz równanie ruchu jednostajnie opóźnionego z wyeliminowanym czasem:

$$T = \mu mg \quad \frac{v^2}{2} = as$$

Zatem:

$$mas = \mu mgs \rightarrow a = g\mu$$

### Zadanie 2.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...] i rysunków.	Zdający: 1.7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

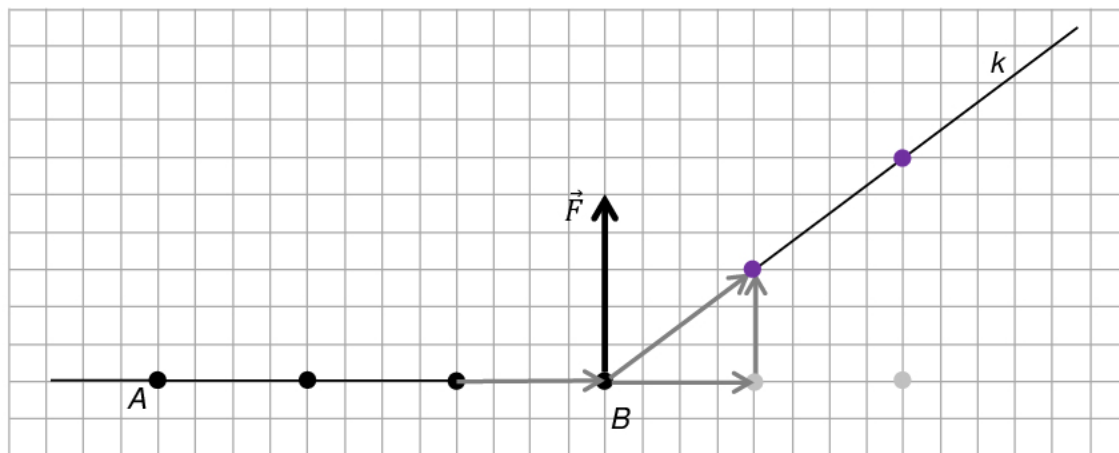
### Zasady oceniania

1 pkt – poprawne narysowanie dwóch położeń ciała na prostej k w chwilach  $t_1$  i  $t_2$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

(Szare kropki i strzałki są oznaczeniami pomocniczymi do konstrukcji)



*Komentarz do rozwiązania (nie jest oceniany)*

#### Sposób 1. analizy zagadnienia

Ruch od punktu B jest złożeniem dwóch ruchów: kontynuacji ruchu swobodnego wzdłuż osi  $x$  (jakby siła nie zadziałała) i ruchu uzyskanego wzdłuż osi  $y$  – po zadziałaniu siły.

#### Sposób 2. analizy zagadnienia

Siła nie zmienia tej składowej prędkości, do której jest prostopadła. Zatem składowa prędkości w kierunku  $x$  jest taka sama przed i po uderzeniu. Po uderzeniu prędkość uzyskuje składową wzdłuż kierunku  $y$  (w kierunku siły).

**Zadanie 2.2. (0–2)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...] i rysunków.  I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości prędkości i prawidłowy wynik z jednostką.

1 pkt – poprawne rozłożenie prędkości  $\vec{v}_k$  na składowe w kierunku ruchu początkowego oraz w kierunku siły (algebraicznie – zapisanie wartości współrzędnych  $v_x$  oraz  $v_y$  lub graficznie – wykonanie rysunku łącznie z zapisaniem wartości składowej  $v_x$ )

LUB

– poprawne obliczenie długości przemieszczenia wzdłuż prostej  $k$  w określonym czasie

LUB

– zastosowanie twierdzenia Pitagorasa do obliczenia wartości prędkości po uderzeniu, łącznie z zachowaniem proporcji pomiędzy współrzędnymi prędkości  $\frac{v_x}{v_y} = \frac{4}{3}$

LUB

– zapisanie wyniku  $v_k = 5 \text{ m/s}$  bez zapisania składowych (przemieszczenia lub prędkości) i bez obliczeń.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Uwagi dodatkowe**

1. Gdy zdający stosuje prawidłową metodę obliczenia wartości prędkości, ale zrobi błąd rachunkowy (w tym np. źle zliczy kratki) to otrzymuje 1 pkt.

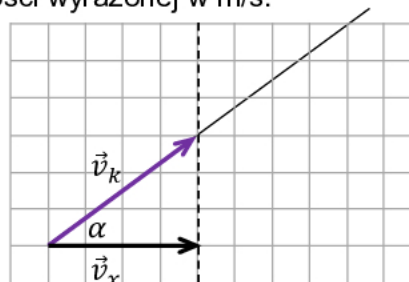
2. Gdy zdający prawidłowo zapisze obie składowe prędkości  $\vec{v}_k$  lub przemieszczenia  $\Delta \vec{r}$  (w ruchu wzdłuż  $k$ ), oraz bez obliczeń zapisze wynik  $v_k = 5 \text{ m/s}$ , to otrzymuje 2 pkt.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1.

Na rysunku poniżej narysujemy wektor prędkości  $\vec{v}_k$  ciała po uderzeniu. Składowa  $\vec{v}_x$  prędkości nie zmienia się po uderzeniu (ponieważ siła jest w kierunku prostopadłym do  $\vec{v}_x$ ). Długość boku kratki odpowiada jednostce prędkości wyrażonej w m/s.

$$\frac{v_x}{v_k} = \cos \alpha = \frac{4}{\sqrt{(4^2 + 3^2)}}$$

$$v_k = \frac{\sqrt{(4^2 + 3^2)}}{4} \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



## Sposób 2.

Określimy prędkość początkową  $\vec{v}_x$  (prędkość ciała przed uderzeniem) oraz zmianę prędkości  $\Delta\vec{v}$  w wyniku uderzenia (czyli składową  $\vec{v}_y$  uzyskaną w kierunku siły po uderzeniu):

$$\vec{v}_x = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \left[ \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ s}}; 0 \right] \rightarrow v_x = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_y = \frac{\Delta\vec{y}}{\Delta t} = \left[ 0; \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}} \right] \rightarrow v_y = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Prędkość  $\vec{v}_k$  po uderzeniu jest złożeniem prędkości początkowej i prędkości uzyskanej w kierunku siły. Zatem jej wartość wynosi:

$$v_k = \sqrt{(4^2 + 3^2)} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Zadanie 2.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.  III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...] i rysunków.	Zdający: 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

### Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wartości siły i prawidłowy wynik z jednostką.

2 pkt – poprawne zapisanie II zasady dynamiki jako związku siły ze zmianą wektora prędkości w czasie  $\Delta t_B$ , łącznie z identyfikacją zmiany prędkości  $\Delta\vec{v}$  jako  $\vec{v}_y$  – składowej prędkości w kierunku siły (może być w jednym zapisie, np. wystarczy  $m \frac{v_y}{\Delta t_B} = F$ ).

1 pkt – zapisanie II zasady dynamiki jako związku siły ze zmianą wektora pędu w czasie  $\Delta t_B$ , łącznie z wykorzystaniem wzoru na pęd

LUB

– zapisanie II zasady dynamiki jako związku siły z przyspieszeniem, łącznie z określeniem przyspieszenia jako  $\vec{a} = \Delta\vec{v}/\Delta t_B$

LUB

– obliczenie przyspieszenia w kierunku  $y$  w czasie działania siły (np.  $a = \frac{v_y}{\Delta t_B} = \frac{3 \text{ m/s}}{0,01 \text{ s}} = 300 \text{ m/s}^2$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Uwagi dodatkowe

- Gdy zdający w zapisie II zasady dynamiki błędnie zinterpretuje wartość różnicy wektorów (jako różnicę wartości wektorów), ale podstawí właściwy czas do wzoru, to otrzymuje 1 pkt.
- Określenie wartości  $\Delta v$  wektora  $\Delta\vec{v}$  jako różnicy wartości wektorów  $\vec{v}_k$  i  $\vec{v}_x$  jest błędem i uniemożliwia zgodnie z powyższymi zasadami oceniania przyznanie dwóch punktów.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1. (wykorzystanie II zasady dynamiki)

Zapiszemy drugą zasadę dynamiki (w postaci wektorowej):

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t_B} = \vec{F} \quad \rightarrow \quad m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t_B} = \vec{F}$$

Zmiana prędkości ciała  $\Delta \vec{v}$  po zadziałaniu siły – zgodnie z drugą zasadą dynamiki – jest składową prędkości uzyskaną w kierunku siły. Zatem jest to składowa wzdłuż osi  $y$ :

$$\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_x = \vec{v}_y = \frac{\Delta \vec{y}}{\Delta t} = \left[ 0; \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}} \right] \quad \rightarrow \quad |\Delta \vec{v}| = \Delta v = v_y = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Obliczamy wartość siły:

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t_B} = m \frac{v_y}{\Delta t_B} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,01 \text{ s}} = 60 \text{ N.}$$

**Zasady oceniania**

(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wartości siły i prawidłowy wynik z jednostką.

2 pkt – skorzystanie z twierdzenia o energii kinetycznej i pracy siły wypadkowej, łącznie z uwzględnieniem faktu, że praca nie zależy od całej drogi, tylko od przemieszczenia w kierunku  $y$  podczas działania siły, a ruch w kierunku  $y$  podczas działania tej stałej siły jest jednostajnie przyspieszony.

1 pkt – skorzystanie z twierdzenia o energii kinetycznej i pracy siły wypadkowej, łącznie z uwzględnieniem iloczynu siły  $\vec{F}$  i przemieszczenia (bez konieczności określenia, że praca zależy od przemieszczenia w kierunku  $y$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 2. (wykorzystanie twierdzenia o pracy i energii kinetycznej)

Skorzystamy z twierdzenia o pracy i energii kinetycznej: zmiana energii kinetycznej jest równa pracy siły wypadkowej:

$$\frac{1}{2} m (v_k^2 - v_1^2) = W_F \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2} m v_y^2 = W_F$$

Stać siła  $\vec{F}$  działa w kierunku  $y$  prostopadłym do osi  $x$ , zatem praca tej siły nie zależy od całej drogi (przebytej podczas działania siły), tylko od przemieszczenia w kierunku  $y$ . Zatem:

$$W_F = F \Delta y_B$$

gdzie  $\Delta y_B$  jest przemieszczeniem ciała w kierunku  $y$  w czasie  $\Delta t_B$ . Ruch w kierunku  $y$  podczas działania siły jest ruchem jednostajnie przyspieszonym, gdzie:

$$v_{0y} = 0 \quad v_{końy} = v_y = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{zatem} \quad \Delta y_B = \frac{1}{2} v_y \Delta t_B = \frac{1}{2} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,01 \text{ s} = 0,015 \text{ m}$$

Z powyższych równań wyznaczmy wartość siły:

$$\frac{1}{2} m v_y^2 = F \cdot \frac{1}{2} v_y \Delta t_B \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 3^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = F \cdot 0,015 \text{ m} \quad \rightarrow \quad F = 60 \text{ N}$$

### Zadanie 3.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>Zdający:</p> <p>1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; [...];</p> <p>2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).</p>

#### Zasady oceniania

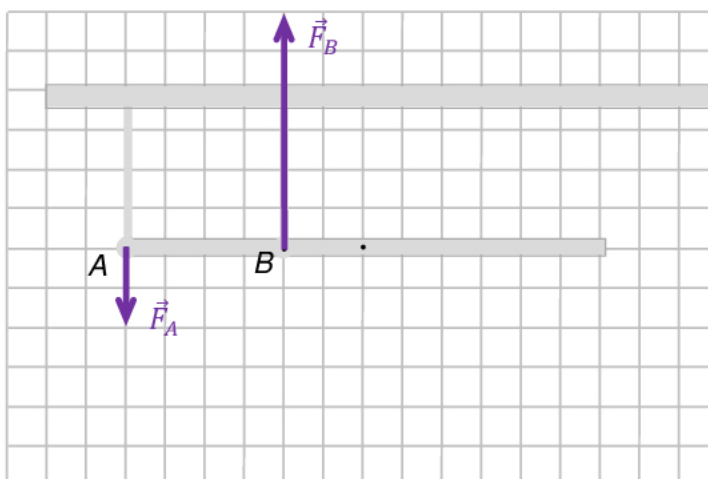
2 pkt – poprawne narysowanie kierunków i zwrotów obu sił (zaczepionych w punktach  $A$  i  $B$ ) wraz z zachowaniem i zapisaniem prawidłowej relacji pomiędzy wartościami sił.

1 pkt – poprawne narysowanie kierunków i zwrotów obu sił zaczepionych w punktach  $A$  i  $B$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Poprawna odpowiedź

$$F_A < F_B$$



### Zadanie 3.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> <p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] schematów i rysunków.</p>	<p>Zdający:</p> <p>1.3) oblicza momenty sił;</p> <p>2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).</p>

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawne zapisanie równań opisujących warunki równowagi belki, prawidłowe rozwiązanie układu tych równań i podanie wyników liczbowych z jednostkami:  $|F_A| = 60 \text{ N}$  oraz  $|F_B| = 180 \text{ N}$  (wynik może być podany bez wartości bezwzględnej).

2 pkt – poprawne zapisanie równania równowagi momentów sił (z prawidłową identyfikacją wielkości: sił i ramiom tych sił) względem dowolnego punktu belki oraz zapisanie poprawnego równania równowagi sił

*LUB*

– poprawne zapisanie dwóch równań równowagi momentów sił (z prawidłową identyfikacją wielkości: sił i ramiom tych sił) względem dwóch różnych punktów belki (np. jak w sposobie 4.).

*Uwaga! Znaki określające zwroty sił w równaniach mogą być przyjęte dowolnie, natomiast muszą być konsekwentnie stosowane.*

1 pkt – zapisanie poprawnego równania równowagi momentów sił względem dowolnego punktu belki łącznie z prawidłową identyfikacją sił i ich ramion (np. pierwsze równanie w kroku 1. w sposobach 1.–3.).

*Uwaga! Znaki określające zwroty sił w równaniu równowagi momentów sił mogą być przyjęte dowolnie.*

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**Sposób 1.

*Krok 1.* Zapiszemy równanie równowagi momentów sił (względem punktu  $B$ ) oraz równanie równowagi sił:

$$F_A \cdot |AB| = Q \cdot |BS| \quad Q + F_A = F_B$$

*Krok 2.* Podstawiamy dane do równań:

$$F_A \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} \quad 120 \text{ N} + F_A = F_B$$

*Krok 3.* Rozwiązujemy układ równań:

$$\begin{cases} F_A \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} \\ 120 \text{ N} + F_A = F_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_A = 60 \text{ N} \\ 120 \text{ N} + 60 \text{ N} = F_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_A = 60 \text{ N} \\ F_B = 180 \text{ N} \end{cases}$$

Sposób 2.

*Krok 1.* Zapiszemy równanie równowagi momentów sił (względem punktu  $A$ ) oraz równanie równowagi sił:

$$F_B \cdot |AB| = Q \cdot |AS| \quad Q + F_A = F_B$$

*Krok 2.* Podstawiamy dane do równań:

$$F_B \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ m} \quad 120 \text{ N} + F_A = F_B$$

*Krok 3.* Rozwiązujemy układ równań:

$$\begin{cases} F_B \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ m} \\ 120 \text{ N} + F_A = F_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 180 \text{ N} \\ 120 \text{ N} + F_A = 180 \text{ N} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 180 \text{ N} \\ F_A = 60 \text{ N} \end{cases}$$



### Sposób 3.

Krok 1. Zapiszemy równanie równowagi momentów sił (względem punktu S) oraz równanie równowagi sił:

$$F_B \cdot |SB| = F_A \cdot |SA| \quad Q + F_A = F_B$$

Krok 2. Podstawiamy dane do równań:

$$F_B \cdot 0,5 \text{ m} = F_A \cdot 1,5 \text{ m} \quad 120 \text{ N} + F_A = F_B$$

Krok 3. Rozwiązujemy układ równań:

$$\begin{cases} F_B \cdot 0,5 \text{ m} = F_A \cdot 1,5 \text{ m} \\ 120 \text{ N} + F_A = F_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 3F_A \\ 120 \text{ N} + F_A = 3F_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 3F_A \\ 120 \text{ N} = 2F_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 180 \text{ N} \\ F_A = 60 \text{ N} \end{cases}$$

### Sposób 4.

Krok 1. Zapiszemy dwa równania równowagi momentów sił (względem punktu S oraz względem punktu B):

$$F_B \cdot |SB| = F_A \cdot |SA| \quad F_A \cdot |AB| = Q \cdot |SB|$$

Krok 2. Podstawiamy dane do równań:

$$F_B \cdot 0,5 \text{ m} = F_A \cdot 1,5 \text{ m} \quad F_A \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m}$$

Krok 3. Rozwiązujemy układ równań:

$$\begin{cases} F_B \cdot 0,5 \text{ m} = F_A \cdot 1,5 \text{ m} \\ F_A \cdot 1 \text{ m} = 120 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 3F_A \\ F_A = 60 \text{ N} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_B = 180 \text{ N} \\ F_A = 60 \text{ N} \end{cases}$$

### Zadanie 4.1. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, [...], schematów i rysunków.	Zdający: 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.3) oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego; 1.1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie [...]).

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie wektora  $\vec{E}_A$  w punkcie A oraz poprawne zapisanie wzoru na wartość wektora  $\vec{E}_A$  (wyrażonego tylko za pomocą odpowiednich stałych oraz  $a$  i  $q$ ).

1 pkt – poprawne narysowanie wektora  $\vec{E}_A$  w punkcie A: wektor musi leżeć na przedłużeniu wysokości  $qA$  i mieć odpowiedni zwrot (jak na rysunku w rozwiązaniu)

LUB

– poprawne zapisanie wzoru na wartość  $E_A$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

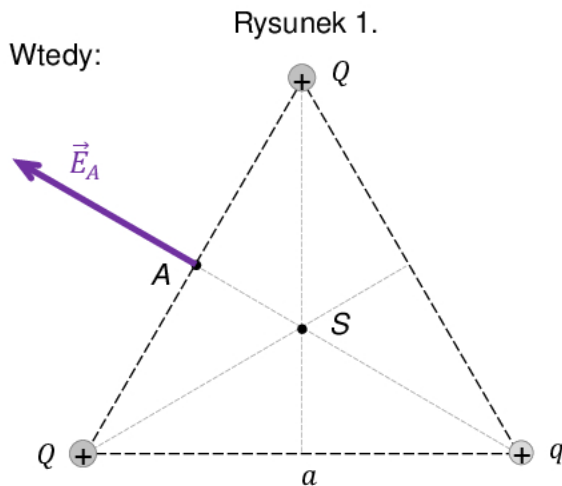
**Przykładowe rozwiązanie**

Wysokość trójkąta oznaczymy jako  $h$ . Wtedy:

$$E_A = \frac{kq}{h^2}$$

$$E_A = \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2}$$

$$E_A = \frac{4kq}{3a^2}$$

**Zadanie 4.2. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 7.3) oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punkowego; 7.4) analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków.

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 5. (0–3)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica); 9.2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica); 9.11) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego.



**a) (0–2)**

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawne podkreślenia w dwóch zdaniach.

1 pkt – poprawne podkreślenie w jednym zdaniu.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

1. Gdy suwak opornicy jest przesuwany w lewo (zbliża się do źródła napięcia), to indukcja pola magnetycznego wytwarzanego przez zwojnicę (rośnie / maleje / pozostaje stała).

2. Jeżeli indukcja pola magnetycznego wytwarzanego przez zwojnicę rośnie, to pierścień (jest przyciągany / jest odpychany / nie jest ani przyciągany, ani odpychany) przez zwojnicę.

**b) (0–1)**

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 6.1. (0–3)**

Wymagania ogólne	Wymaganie szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.  I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

**a) (0–2)**

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ciepła oddanego przez silnik  $S_1$  oraz prawidłowy wynik liczbowy podany z jednostką.

1 pkt – przyrównanie sprawności silnika  $S_1$  do sprawności silnika idealnego, łącznie z zastosowaniem odpowiednich wzorów (z ciepłami i temperaturami) i prawidłową identyfikacją wielkości fizycznych (ciepła i temperatur) występujących w obu wzorach  
*LUB*

– poprawne obliczenie sprawności silnika idealnego  $\eta_{max} \approx 0,61$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Ilość ciepła oddanego do chłodnicy przez silnik  $S_1$  jest możliwie najmniejsza, gdy sprawność tego silnika jest równa sprawności silnika idealnego. W związku z tym przyrównamy sprawność silnika  $S_1$  do sprawności maksymalnej i tak wyznaczmy  $Q_{odd}$ :

$$\eta_{S1} = \eta_{max} \rightarrow \frac{W_{calc}}{Q_{pob}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \rightarrow \frac{Q_{pob} - Q_{odd}}{Q_{pob}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\frac{100 \text{ J} - Q_{odd}}{100 \text{ J}} = \frac{750 \text{ K} - 290 \text{ K}}{750 \text{ K}} \rightarrow \frac{100 \text{ J} - Q_{odd}}{100 \text{ J}} = 0,613$$

$$100 \text{ J} - Q_{odd} = 61,3 \text{ J} \rightarrow Q_{odd} \approx 38,7 \text{ J}$$

**b) (0–1)****Zasady oceniania**

1 pkt – pełne wyjaśnienie dotyczące granicznej wartości ciepła oddanego: stwierdzenie, że gdyby ciepło oddane byłoby mniejsze od pewnej wartości granicznej, to sprawność silnika przekroczyłaby maksymalną, teoretyczną sprawność silnika idealnego.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowa pełna odpowiedź**

Gdyby ciepło oddane było mniejsze od pewnej wartości granicznej, to sprawność silnika byłaby większa od maksymalnej sprawności, z jaką może pracować silnik pomiędzy danymi temperaturami. (Sprawność nie może przekroczyć sprawności silnika idealnego).

**Uwaga dodatkowa**

Wyjaśnienie typu „ponieważ byłoby to niezgodne z II zasadą termodynamiki / zasadami termodynamiki” jest niewystarczające (brak jest w takim wyjaśnieniu powiązania zmiany oddanego ciepła ze zmianą sprawności).

**Zadanie 6.2. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ciepła oddanego przez silnik  $S_2$  oraz prawidłowy wynik liczbowy podany z jednostką.

1 pkt – wykorzystanie I zasady termodynamiki dla cyklu (z uwzględnieniem, że  $\Delta U_{cykl} = 0$ ): przyrównanie do zera sumy całkowitej pracy i ciepła całkowitego wymienionego z otoczeniem (z uwzględnieniem  $W_{spr}$ ,  $W_{roz}$ ,  $Q_{pob}$ ,  $Q_{odd}$ )

LUB

– wykorzystanie I zasady termodynamiki dla cyklu (z uwzględnieniem, że  $\Delta U_{cykl} = 0$ ): przyrównanie pracy całkowitej w cyklu do całkowitego ciepła wymienionego z otoczeniem (z uwzględnieniem  $W_{spr}$ ,  $W_{roz}$ ,  $Q_{pob}$ ,  $Q_{odd}$ ) albo przyrównanie energii oddanej w cyklu (sumy ciepła oddanego i pracy rozprężania) do energii zyskanej w cyklu (sumy ciepła pobranego i pracy podczas sprężania)

LUB

– wykorzystanie wzoru na sprawność silnika w dwóch postaciach:  $\eta = \frac{W_{calc}}{Q_{pob}}$  oraz

$$\eta = \frac{Q_{pob} - Q_{odd}}{Q_{pob}} \text{ łącznie z poprawną identyfikacją wielkości fizycznych w tych wzorach}$$

LUB

– skorzystanie ze związków (pomiędzy ciepłem oddanym, pobranym a temperaturą źródła i chłodnicy) jakie występują w cyklu pracy silnika idealnego:  $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ .

*Uwaga! W kryterium za 1 p. dopuszcza się niezgodność znaków z przyjętą konwencją.*

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

#### Sposób 1. (z wykorzystaniem I zasady termodynamiki)

Zapiszemy I zasadę termodynamiki dla cyklu silnika  $S_2$ . Zmiana energii wewnętrznej w cyklu wynosi zero. Przyjmiemy konwencję, zgodnie z którą ciepło pobrane z otoczenia oraz pracę podczas sprężania przyjmiemy za dodatnie, a ciepło oddane i pracę gazu przy rozprężaniu – za ujemne:

$$0 = |W_{spr}| - |W_{roz}| + |Q_{pob}| - |Q_{odd}| \quad \rightarrow \quad |W_{roz}| - |W_{spr}| = |Q_{pob}| - |Q_{odd}|$$

Podstawiamy odpowiednie dane:

$$34,8 \text{ J} - 8,7 \text{ J} = 100 \text{ J} - |Q_{odd}| \quad \rightarrow \quad |Q_{odd}| = 73,9 \text{ J} \approx 74 \text{ J}$$

#### Sposób 2. (z wykorzystaniem wzoru na sprawność)

Obliczymy sprawność silnika  $S_2$ :

$$\eta = \frac{|W_{calc}|}{|Q_{pob}|} = \frac{|W_{roz}| - |W_{spr}|}{|Q_{pob}|} = \frac{34,8 \text{ J} - 8,7 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,261$$

Skorzystamy ze wzoru na sprawność z ciepłami:

$$\eta = \frac{|Q_{pob}| - |Q_{odd}|}{|Q_{pob}|} \quad \rightarrow \quad \frac{100 \text{ J} - |Q_{odd}|}{100 \text{ J}} = 0,261 \quad \rightarrow \quad |Q_{odd}| = 73,9 \text{ J} \approx 74 \text{ J}$$

### Zadanie 6.3. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

C

**Zadanie 7. (0–1)**

<b>Wymaganie ogólne</b>	<b>Wymagania szczegółowe</b>
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę izotermiczną, [...]; 5.4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek; 3.6) (G) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosferycznego).

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**1. **F** 2. **P** 3. **P****Zadanie 8.1. (0–1)**

<b>Wymagania ogólne</b>	<b>Wymagania szczegółowe</b>
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.  III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...].	Zdający: 10.1) opisuje widmo fal elektromagnetycznych i podaje źródła fal w poszczególnych zakresach z omówieniem ich zastosowań; 6.8) stosuje w obliczeniach związki między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

C1

### Zadanie 8.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...].</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p>	<p>Zdający:</p> <p>7.11) (G) podaje przybliżoną wartość prędkości światła w próżni; wskazuje prędkość światła jako maksymalną prędkość przepływu informacji;</p> <p>6.8) stosuje w obliczeniach związki między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością;</p> <p>10.6) stosuje prawo [...] załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.</p>

#### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia długości fali światła w szkle i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – poprawne wyprowadzenie lub wykorzystanie wzoru na współczynnik załamania światła w szkle, wyrażonego za pomocą długości fal w próżni i szkle:  $n_\lambda = \frac{\lambda}{\lambda_{sz}}$

LUB

– poprawne zastosowanie wzoru na współczynnik załamania światła w szkle, wyrażonego za pomocą prędkości światła w próżni i szkle, łącznie z wykorzystaniem związku między prędkością fali a jej długością i częstotliwością.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Zastosujemy wzór z prędkościami na współczynnik załamania oraz wykorzystamy związek między prędkością fali a jej długością i częstotliwością. Skorzystamy też z faktu, że częstotliwość fali nie zmienia się po przejściu przez granicę ośrodków (w szkle i w próżni jest taka sama i wynosi  $f$ ).

$$n_\lambda = \frac{c}{v_\lambda} \quad c = \lambda f \quad v_\lambda = \lambda_{sz} f \quad \rightarrow$$

$$n_\lambda = \frac{\lambda f}{\lambda_{sz} f} = \frac{\lambda}{\lambda_{sz}}$$

Podstawiamy dane odczytane z wykresu i treści zadania:

$$n_\lambda = \frac{\lambda}{\lambda_{sz}} \quad \rightarrow$$

$$1,52 = \frac{0,5 \mu\text{m}}{\lambda_{sz}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{sz} \approx 0,329 \mu\text{m} \approx 0,33 \mu\text{m}$$

**Zadanie 8.3. (0–1)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.  III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] i rysunków.	Zdający: 7.6) (G) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą [...]; 7.9) (G) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu.

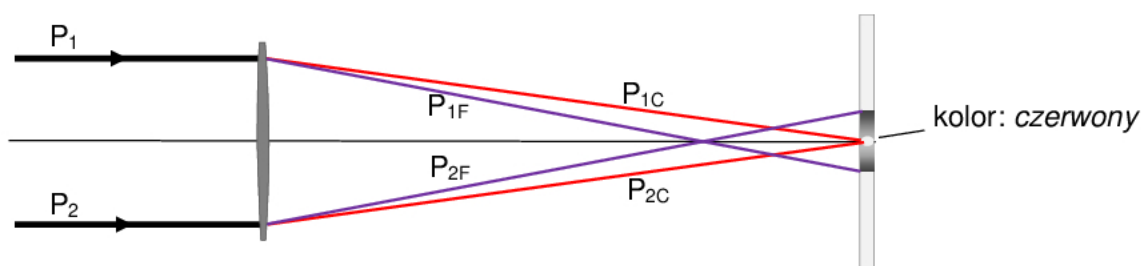
**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawne podpisanie koloru środka plamki oraz prawidłowe narysowanie biegu promieni od soczewki do ekranu

*LUB*

– poprawne narysowanie biegu promieni czerwonych i fioletowych od soczewki do ekranu łącznie z prawidłowym podpisaniem tych promieni.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie****Zadanie 8.4. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...].	Zdający: 10.9) stosuje równanie soczewki [...].

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu ogniskowej soczewki dla światła fioletowego do ogniskowej soczewki dla światła czerwonego oraz prawidłowy wynik liczbowy.

1 pkt – zastosowanie „wzoru szlifierzy” (z *Wybranych wzorów [...] z fizyki*) do obliczenia ogniskowych soczewki dla światła czerwonego i fioletowego, z rozróżnieniem w obu wzorach współczynników załamania oraz ogniskowych dla światła czerwonego i fioletowego – łącznie z uwzględnieniem wspólnej geometrycznej części wzoru.

*LUB*

– zapisanie lub wyprowadzenie ilorazu:  $\frac{f_F}{f_C} = \frac{n_C - 1}{n_F - 1}$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zastosujemy wzór z *Wybranych wzorów [...] z fizyki* dla ogniskowej soczewki światła czerwonego i ogniskowej soczewki światła fioletowego. Przyjmujemy, że współczynnik załamania światła w powietrzu wynosi jeden.

$$\begin{cases} \frac{1}{f_C} = (n_C - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ \frac{1}{f_F} = (n_F - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \end{cases} \rightarrow \frac{f_F}{f_C} = \frac{n_C - 1}{n_F - 1}$$

Do ostatniego równania podstawiamy dane odczytane z wykresu:

$$\frac{f_F}{f_C} = \frac{1,51 - 1}{1,54 - 1} \rightarrow \frac{f_F}{f_C} = \frac{0,51}{0,54} \approx 0,94$$

### Zadanie 9.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu [...] wykresów [...].	Zdający: 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła; 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego.

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

C

### Zadanie 9.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 11.4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 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

1. F 2. P 3. F



**Zadanie 9.3. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał [...].

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości elektronu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką, mieszczący się w przedziale od  $2,9 \cdot 10^7$  m/s do  $3 \cdot 10^7$  m/s.

1 pkt – zapisanie wyrażenia wiążącego zmianę energii kinetycznej elektronu z pracą siły elektrycznej, łącznie z zastosowaniem wzorów na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym (np. wystarczy jeden zapis  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Sposób 1. (z zastosowaniem wzorów mechaniki klasycznej newtonowskiej)

Zapiszemy związek między energią kinetyczną, którą uzyskał elektron w polu elektrycznym, a pracą siły elektrycznej działającej na elektron – łącznie z zastosowaniem wzorów na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym. Początkowa energia kinetyczna elektronu wynosiła zero, zatem:

$$\Delta E_{kin} = W_E \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m \cdot 0^2 = eU \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Podstawiamy dane i obliczamy prędkość elektronu:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \text{ C}\cdot\text{V}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 4 \cdot 10^{-15} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ s}}} = 2,96 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sposób 2. (z zastosowaniem wzorów mechaniki klasycznej relatywistycznej)

Zapiszemy związek między energią kinetyczną, którą uzyskał elektron w polu elektrycznym, a pracą siły elektrycznej działającej na elektron – łącznie z zastosowaniem relatywistycznego wzoru na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym.

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad E_{kin} = E - E_0 \quad E_0 = mc^2 \quad E_{kin} = eU \quad \rightarrow$$

$$\beta^2 = 1 - \left( \frac{E_0}{E_0 + E_{kin}} \right)^2 \quad \rightarrow \quad \beta^2 = 1 - \left( \frac{E_0}{E_0 + eU} \right)^2 \quad \rightarrow$$

$$\beta^2 = 1 - \left( \frac{8,19 \cdot 10^{-14} \text{ J}}{8,19 \cdot 10^{-14} \text{ J} + 0,04 \cdot 10^{-14} \text{ J}} \right)^2 = 0,00969691 \quad \rightarrow$$

$$\beta = \frac{v}{c} = 0,0983 \quad \rightarrow \quad v = 0,0983 \cdot 3 \cdot 10^8 \approx 2,95 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



### Zadanie 9.4. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali [...]; 11.3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy.

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia minimalnej długości fali promieniowania oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – skorzystanie z zasady zachowania energii:

(1) przyrównanie energii kinetycznej elektronu do energii fotonu, łącznie z wykorzystaniem wzoru Plancka na energię fotonu (np.  $E_{kin} = hf_{max}$ )

LUB

(2) przyrównanie pracy siły elektrycznej działającej na elektron podczas jego rozpędzania do energii fotonu, łącznie z wykorzystaniem wzoru Plancka na energię fotonu (np.  $eU = hf_{max}$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy zasadę zachowania energii, gdy cała energii kinetyczna elektronu zostanie zamieniona w energię kwantu promieniowania:

$$E_{kin} = E_{fot\ max} \quad \rightarrow \quad E_{kin} = hf_{max}$$

Wykorzystamy związek energii kinetycznej z pracą siły elektrycznej oraz związek między prędkością fali a jej długością i częstotliwością. Podstawimy dane i wykonamy obliczenia:

$$eU = \frac{hc}{\lambda_{min}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{min} = \frac{hc}{eU} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ J}\cdot\text{s}\cdot\text{m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

Wykonujemy obliczenia i zapiszemy wynik:

$$\lambda_{min} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,5 \cdot 10^3} \text{ m} \approx 4,97 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

### Zadanie 10.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

**Zasady oceniania**

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 10.2. (0–3)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>Zdający:</p> <p>8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych;</p> <p>8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.</p>

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawne wpisy dla każdego opornika.

2 pkt – poprawne wpisy dla dwóch oporników.

1 pkt – poprawne wpisy dla jednego opornika.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

Opornik	Natężenie prądu	Napięcie
$R_1$	<i>zmałało</i>	<i>zmałało</i>
$R_2$	<i>wzrosło</i>	<i>wzrosło</i>
$R_4$	<i>się nie zmieniło</i>	<i>się nie zmieniło</i>

**Zadanie 11.1. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>Zdający:</p> <p>3.1) (P) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;</p> <p>3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>; opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane), sposób powstawania promieniowania gamma; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego.</p>

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

1. P 2. F 3. P

#### Zadanie 11.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 3.4) (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu [...].

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

C

#### Zadanie 11.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel [...].	Zdający: 3.4) (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego [...]; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia aktywności źródła w czasie działania detektora pierwszego dnia oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w bekerelach.

1 pkt – powiązanie liczby emitowanych cząstek z liczbą rozpadów jąder atomowych oraz prawidłowe obliczenie liczby cząstek emitowanych przez źródło (lub liczby rozpadów) w czasie 5 minut działania detektora w pierwszym dniu

*LUB*

– obliczenie aktywności źródła w czasie 5 minut działania detektora pierwszego dnia, z pominięciem czynnika mnożącego 16

*LUB*

– poprawne obliczenie (z uwzględnieniem czynnika 16) aktywności źródła dla innego dnia albo dla całkowitego czasu działania detektora w ciągu 5 dni (np. obliczenie średniej arytmetycznej z aktywności).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Jednemu rozpadowi beta minus jądra towarzyszy emisja jednego elektronu, zatem liczba cząstek emitowanych ze źródła (we wszystkie strony) odpowiada liczbie jąder, które uległy rozpadowi. Obliczymy liczbę jąder, które uległy rozpadowi pierwszego dnia w ciągu pięciu minut (z uwzględnieniem sferycznie symetrycznego rozkładu promieniowania):

$$\Delta N = 16 \cdot 1\,374 = 21\,984 \text{ rozpadów}$$

Obliczymy średnią aktywność w czasie 5 minut podczas działania detektora w pierwszym dniu:

$$A_s = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{21\,984 \text{ rozpadów}}{5 \cdot 60 \text{ s}} \approx 73,3 \text{ Bq}$$

**Zadanie 12.1. (0–3)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi.

**Zasady oceniania**

- 3 pkt – poprawna metoda obliczenia masy pulsara (np. jak w krokach 1.–3.) oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 2 pkt – doprowadzenie do jednego wyrażenia, z którego można bezpośrednio obliczyć masę pulsara jedynie na podstawie stałych oraz parametrów ruchu orbitalnego planety (np. zapisanie wyrażenia jak w kroku 2.).
- 1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (np. jak w kroku 1. w sposobie 1.)  
*LUB*  
– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną, łącznie z zastosowaniem wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu (np. jak w kroku 1. w sposobie 2.).
- 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Uwaga dodatkowa**

Jeżeli zdający zapisze od razu bez wyprowadzenia III prawo Keplera łącznie z poprawnie określoną stałą:  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$  i poprawnie zidentyfikuje wielkości w tym wzorze, 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 masy pulsara z parametrów ruchu orbitalnego planety. W tym celu do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu:  $v = \frac{2\pi r}{T}$ .

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

Do otrzymanego wyrażenia podstawiamy parametry ruchu orbitalnego planety:

$$M = \frac{4 \cdot (3,142)^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}} \cdot \frac{(0,19 \text{ au})^3}{(25,3 \text{ doby})^2}$$

*Krok 3.* Wykonujemy obliczenia, przy czym jednostkę astronomiczną wyrazimy w metrach, a dobę wyrazimy sekundach.

$$M = \frac{4 \cdot (3,142)^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}} \cdot \frac{(0,19 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}{(2,53 \cdot 10^1 \cdot 2,4 \cdot 10^1 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ s})^2} \approx 2,86 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{34} \text{ kg}$$

$$M \approx 2,86 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

#### 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 masy pulsara z parametrów ruchu orbitalnego planety:

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

*Krok 3.* Wykonujemy obliczenia (patrz krok 3. w sposobie 1.).

**Zadanie 12.2. (0–2)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.  IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowna, przyspieszenie kątowne); 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawna metoda obliczenia częstotliwości obrotu gwiazdy przy promieniu  $10R$  oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – skorzystanie z zasady zachowania momentu pędu, łącznie z zastosowaniem wzoru na moment pędu bryły sztywnej względem jej osi obrotu dla dwóch sytuacji: gdy jądro miało promień  $10R$  oraz gdy jądro ma obecny promień  $R$  (np. zapis:  $I_{10}\omega_{10} = I_1\omega_1$ ).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Skorzystamy z zasady zachowania momentu pędu bryły sztywnej. Oznaczmy jako  $L_{10}$  moment pędu jądra gwiazdy, gdy miała promień 10 razy większy niż obecnie, natomiast jako  $L_1$  oznaczmy moment pędu jądra gwiazdy przy obecnym promieniu  $R$ :

$$L_{10} = L_1 \quad \text{gdzie:} \quad L_{10} = I_{10}\omega_{10} \quad L_1 = I_1\omega_1$$

$$I_{10}\omega_{10} = I_1\omega_1$$

Podstawiamy wzory na moment bezwładności  $I$  gwiazdy oraz na jej prędkość kątową:

$$kM(10R)^2 \cdot 2\pi f_{10} = kMR^2 \cdot 2\pi f_1 \quad \rightarrow$$

$$100R^2 f_{10} = R^2 f_1 \quad \rightarrow$$

$$f_{10} = \frac{f_1}{100} \quad \rightarrow \quad f_{10} = \frac{160 \text{ Hz}}{100} = 1,6 \text{ Hz}$$

**Zadanie 12.3. (0–2)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.  IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.

### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku energii kinetycznych oraz prawidłowy wynik liczbowy.

1 pkt – wykorzystanie wzoru na energię kinetyczną  ruchu obrotowego bryły sztywnej  dla dwóch opisanych sytuacji, łącznie z zastosowaniem zasady zachowania momentu pędu bryły sztywnej (np. zapis energii kinetycznych w postaci  $E_{kin1} = \frac{L^2}{2I_1}$ ,  $E_{kin10} = \frac{L^2}{2I_{10}}$  lub równoważnie  $E_{kin1} = \frac{1}{2}L\omega_1$ ,  $E_{kin10} = \frac{1}{2}L\omega_{10}$  – np. jak w sposobach 1. i 2.)

LUB

– wykorzystanie wzoru na energię kinetyczną  ruchu obrotowego bryły sztywnej  dla dwóch opisanych sytuacji, łącznie z zastosowaniem relacji pomiędzy częstotliwościami  $f_1$  i  $f_{10}$  (lub okresami) oraz pomiędzy promieniami  $R_1$  i  $R_{10}$ : (np. jak w sposobie 3.).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Uwaga dodatkowa

Jeżeli zdający poprawnie wyprowadzi zależność  $\frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{I_{10}}{I_1}$  lub  $\frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{\omega_1}{\omega_{10}}$  i nie zapisze końcowego wyniku liczbowego (lub poda błędny wynik końcowy) to otrzymuje 1 pkt.

### Przykładowe rozwiązanie

#### Sposób 1.

Wykorzystamy wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej w postaci z momentem pędu  $L$  i momentem bezwładności  $I$ :

$$E_{kin} = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{oraz} \quad L = I\omega \quad \rightarrow \quad E_{kin} = \frac{L^2}{2I}$$

Zapiszemy stosunek energii kinetycznych ruchu obrotowego jądra gwiazdy (z dwóch opisanych sytuacji), z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu:

$$\frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{\frac{L_1^2}{2I_1}}{\frac{L_{10}^2}{2I_{10}}} \quad \text{oraz} \quad L_1 = L_{10} \quad \rightarrow \quad \frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{I_{10}}{I_1} = \frac{(10R)^2}{R^2} = 100$$

#### Sposób 2.

Wykorzystamy wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej w postaci z momentem pędu i prędkością kątową:

$$E_{kin} = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{oraz} \quad L = I\omega \quad \rightarrow \quad E_{kin} = \frac{1}{2}L\omega$$

Zapiszemy stosunek energii kinetycznych ruchu obrotowego jądra gwiazdy (z dwóch opisanych sytuacji), z wykorzystaniem zasady zachowania momentu pędu i wyznaczonego ilorazu prędkości kątowych:

$$\frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{\frac{1}{2}L_1\omega_1}{\frac{1}{2}L_{10}\omega_{10}} \quad \text{oraz} \quad L_1 = L_{10} \quad \rightarrow \quad \frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{\omega_1}{\omega_{10}} = 100$$

Sposób 3. Zastosujemy wzór na energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej, łącznie z wykorzystaniem relacji pomiędzy częstotliwościami  $f_1$  i  $f_{10}$  oraz promieniami  $R_1$  i  $R_{10}$ :

$$E_{kin1} = \frac{1}{2}I_1\omega_1^2 \quad E_{kin10} = \frac{1}{2}I_{10}\omega_{10}^2 \quad \frac{R_{10}}{R_1} = 10 \quad \frac{f_{10}}{f_1} = \frac{1}{100}$$



Zapiszemy i obliczymy stosunek energii kinetycznych:

$$\frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{\frac{1}{2}kMR^2(2\pi f_1)^2}{\frac{1}{2}kM(10R)^2(2\pi f_{10})^2} \rightarrow \frac{E_{kin1}}{E_{kin10}} = \frac{1}{100} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{10}}\right)^2 = \frac{1}{100} \cdot 100^2 = 100$$

### Zadanie 13. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.3) (P) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone; 2.4) (P) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii; 2.5) (P) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu.

#### Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Poprawna odpowiedź

7 → 4

### Zadanie 14. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ ; opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane) [...]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

#### Zasady oceniania

2 pkt – poprawne uzupełnienie równań obu reakcji.

1 pkt – poprawne uzupełnienie równania jednej reakcji.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Poprawne rozwiązanie

