

**EGZAMIN MATURALNY  
W ROKU SZKOLNYM 2013/2014**

**FIZYKA Z ASTRONOMIĄ  
POZIOM ROZSZERZONY**

**ROZWIĄZANIA ZADAŃ  
I SCHEMAT PUNKTOWANIA**

**MAJ 2014**

**Zadanie 1. (0–7)****1.1. (0–3)**

<b>Obszar standardów</b>	<b>Opis wymagań (dla obszaru „Wiadomości i rozumienie” PP oznacza wymagania szczegółowe z poziomu podstawowego, PR – z poziomu rozszerzonego)</b>
Korzystanie z informacji	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)

Poprawna odpowiedź:

Podczas ruchu jednostajnego prostoliniowego siły się równoważą, czyli  $\frac{C}{2}\rho v^2 S = mg$ , stąd

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho S}} = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho\pi r^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0025 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,5 \cdot 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,14 \cdot (0,017 \text{ m})^2}} = 9,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**3 p.** – zapisanie warunku jednostajnego spadania  $\frac{C}{2}\rho v^2 S = mg$  oraz wyprowadzenie wzoru

$$v^2 = \frac{2mg}{C\rho S} \text{ lub } v = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho S}} \text{ i obliczenie } v = 9,1 \text{ m/s}$$

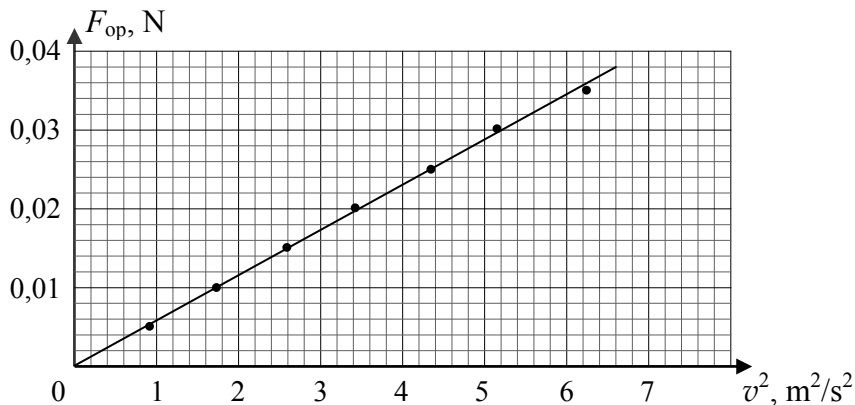
**2 p.** – zapisanie warunku jednostajnego spadania  $\frac{C}{2}\rho v^2 S = mg$  oraz wyprowadzenie wzoru

$$v^2 = \frac{2mg}{C\rho S} \text{ lub } v = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho S}}, \text{ lub podstawienie poprawnych danych do warunku jednostajnego spadania}$$

**1 p.** – zapisanie warunku jednostajnego spadania  $\frac{C}{2}\rho v^2 S = mg$ **0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów**1.2. (0–4)**

Korzystanie z informacji	Rysowanie wykresu (II.4.b)
Tworzenie informacji	Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.1)

Poprawna odpowiedź:

Obliczamy kwadraty prędkości (kolejno  $0,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $1,74 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $2,59 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $3,42 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $4,33 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $5,15 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ,  $6,25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ). Siła oporu powietrza jest równa ciężarowi foremek  $Q$ . Wykres ma postać

Położenie punktów na wykresie jest zgodne z linią prostą przechodzącą przez początek układu współrzędnych, co świadczy o zależności proporcjonalnej między wielkościami odłożonymi na osiach.

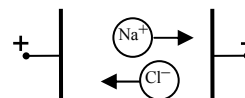
- 4 p.** – wyskalowanie i opisanie osi wykresu oraz poprawne naniesienie wszystkich punktów, poprowadzenie prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych, stwierdzenie zgodności punktów z prostą oraz wniosek:  $F_{op}$  jest proporcjonalna do  $v^2$
- 3 p.** – wyskalowanie i opisanie osi wykresu oraz poprawne naniesienie wszystkich punktów, poprowadzenie prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych  
 lub  
 – wyskalowanie i opisanie osi wykresu oraz poprawne naniesienie 5 lub 6 punktów, poprowadzenie prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych, stwierdzenie zgodności punktów z prostą oraz poprawny wniosek  
 lub  
 – wyskalowanie i opisanie osi wykresu oraz poprawne naniesienie wszystkich punktów, poprowadzenie prostej (nie przechodzącej przez początek układu współrzędnych), stwierdzenie zgodności punktów z prostą oraz poprawny wniosek
- 2 p.** – wyskalowanie i opisanie osi wykresu, błędy naniesienia punktów, wniosek zgodny z narysowanym wykresem  
 lub  
 – wyskalowanie i opisanie osi wykresu oraz poprawne naniesienie 5 lub 6 punktów
- 1 p.** – wyskalowanie i opisanie osi wykresu  
 lub  
 – błąd wyskalowania lub opisanie osi wykresu, naniesienie punktów, wniosek zgodny z narysowanym wykresem
- 0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**Zadanie 2. (0–9)**

**2.1. (0–1)**

Korzystanie z informacji	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2)
--------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

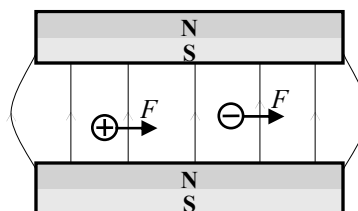


- 1 p.** – poprawne narysowanie obu strzałek  
**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**2.2. (0–2)**

Wiadomości i rozumienie	Przedstawianie pola magnetycznego za pomocą linii pola (PP I.1.2.6)
Korzystanie z informacji	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2)

Poprawna odpowiedź:



- 2 p.** – narysowanie linii pola magnetycznego ze zwrotem w górę oraz narysowanie obu sił skierowanych w prawo  
**1 p.** – narysowanie linii pola magnetycznego ze zwrotem w górę

lub

- narysowanie obu sił zgodnie z narysowanymi liniami pola (w lewo, jeśli linie mają zwrot w dół)

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

### 2.3. (0–1)

Tworzenie informacji	Budowanie prostych modeli fizycznych do opisu zjawisk (III.3)
----------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Siła napędowa działa wzdłuż osi  $y$ , ze zwrotem zgodnym z tą osią.

**1 p.** – poprawne oba podkreślenia

**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

### 2.4. (0–2)

Wiadomości i rozumienie	Obliczanie oporu przewodnika na podstawie danego oporu właściwego i wymiarów geometrycznych (PR I.1.3.3) Zastosowanie prawa Ohma (PR I.1.3.2)
-------------------------	--

Poprawna odpowiedź:

Opór cieczy między płytkami wyraża się wzorem  $R = \rho \frac{l}{S} = \frac{\rho a}{bc}$ . Natężenie prądu wyznaczamy z prawa Ohma

$$I = \frac{U}{R} = \frac{Ubc}{\rho a} = \frac{9 \text{ V} \cdot 0,015 \text{ m} \cdot 0,01 \text{ m}}{0,04 \Omega \cdot \text{m} \cdot 0,03 \text{ m}} = 1,13 \text{ A.}$$

**2 p.** – zastosowanie wzoru  $R = \frac{\rho a}{bc}$  i obliczenie natężenia prądu  $I = 1,13 \text{ A}$

**1 p.** – obliczenie oporu cieczy między płytkami  $R = 8 \Omega$

lub

- zapisanie wzoru  $R = \frac{\rho a}{bc}$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

### 2.5. (0–2)

Wiadomości i rozumienie	Obliczanie wartości siły elektrodynamicznej (PR I.1.4.3)
-------------------------	--

Poprawna odpowiedź:

Wartość siły elektrodynamicznej obliczamy ze wzoru  $F = I l B = I a B$ . Otrzymujemy

$$F = 1 \text{ A} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ T} = 0,012 \text{ N.}$$

**2 p.** – zastosowanie wzoru  $F = I l B$ , podstawienie  $l = a$  i obliczenie siły  $F = 0,012 \text{ N}$

**1 p.** – zapisanie wzoru  $F = I l B$  i podstawienie  $l = a$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

### 2.6. (0–1)

Tworzenie informacji	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)
----------------------	---

Poprawna odpowiedź:

W słonej wodzie są obecne jony, ale jeśli stężenie roztworu jest zbyt małe, ich liczba nie jest wystarczająco duża, aby silnik działał skutecznie.

**1 p.** – poprawne wyjaśnienie warunków działania silnika

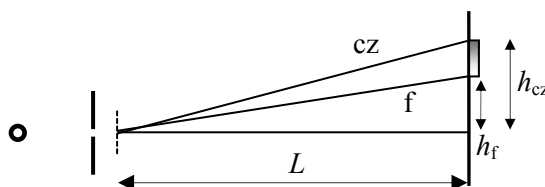
**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**Zadanie 3. (0–7)**

**3.1. (0–4)**

Tworzenie informacji	Planowanie prostych doświadczeń (III.4)
Korzystanie z informacji	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2)
Wiadomości i rozumienie	Opisywanie przejścia światła przez siatkę dyfrakcyjną (PP I.1.5.d.13)

Poprawna odpowiedź:



Odległości  $h_{cz}$  i  $h_f$  na ekranie są powiązane z kątami ugięcia promieni  $\alpha_{cz}$  i  $\alpha_f$  wzorami  $h_{cz} = L \operatorname{tg} \alpha_{cz}$ ,  $h_f = L \operatorname{tg} \alpha_f$ . Podstawiamy  $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha$  i  $n = 0$  do równania  $n\lambda = d \sin \alpha$  ( $d$  – odległość między rysami siatki) i otrzymujemy

$$\lambda_{cz} = \frac{d \cdot h_{cz}}{L} \quad \lambda_f = \frac{d \cdot h_f}{L}$$

- 4 p.** – a) narysowanie przesłony we właściwym położeniu i poprawnego biegu obu promieni,  
 b) zaznaczenie na rysunku wielkości niezbędnych do wyznaczenia długości fal,  
 c) zapisanie wzorów wiążących kąty z zaznaczonymi wielkościami,  
 d) zapisanie wzorów na najmniejszą i największą długość fali

**3 p.** – poprawne trzy z powyższych czynności (a-d)

**2 p.** – poprawne dwie z powyższych czynności

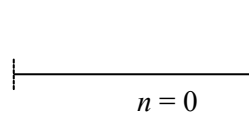
**1 p.** – poprawna jedna z powyższych czynności

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**3.2. (0–2)**

Korzystanie z informacji	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2)
Tworzenie informacji	Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4)

Poprawna odpowiedź:



W rzędzie  $n = 0$  nie ma różnicy dróg optycznych. Kąt ugięcia promienia jest równy 0 dla wszystkich długości fali.

**2 p.** – narysowanie i oznaczenie promienia rzędu zerowego oraz poprawne uzasadnienie tezy na podstawie wzoru  $n\lambda = d \sin \alpha$  lub równoważnego argumentu słownego

**1 p.** – narysowanie i oznaczenie promienia rzędu zerowego  
 lub

– poprawne uzasadnienie tezy na podstawie wzoru  $n\lambda = d \sin \alpha$  lub argumentu słownego

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**3.3. (0–1)**

Wiadomości i rozumienie	Opisywanie zjawiska polaryzacji (PP I.1.5.d.15)
-------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Nie obserwuje się polaryzacji fal dźwiękowych w powietrzu, ponieważ dźwięk w powietrzu jest falą podłużną, a polaryzacja może zachodzić tylko dla fal poprzecznych.

**1 p.** – poprawne wyjaśnienie przyczyny niemożności polaryzacji fal dźwiękowych w powietrzu  
**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**Zadanie 4. (0–12)****4.1. (0–1)**

Tworzenie informacji	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tabeli (III.1)
----------------------	--

Poprawna odpowiedź:

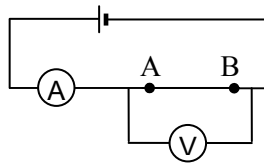
Jeśli opór przewodnika jest proporcjonalny do jego długości, to np. dwukrotne zwiększenie długości powoduje podwojenie oporu, czyli zgodnie z prawem Ohma dwukrotne zmniejszenie natężenia prądu. Nie zgadza się to z danymi w tabeli (np. kolumny 1 i 2).

**1 p.** – porównanie co najmniej 2 kolumn tabeli i sformułowanie wniosku  
**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**4.2. (0–1)**

Korzystanie z informacji	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2)
--------------------------	---

Poprawna odpowiedź:



**1 p.** – narysowanie woltomierza dołączonego równolegle do odcinka drutu (do punktów A i B)  
**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**4.3. (0–2)**

Korzystanie z informacji	Zastosowanie prawa Ohma (PR I.1.3.2)
Tworzenie informacji	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tabeli (III.1)

Poprawna odpowiedź:

Opór drutu obliczamy ze wzoru  $R = \frac{U}{I}$ . Otrzymujemy kolejno (w omach)  $0,85 \cdot 10^{-2}$ ,  $1,70 \cdot 10^{-2}$ ,  $2,55 \cdot 10^{-2}$  i  $3,40 \cdot 10^{-2}$ . Widzimy proporcjonalną zależność  $R$  od  $l$  – np. w drugiej kolumnie obie wielkości są dwukrotnie większe niż w pierwszej.

**2 p.** – poprawne uzupełnienie tabeli oraz napisanie, że  $R$  i  $l$  są do siebie proporcjonalne, poparte sprawdzeniem rachunkowym przynajmniej na jednym przykładzie

**1 p.** – poprawne uzupełnienie tabeli  
lub

– dwa lub trzy poprawne wpisy w dolnym wierszu tabeli oraz napisanie, że  $R$  i  $l$  są do siebie proporcjonalne, poparte sprawdzeniem rachunkowym dla poprawnie wpisanych liczb

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**4.4. (0–4)**

Tworzenie informacji	Budowanie modeli matematycznych (III.3)
----------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Oznaczmy siłę elektromotoryczną symbolem  $\mathcal{E}$ . Spełnione są zależności

$$\mathcal{E} = U_1 + I_1 R_w \qquad \mathcal{E} = U_2 + I_2 R_w$$

Rozwiązując układ równań, wyznaczamy

$$\mathcal{E} = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2} \qquad R_w = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

Podstawiamy dane z dwóch różnych kolumn tabeli, np. pierwszej i ostatniej. Otrzymujemy  $\mathcal{E} = 1,55 \text{ V}$ ,  $R_w = 0,41 \Omega$ .

**4 p.** – napisanie poprawnego układu równań, podstawienie właściwych danych oraz obliczenie  $\mathcal{E}$  (od 1,5 V do 1,6 V) i  $R_w$  (ok. 0,4  $\Omega$ )

lub

– poprawne narysowanie wykresu  $U(I)$ , odczytanie  $\mathcal{E}$  (punkt przecięcia prostej z osią  $U$ ) i obliczenie  $R_w$ , wyniki jak wyżej

**3 p.** – napisanie poprawnego układu równań, podstawienie właściwych danych oraz poprawne obliczenie  $\mathcal{E}$  lub  $R_w$

lub

– poprawne narysowanie wykresu  $U(I)$ , poprawne odczytanie  $\mathcal{E}$  lub obliczenie  $R_w$

**2 p.** – napisanie poprawnego układu równań i podstawienie właściwych danych

lub

– poprawne narysowanie wykresu  $U(I)$

**1 p.** – poprawne użycie SEM i  $R_w$  w równaniu, np. napisanie równania  $\mathcal{E} = U + IR_w$

lub

– narysowanie wykresu  $U(I)$  z jednym błędem (np. błąd naniesienia punktu)

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**4.5. (0–1)**

Korzystanie z informacji	Analizowanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b)
--------------------------	--

Poprawna odpowiedź:

Odczytujemy opór zewnętrzny odpowiadający maksymalnej mocy dla wykresu 1 ( $R_{zewn} = 0,3 \Omega$ ) i dla wykresu 2 ( $R_{zewn} = 0,4 \Omega$ ). Wartości te są równe odpowiednim oporom wewnętrznym, zatem teza została potwierdzona.

**1 p.** – potwierdzenie tezy na podstawie odczytów z obu wykresów

**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

## 4.6. (0–3)

Wiadomości i rozumienie	Obliczanie mocy prądu stałego (PR I.1.3.a.5) i sprawności przetwarzania energii w obwodach prądu stałego (PR I.1.3.a.6)
-------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu  $I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{zewn}} + R_{\text{wewn}}} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,4 \Omega + 0,4 \Omega} = 1,88 \text{ A}$ . Moc całkowita

(wydzielana w postaci ciepła w całym obwodzie) wynosi  $P = \varepsilon I = 1,5 \text{ V} \cdot 1,88 \text{ A} = 2,8 \text{ W}$ . Moc użyteczna jest równa  $P = I^2 R_{\text{zewn}} = (1,88 \text{ A})^2 \cdot 0,4 \Omega = 1,4 \text{ W}$ , zatem sprawność ogniwa wynosi  $\frac{1,4}{2,8} = 0,5 = 50\%$ .

**3 p.** – poprawne obliczenie całkowitej mocy i sprawności ogniwa  
lub

– poprawne obliczenie całkowitej mocy oraz stwierdzenie, że skoro opór źródła i opór zewnętrzny są jednakowe, to moc wydzielana w postaci ciepła w obwodzie zewnętrznym jest równa mocy wydzielanej na oporze wewnętrznym, więc sprawność wynosi 50%

**2 p.** – poprawna metoda obliczenia całkowitej mocy i błąd obliczeń, poprawne obliczenie sprawności ogniwa (lub poprawne uzasadnienie podanej wartości 50%)  
lub

– poprawne obliczenie całkowitej mocy

**1 p.** – poprawna metoda obliczenia całkowitej mocy i błąd obliczeń  
lub

– poprawna wartość sprawności ogniwa i poprawne uzasadnienie

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

## Zadanie 5. (0–9)

## 5.1. (0–2)

Korzystanie z informacji	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4c)
--------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Wyzwoloną energię obliczamy ze wzoru  $E = (M_{\text{Nd}} - M_{\text{Ce}} - M_{\text{He}})c^2$ . Otrzymujemy

$$E = 0,0020 \text{ u} \cdot c^2 = 0,0020 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 2,99 \cdot 10^{-13} \text{ J}.$$

**2 p.** – użycie wzoru  $E = (M_{\text{Nd}} - M_{\text{Ce}} - M_{\text{He}})c^2$  i poprawne obliczenia prowadzące do wyniku  
 $E = 2,99 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  lub  $E = 1,867 \text{ MeV}$

**1 p.** – zapisanie wzoru  $E = (M_{\text{Nd}} - M_{\text{Ce}} - M_{\text{He}})c^2$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

## 5.2. (0–3)

Wiadomości i rozumienie	Zastosowanie zasad zachowania pędu i energii (PR I.1.1.c.5)
Tworzenie informacji	Budowanie modeli matematycznych (III.3)

Poprawna odpowiedź:

Energia wyzwolona jest sumą energii kinetycznych jąder ceru i helu

$$E_{\text{wyzw}} = E_{\text{Ce}} + E_{\text{He}} = \frac{1}{2} m_{\text{Ce}} v_{\text{Ce}}^2 + \frac{1}{2} m_{\text{He}} v_{\text{He}}^2$$



Z zasady zachowania pędu wynika związek  $m_{\text{Ce}}v_{\text{Ce}} = m_{\text{He}}v_{\text{He}}$ . Do bilansu energii podstawiamy  $v_{\text{Ce}} = \frac{v_{\text{He}}m_{\text{He}}}{m_{\text{Ce}}}$  i otrzymujemy

$$E_{\text{wyzw}} = \frac{1}{2}m_{\text{He}}v_{\text{He}}^2 \left(1 + \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{Ce}}}\right) = E_{\text{He}} \left(1 + \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{Ce}}}\right)$$

Stąd  $E_{\text{He}} = E_{\text{wyzw}} \frac{m_{\text{Ce}}}{m_{\text{Ce}} + m_{\text{He}}} = 1,867 \text{ MeV} \cdot \frac{139,9}{139,9 + 4,0} = 1,815 \text{ MeV}$

**3 p.** – poprawna metoda rozwiązania i poprawny wynik

**2 p.** – zapisanie zależności  $E_{\text{wyzw}} = \frac{1}{2}m_{\text{Ce}}v_{\text{Ce}}^2 + \frac{1}{2}m_{\text{He}}v_{\text{He}}^2$  i  $m_{\text{Ce}}v_{\text{Ce}} = m_{\text{He}}v_{\text{He}}$  oraz wyeliminowanie  $v_{\text{Ce}}$  i  $E_{\text{Ce}}$  z układu równań

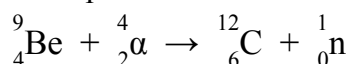
**1 p.** – zapisanie zależności  $E_{\text{wyzw}} = \frac{1}{2}m_{\text{Ce}}v_{\text{Ce}}^2 + \frac{1}{2}m_{\text{He}}v_{\text{He}}^2$  i  $m_{\text{Ce}}v_{\text{Ce}} = m_{\text{He}}v_{\text{He}}$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

### 5.3. (0–1)

Wiadomości i rozumienie	Zastosowanie zasad zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu reakcji jądrowych (PP I.1.6.10)
-------------------------	--

Poprawna odpowiedź:



**1 p.** – poprawne uzupełnienie schematu reakcji

**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

### 5.4. (0–3)

Wiadomości i rozumienie	Obliczanie energii w polu elektrostatycznym (PR I.1.2.b.8)
Tworzenie informacji	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)

Przykłady poprawnej odpowiedzi:

- Do wzoru  $E = k \frac{q_1 q_2}{r}$  podstawiamy  $q_1 = 4e$  (jądro berylu),  $q_2 = 2e$  (cząstka  $\alpha$ ) oraz  $r = 2,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ . Otrzymujemy  $E = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{2,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}} = 7,36 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ . Ponieważ  $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ , więc  $E = 4,6 \text{ MeV}$ . Podana energia  $4,8 \text{ MeV}$  jest większa, zatem wystarczy do zbliżenia cząstki  $\alpha$  do jądra berylu na odległość równą  $r$ .

- Do wzoru  $E = k \frac{q_1 q_2}{r}$  podstawiamy  $q_1 = 4e$  (jądro berylu),  $q_2 = 2e$  (cząstka  $\alpha$ ) oraz energię  $4,8 \text{ MeV}$  wyrażoną w dżulach ( $E = 7,68 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ ). Otrzymujemy  $r = 2,4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ , czyli wielkość mniejszą od promienia jądra berylu. Zatem cząstka  $\alpha$  o energii  $4,8 \text{ MeV}$  może zbliżyć się do jądra berylu na odległość równą promieniowi jądra.

**3 p.** – poprawna odpowiedź na podstawie poprawnych obliczeń

**2 p.** – zastosowanie wzoru  $E = k \frac{q_1 q_2}{r}$ , poprawne podstawienie  $q_1$  i  $q_2$  oraz poprawne przeliczenie jednostek

**1 p.** – zastosowanie wzoru  $E = k \frac{q_1 q_2}{r}$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**Zadanie 6. (0–8)****6.1. (0–2)**

Korzystanie z informacji	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)
--------------------------	--

Poprawna odpowiedź:

Do wzoru  $g = \frac{GM}{R^2}$  podstawiamy dane i obliczamy  $g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{\frac{1}{3} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{4,59 \cdot 10^6 \text{ m}} = 6,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**2 p.** – zapisanie wzoru  $g = \frac{GM}{R^2}$ , podstawienie danych i sprawdzenie zgodności

**1 p.** – zapisanie wzoru  $g = \frac{GM}{R^2}$

**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**6.2. (0–1)**

Wiadomości i rozumienie	Obliczanie okresu drgań wahadła matematycznego (PP I.1.3.a.3)
-------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Do wzoru  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  podstawiamy dane i obliczamy  $T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ m}}{6,22 \text{ m/s}^2}} = 2,52 \text{ s}$ .

**1 p.** – zapisanie wzoru  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , podstawienie danych i sprawdzenie zgodności

**0 p.** – brak spełnienia powyższego kryterium

**6.3. (0–3)**

Tworzenie informacji	Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3)
----------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Siła wypadkowa działająca na ciało o masie  $m$  na równiku jest różnicą siły grawitacji  $F_g = mg$  (o wartości tej samej, co siła grawitacji na biegunie) i siły odśrodkowej  $F_{odśr} = m\omega^2 R$ . Ta siła wypadkowa jest równa iloczynowi  $m$  i przyspieszenia swobodnego spadku na równiku  $g_r$

$$mg - m\omega^2 R = mg_r$$

Stąd  $\omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = g - g_r$ . Okres obrotu planety  $T$  jest równy

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g - g_r}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{4,59 \cdot 10^6 \text{ m}}{6,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 6,22 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ s}$$

**3 p.** – zapisanie równania  $mg - F_{odśr} = mg_r$  lub analogicznego związku między przyspieszeniami, podstawienie poprawnego wzoru na siłę odśrodkową lub na przyspieszenie odśrodkowe oraz poprawne obliczenie okresu obrotu planety

**2 p.** – zapisanie równania  $mg - F_{odśr} = mg_r$  lub analogicznego związku między przyspieszeniami, podstawienie poprawnego wzoru na siłę odśrodkową lub na przyspieszenie odśrodkowe oraz wyprowadzenie wzoru  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g - g_r}}$  lub przekształcenia równoważne

- 1 p.** – zapisanie równania  $mg - F_{odśr} = mg_r$  lub analogicznego związku między przyspieszeniami oraz podstawienie poprawnego wzoru na siłę odśrodkową lub na przyspieszenie odśrodkowe  
**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**6.4. (0–2)**

Wiadomości i rozumienie	Analizowanie II prędkości kosmicznej (PP I.1.2.b.8)
-------------------------	---

Poprawna odpowiedź:

Do wzoru na II prędkość kosmiczną podstawiamy dane w treści zadania. Otrzymujemy

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{4,59 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 7,6 \text{ km/s.}$$

Dana prędkość 8 km/s jest większa od  $v_{II}$ , zatem wystarczy do oddalenia się dowolnie daleko.

- 2 p.** – zastosowanie wzoru na II prędkość kosmiczną, podstawienie właściwych danych, obliczenie  $v_{II}$  i sformułowanie poprawnego wniosku  
**1 p.** – zastosowanie wzoru na II prędkość kosmiczną i podstawienie właściwych danych lub  
 – zastosowanie wzoru na II prędkość kosmiczną, błąd w podstawieniu danych oraz zgodne z tymi danymi obliczenie  $v_{II}$  i sformułowanie wniosku wynikającego z obliczeń  
**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

**Zadanie 7. (0–8)**

**7.1. (0-3)**

Wiadomości i rozumienie	Opisywanie zjawiska Dopplera dla fali akustycznej (PR I.1.1.18)
Tworzenie informacji	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)

Poprawna odpowiedź:

Podkreślenia w zdaniu 1: *stała, mniejsza od*. Podkreślenie w zdaniu 2: *mniejsza*.

Oznaczmy częstotliwość słyszaną przez przechodnia biegnącego do stojącej karetki przez  $f_1$ , a częstotliwość słyszaną przez nieruchomego przechodnia, do którego zbliża się karetką, przez  $f_2$ . Efekt Dopplera dla tych przypadków jest opisany wzorami

$$f_1 = f_{zr} \frac{v + u_{ob}}{v} \quad f_2 = f_{zr} \frac{v}{v - u_{zr}}$$

Zgodnie z treścią zadania  $u_{ob} = u_{zr}$ , należy więc porównać  $\frac{v+u}{v}$  z  $\frac{v}{v-u}$ . Ponieważ  $(v+u)(v-u) < v^2$ , więc widać, że  $f_1 < f_2$ .

- 3 p.** – poprawne trzy podkreślenia i poprawne uzasadnienie wyboru w zdaniu 2  
**2 p.** – poprawne dwa podkreślenia (jeśli w zdaniu 2, to z uzasadnieniem)  
**1 p.** – poprawne jedno podkreślenie (jeśli w zdaniu 2, to z uzasadnieniem)  
**0 p.** – brak spełnienia powyższych kryteriów

## 7.2. (0-2)

Korzystanie z informacji	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)
--------------------------	--

Poprawna odpowiedź:

Należy przekształcić wzór wyrażający efekt Dopplera dla ruchomego obserwatora

$$f = f_{zr} \frac{v+u}{v}$$

Prędkość kutra  $u$  jest równa

$$u = v \left( \frac{f}{f_{zr}} - 1 \right) = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( \frac{3050}{3000} - 1 \right) = 5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2 p. – poprawna metoda i poprawne obliczenie

1 p. – zapisanie poprawnego wzoru i podstawienie do niego poprawnych danych

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów

## 7.3. (0-3)

Tworzenie informacji	Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3) Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)
----------------------	--

Przykłady poprawnej odpowiedzi:

- Obliczamy natężenie dźwięku w odległości 5 km od syreny

$$I_5 = \frac{10 \text{ W}}{4\pi \cdot (5000 \text{ m})^2} = 3,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Korzystając ze wzoru  $L = 10 \log(I/I_0)$ , obliczamy natężenie dźwięku  $I$  o poziomie  $L = 30 \text{ dB}$  i otrzymujemy  $I_{30} = 10^{-9} \text{ W/m}^2$ . Ponieważ  $I_5 > I_{30}$ , dźwięk będzie słyszalny.

- Obliczamy natężenie dźwięku w odległości 5 km od syreny

$$I_5 = \frac{10 \text{ W}}{4\pi \cdot (5000 \text{ m})^2} = 3,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Korzystając ze wzoru  $L = 10 \log(I_5/I_0)$ , szacujemy poziom natężenia  $L_5$  odpowiadający natężeniu  $I_5$ :  $L_5 \approx 45 \text{ dB}$  (wystarczy doprowadzenie obliczeń do wniosku, że wynik przekracza 30 dB). Ponieważ  $L_5 > 30 \text{ dB}$ , dźwięk będzie słyszalny.

3 p. – poprawne obliczenia i poprawny wniosek

2 p. – poprawne obliczenie  $I_5$  oraz  $I_{30}$

lub

– poprawne obliczenie  $I_5$  oraz poprawne oszacowanie  $L_5$

lub

– poprawne obliczenie  $I_5$  lub  $I_{30}$ , błąd obliczenia drugiej wielkości lub błąd oszacowania  $L_5$  oraz wniosek zgodny z obliczeniami

1 p. – poprawne obliczenie  $I_5$  lub  $I_{30}$

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium