

**EGZAMIN MATURALNY  
W ROKU SZKOLNYM 2016/2017**

**FORMUŁA OD 2015  
(„NOWA MATURA”)**

**FIZYKA  
POZIOM ROZSZERZONY**

**ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ  
ARKUSZ MFA-R1**

**MAJ 2017**

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

### Zadanie 1.1. (0–2)

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Gdy wymaganie dotyczy materiału gimnazjum, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu edukacyjnego, dopisano (P).                                |
|                                                                          | 1.4) Zdający wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu [...] jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

#### Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda rozwiązania i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowa metoda pozwalająca wyznaczyć czas hamowania samochodu

*lub*

– prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie wartości opóźnienia (około  $8,05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  w zależności od przyjętego zaokrąglenia wartości prędkości początkowej  $v_0 = 13,9 \text{ m/s}$ ).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Korzystamy z równań ruchu jednostajnie opóźnionego prostoliniowego oraz identyfikujemy prędkość początkową i końcową:

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2} \quad \text{oraz} \quad v_k = v_0 - at \quad \text{oraz} \quad v_k = 0, \quad v_0 = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Z powyższych związków otrzymujemy zależność  $s = \frac{1}{2}v_0 t$ , z której obliczamy czas hamowania samochodu:

$$t = \frac{2s}{v_0} \rightarrow t = \frac{2 \cdot 12 \text{ m}}{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,73 \text{ s} \rightarrow t \approx 1,7 \text{ s}$$

### Zadanie 1.2. (0–1)

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.12) Zdający posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

#### Schemat punktowania

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Poprawna odpowiedź

1. P    2. P    3. P

**Zadanie 1.3. (0–3)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 1.4) Zdający wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu [...] jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

**Schemat punktowania**

- 3 p. – prawidłowa metoda rozwiązania i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.  
 2 p. – prawidłowa metoda prowadząca do wyznaczenia prędkości końcowej oraz uzyskanie prawidłowego wzoru na tę prędkość końcową pozwalającego na bezpośrednie uzyskanie wyniku z danych.  
 1 p. – prawidłowa metoda prowadząca do wyznaczenia prędkości końcowej (zapisanie niezbędnych równań).  
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Wykorzystujemy wzór z wyeliminowanym czasem, wyprowadzony z równań ruchu jednostajnie opóźnionego prostoliniowego:

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2} \quad \text{oraz} \quad v_k = v_0 - at \rightarrow s = v_0 \cdot \frac{v_0 - v_k}{a} - \frac{(v_0 - v_k)^2}{2a} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a}$$

Stosujemy wyprowadzony wzór łącznie z identyfikacją prędkości początkowej oraz końcowej dla przypadku drugiej próby hamowania:

$$v_{02}^2 - v_{k2}^2 = 2as \quad \text{oraz} \quad v_{k2} - \text{szukana prędkość końcowa, } v_{02} = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Ponieważ hamowanie w próbie opisanej w zadaniu 1.3. odbywa się na tej samej drodze i z tym samym opóźnieniem, co w próbie hamowania opisanej w zadaniu 1.1., to wyprowadzony wzór można zastosować dla pierwszej próby hamowania:

$$v_{01}^2 - 0^2 = 2as \quad \text{oraz} \quad v_{01} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Prawe strony dwóch ostatnich równań (równe  $2as$ ) są te same, zatem:

$$v_{02}^2 - v_{k2}^2 = v_{01}^2 - 0^2 \rightarrow v_{k2} = \sqrt{v_{02}^2 - v_{01}^2} = 33,2 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 9,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Samochód uderzy w przeszkodę z prędkością o wartości około  $9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**Zadanie 2.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                  | Wymaganie szczegółowe                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1.1) Zdający wykonuje działania na wektorach (dodawanie, [...], rozkładanie na składowe). |

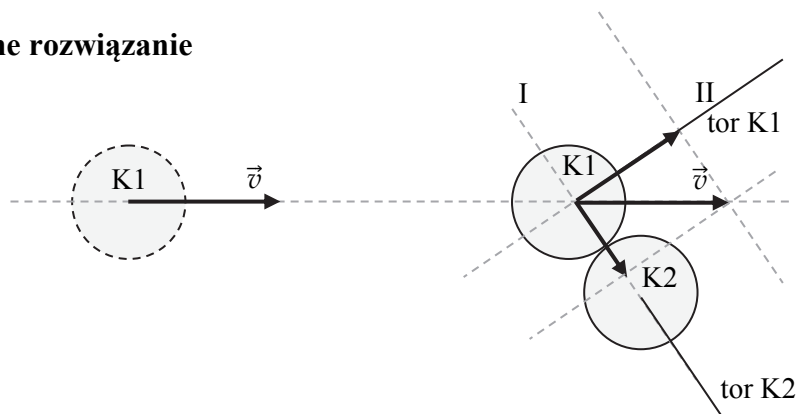
**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowy rozkład prędkości na składowe oraz prawidłowe zaznaczenie na rysunku torów obu kul liniami ciągłymi.

1 p. – prawidłowy rozkład prędkości na składowe  
lub

– prawidłowe zaznaczenia na rysunku liniami ciągłymi torów obu kul.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie****Zadanie 2.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.8) Zdający wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.<br>1.9) Zdający stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

C

**Zadanie 3.1. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 9.8) Zdający oblicza strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię. |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowa metoda i prawidłowy wynik z jednostką.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

Strumień indukcji pola magnetycznego  $\vec{B}$  przechodzący przez powierzchnię  $S$ , którą obejmuje ramka, dany jest wzorem:  $\Phi_B = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ , gdzie  $\alpha$  to kąt między normalną (prostą prostopadłą) do płaszczyzny ramki a wektorem indukcji magnetycznej  $\vec{B}$ . W sytuacji przedstawionej na rysunku mamy  $\alpha = 0^\circ$ , dlatego strumień jest maksymalny i wynosi:

$$\Phi_B = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = B \cdot S = 0,2 \text{ T} \cdot 0,005 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

**Zadanie 3.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 9.8) Zdający oblicza strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię. |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowa metoda i prawidłowa wartość kąta.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

Oznaczamy przez  $\Phi_B(\alpha)$  – strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez ramkę obróconą o kąt  $\alpha$  oraz  $\Phi_B(0^\circ)$  – strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez ramkę w położeniu początkowym. Mamy wtedy:

$$\Phi_B(\alpha) = \frac{1}{2} \Phi_B(0^\circ) \rightarrow B \cdot S \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} \cdot B \cdot S \cdot \cos 0^\circ \rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \rightarrow \alpha = 60^\circ \text{ lub } \alpha = 300^\circ$$

Ramkę należy obrócić o kąt  $60^\circ$  lub  $300^\circ$ . (Do poprawnych zaliczane są też odpowiedzi, że ramkę należy obrócić o kąt  $120^\circ$  lub  $240^\circ$ , jako rozwiązania równania  $\cos \alpha = -1/2$ . Miary kątów mogą być podane w radianach).

**Zadanie 3.3. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 9.9) Zdający analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym.<br>9.10) Zdający oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A – 3

**Zadanie 4.1. (0–3)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.12) (G) Zdający opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.<br>12.7) Zdający szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.<br>1.8) Zdający wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. |

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda rozwiązania i prawidłowy wynik.

2 p. – zapisanie wzoru na czas w ruchu jednostajnie przyspieszonym dla tego przypadku oraz zapisanie drugiej zasady dynamiki z prawidłowym określeniem siły wypadkowej  
lub

– zapisanie wzoru na czas w ruchu jednostajnie przyspieszonym (z prędkością) dla tego przypadku oraz zapisanie związku pomiędzy energiami i pracą siły oporu.

1 p. – zapisanie wzoru na czas w ruchu jednostajnie przyspieszonym dla tego przypadku  
lub

– zapisanie drugiej zasady dynamiki oraz prawidłowe określenie siły wypadkowej  
lub

– zapisanie poprawnego związku pomiędzy energiami i pracą siły oporu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**Sposób 1

Czas spadania kamienia obliczamy ze wzoru na drogę (równą wysokości z jakiej spada kamień) w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym bez prędkości początkowej:

$$h = \frac{at^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$$

Ruch ze stałym przyspieszeniem wynika z przyjętego modelu zjawiska, w którym wypadkowa siła działająca na kamień jest stała i wynosi:

$$F_w = mg - F_{op}$$

Przyspieszenie w tym ruchu obliczamy z drugiej zasady dynamiki Newtona:

$$ma = mg - F_{op} \rightarrow a = g - \frac{F_{op}}{m} \rightarrow a = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - \frac{0,148 \text{ N}}{0,255 \text{ kg}} = 9,23 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Z powyższych zapisów wyznaczamy czas spadania:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} \rightarrow t = 2,05 \text{ s} \quad \text{lub równoważnie} \quad t = \sqrt{\frac{2hm}{mg - F_{op}}} \rightarrow t = 2,05 \text{ s}$$

Sposób 2 (wykorzystujący związek pomiędzy energią i pracą)

Korzystamy ze związku pomiędzy pracą i energią (zmiana energii mechanicznej kamienia podczas spadania jest równa pracy sił oporu):

$$E_2 - E_1 = W_{op} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2} m v^2 - mgh = -F_{op} \cdot h$$

gdzie  $E_2$  jest energią mechaniczną kamienia tuż przed uderzeniem w ziemię,  $E_1$  jest energią mechaniczną kamienia na samym początku spadania, natomiast  $W_{op}$  jest pracą wykonaną przez siły oporu. Z ostatniego równania wyznaczamy wartość prędkości kamienia:

$$v = \sqrt{\frac{2(mgh - F_{op}h)}{m}}$$

Następnie skorzystamy ze związku między czasem a prędkością końcową w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym bez prędkości początkowej:

$$h = \frac{1}{2} vt \quad \rightarrow \quad t = \frac{2h}{v} = \frac{2h}{\sqrt{\frac{2(mgh - F_{op}h)}{m}}} = \sqrt{\frac{2hm}{mg - F_{op}}} \quad \rightarrow \quad t = 2,05 \text{ s}$$

**Zadanie 4.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.12) (G) Zdający opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B – 1

**Zadanie 5.1. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 1.4) Zdający wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu [...] jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru i prawidłowy wzór na prędkość końcową.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zapisujemy równania ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego z prędkością początkową równą zero, następnie z układu równań wyznaczamy prędkość końcową:

$$s = \frac{at^2}{2} \quad \text{oraz} \quad v_k = at \quad \rightarrow \quad v_k = \frac{2s}{t^2} \cdot t \quad \rightarrow \quad v_k = \frac{2s}{t}$$

**Zadanie 5.2. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 2.9) Zdający uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe podkreślenie oraz uzasadnienie.

1 p. – prawidłowe podkreślenie bez uzasadnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

Powyższe wyprowadzenie wzoru na prędkość końcową kuli jest (*poprawne* / *niepoprawne*).

W przedstawionym wyprowadzeniu wzoru na prędkość końcową kuli nie uwzględniono energii kinetycznej ruchu obrotowego kuli.

**Zadanie 6.1. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.6) (P) Zdający [...] opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi [...]. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 6.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.6) (P) Zdający posługuje się pojęciem [...] satelity geostacjonarnego; opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi (jakościowo), wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową.<br>4.7) Zdający oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi. |

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

1. F    2. F    3. P

**Zadanie 7.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1.4) (G) Zdający opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona.<br>4.2) (G) Zdający opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych. |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.                                          | 1.13) Zdający składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.                                                                                                            |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowy opis oraz prawidłowe narysowanie siły elektrostatycznej i siły reakcji nici z zachowaniem właściwych relacji pomiędzy wartościami wszystkich sił.

1 p. – prawidłowy kierunek i zwrot siły elektrostatycznej oraz opis obu sił  
lub

– prawidłowe narysowanie siły elektrostatycznej i siły reakcji nici z zachowaniem właściwych relacji pomiędzy wartościami wszystkich sił oraz brak oznaczeń sił.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

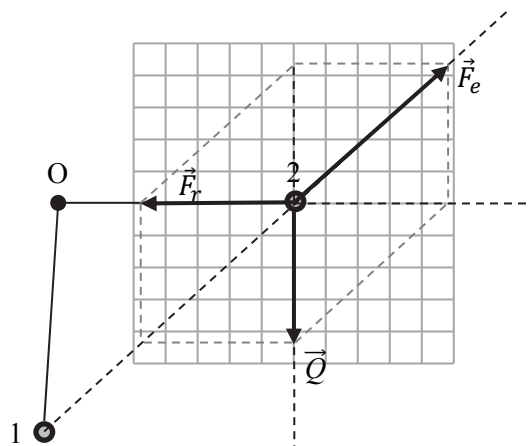
**Przykładowe rozwiązanie**

Oznaczenia pozostałych sił działających na kulkę:

$\vec{F}_e$  – siła elektrostatyczna (Coulomba),

$\vec{F}_r$  – siła reakcji/naprężenia nici,

Siły rysujemy wzdłuż odpowiednich kierunków tak, aby ich suma wektorowa była równa zero. (W przykładowym rozwiązaniu liniami przerywanymi oznaczono linie pomocnicze przy konstrukcji sumy wektorów z reguły równoległoboku – we wszystkich możliwych wariantach konstrukcji).



**Zadanie 7.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1.9) (G) Zdający posługuje się pojęciem siły ciężkości.<br>4.2) (G) Zdający opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 8. (0–2)**

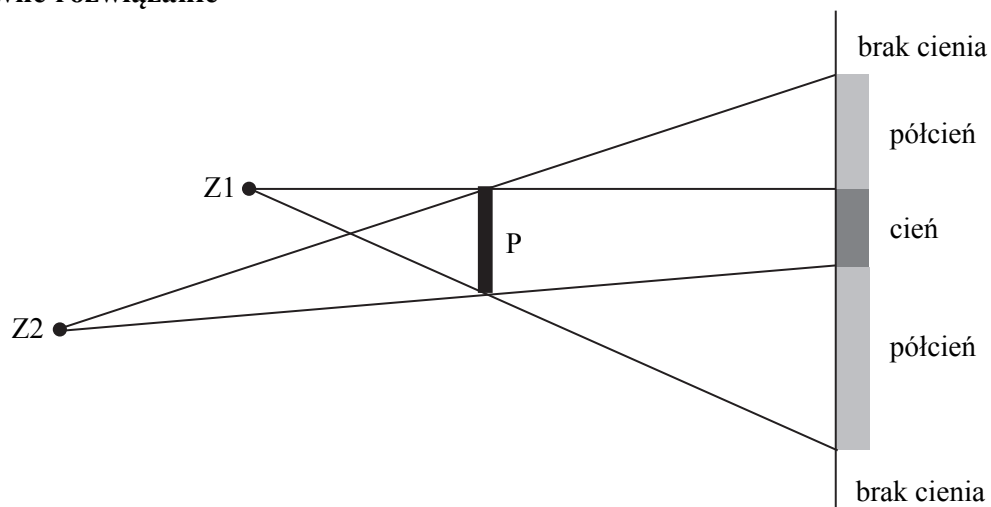
| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 7.2) (G) Zdający wyjaśnia powstawanie obszarów cienia i półcienia za pomocą prostoliniowego rozchodzenia się światła w ośrodku jednorodnym. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa konstrukcja położenia obu źródeł światła.

1 p. – prawidłowa konstrukcja położenia jednego ze źródeł lub prawidłowa zasada konstrukcji.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

**Zadanie 9.1. (0–2)**

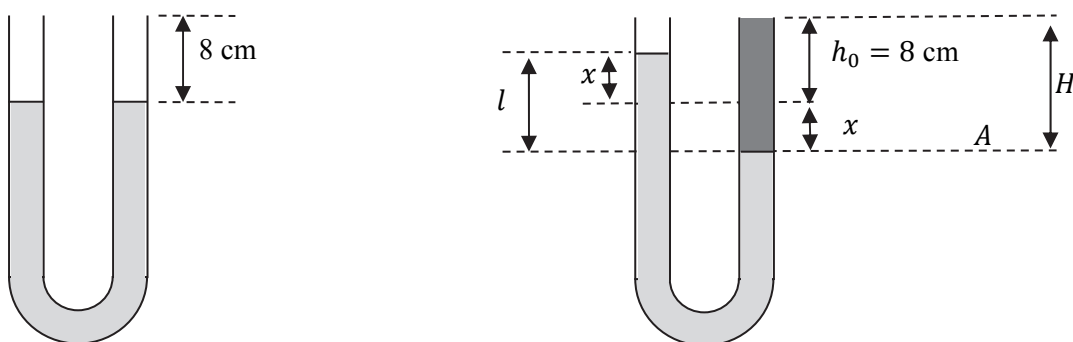
| Wymagania ogólne                                                         | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 3.6) (G) Zdający posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego [...]).<br>3.7) (G) Zdający formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania. |

**Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia wysokości słupka oleju i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.  
 1 p. – prawidłowy zapis równowagi ciśnień (zgodnie z prawem Pascala)  
*lub*  
 – prawidłowe ustalenie relacji pomiędzy wysokościami słupów cieczy (prawidłowa relacja musi wynikać z zapisów lub rysunku).  
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Rysunek po lewej przedstawia sytuację przed dolaniem oleju, natomiast rysunek po prawej odpowiada sytuacji po dolaniu oleju.



Zgodnie z prawem Pascala przyrównujemy ciśnienia na oznaczonym poziomie  $A$  (granicy oleju i wody):

$$p_{at} + p_{A \text{ lewy}} = p_{at} + p_{A \text{ prawy}} \rightarrow p_{A \text{ lewy}} = p_{A \text{ prawy}}$$

Zastosujemy wzór na ciśnienie słupa cieczy, zgodnie z oznaczeniami wprowadzonymi na rysunku:

$$\rho_w \cdot g \cdot l = \rho_{ol} \cdot g \cdot H \rightarrow \rho_w \cdot g \cdot 2x = \rho_{ol} \cdot g \cdot (x + h_0)$$

Z ostatniego wzoru wyznaczamy  $x$  i podstawiamy dane:

$$x = \frac{\rho_{ol}}{2\rho_w - \rho_{ol}} h_0 \rightarrow x = 5,56 \text{ cm} \rightarrow H = 8 \text{ cm} + 5,56 \text{ cm} = 13,56 \text{ cm} \approx 13,6 \text{ cm}$$

**Zadanie 9.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 3.6) (G) Zdający posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego [...]).<br>3.7) (G) Zdający formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania. |

**Schemat punktowania**

- 1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.  
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 10. (0–4)**

| Wymagania 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. | 2.10) (G) Zdający posługuje się pojęciem ciepła właściwego, ciepła topnienia i ciepła parowania.<br>5.12) Zdający wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.<br>12.7) Zdający szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku. |

**Schemat punktowania**

- 4 p. – poprawna metoda obliczenia początkowej temperatury minimalnej i poprawny wynik liczbowy z jednostką.  
3 p. – poprawna metoda i prawidłowo obliczone  $\Delta T$  oraz brak odpowiedzi dotyczącej minimalnej temperatury początkowej lub błędne przejście z  $\Delta T$  do  $T_p$  (np. brak uwzględnienia relacji:  $\Delta T = t_p - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  lub  $\Delta T = T_p - 273\text{ K}$ ) albo brak jednostki  
*lub*  
– poprawna metoda i błąd rachunkowy w obliczeniu  $\Delta T$  oraz konsekwentne i poprawne przejście z  $\Delta T$  do  $T$  (uwzględnienie relacji  $\Delta T = t_p - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  lub  $\Delta T = T_p - 273\text{ K}$ ).  
2 p. – poprawny zapis nierówności lub równania uwzględniającego bilans ciepła oraz wzory na oba ciepła,  
*lub*  
– poprawny zapis nierówności lub równania uwzględniającego bilans ciepła i wzoru na jedno ciepło łącznie z identyfikacją masy lodu do stopienia.  
1 p. – poprawny zapis nierówności lub równania uwzględniającego bilans ciepła i wzoru na jedno ciepło.  
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Rozgrzana kulka przechodząca przez taflę lodu o grubości  $d$  musi wytopić z tego lodu co najmniej walec lodu o masie:

$$m_l = \rho_l \pi r^2 d = 33,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Stopienie masy lodu równej co najmniej masie wspomnianego walca wymaga, aby kulka oddała do lodu ciepło  $Q_s$  w ilości nie mniejszej niż ilość ciepła  $Q_t$ , która jest potrzebna do stopienia tej masy:

$$Q_s \geq Q_t$$

Gdy uwzględnimy wzory z ciepłem właściwym i ciepłem topnienia, to otrzymujemy nierówność:

$$m_s c_s \Delta T \geq m_l L$$

$\Delta T$  możemy zapisać w skali Celsjusza:  $\Delta T = t_p - 0^\circ\text{C}$ , gdzie  $t_p$  jest temperaturą początkową kulki wyrażoną w stopniach Celsjusza; lub możemy zapisać w kelwinach:  $\Delta T = T_p - 273 \text{ K}$ , gdzie  $T_p$  jest temperaturą początkową kulki wyrażoną w kelwinach. Z powyższych związków wyznaczamy minimalną temperaturę początkową kulki:

$$\Delta T = T_p - 273 \text{ K} \text{ oraz } m_s c_s \Delta T \geq m_l L \rightarrow \Delta T \geq \frac{\rho_l \pi r^2 d L}{m_s c_s} \rightarrow$$

$$\Delta T \geq 95 \text{ K} \rightarrow T_p \geq 368 \text{ K} \quad \text{lub} \quad t_p \geq 95^\circ\text{C}$$

Minimalna temperatura początkowa kulki wynosi  $95^\circ\text{C}$  lub równoważnie  $368 \text{ K}$ .

**Zadanie 11.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 6.10) Zdający opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego.<br>10.6) Zdający stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków. |

**Schemat punktowania**

2 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

1 p. – zaznaczenia odpowiedzi 1. **F**, 2. **P** lub zaznaczenie odpowiedzi 3. **P**, 4. **F**.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

1. **F**    2. **P**    3. **P**    4. **F**

**Zadanie 11.2. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 7.11) (G) Zdający podaje przybliżoną wartość prędkości światła w próżni; wskazuje prędkość światła jako maksymalną prędkość przepływu informacji.<br>6.8) Zdający stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowa metoda i błąd rachunkowy.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Ponieważ jeden metr zawiera  $n = 1\,553\,163,5$  długości fali światła monochromatycznego lampy kadmowej, to długość tej fali wyrazimy wzorem:

$$\lambda = \frac{1\text{ m}}{n}$$

Obliczamy częstotliwość ( $f$ ) fali elektromagnetycznej ze związku między jej parametrami:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{1\text{ m}} \cdot n = 3 \cdot 10^8 \cdot 1\,553\,163,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad \rightarrow$$

$$f \approx 4,66 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

**Zadanie 12.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                                 | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 10.8) Zdający [...] wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych [...] otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających. |

**Schemat punktowania**

2 p. – zaznaczenie tylko B 2 i B 4.

1 p. – zaznaczenie tylko B 2 lub tylko B 4.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

B 2 oraz B 4.

**Zadanie 12.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                        | Wymaganie szczegółowe                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. | 10.9) Zdający [...] wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 13. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 2.2) Zdający rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

C

**Zadanie 14.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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>5.1) (G) Zdający nazywa bieguny magnetyczne magnesów trwałych i opisuje charakter oddziaływania między nimi.</p> <p>5.4) (G) Zdający opisuje działanie przewodnika z prądem na igłę magnetyczną.</p> <p>5.5) (G) Zdający opisuje działanie elektromagnesu [...].</p> <p>9.1) Zdający szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu [...] przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica).</p> |

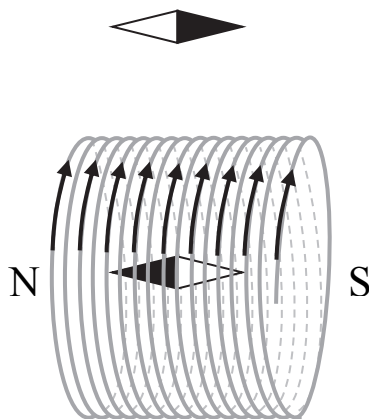
**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe oznaczenie zwrotu prądu oraz prawidłowe zamalowanie biegunów obu igiełek.

1 p. – prawidłowe oznaczenie zwrotu prądu  
*lub*

– prawidłowe zamalowanie biegunów obu igiełek.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie****Zadanie 14.2. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                               | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>9.2) Zdający oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem ([...] pętla, zwojnica).</p> <p>12.7) Zdający szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku.</p> |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda szacowania i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowa metoda szacowania z wykorzystaniem wzoru na wartość indukcji magnetycznej wewnątrz idealnej zwojnicy  
*lub*

– prawidłowa metoda szacowania z wykorzystaniem wzoru na wartość indukcji magnetycznej w środku pojedynczej pętli, łącznie z identyfikacją liczby pętli.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

## Przykładowe rozwiązania

### Sposób 1

Wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz zwojnicy ( $B_{wew}$ ) użytej przez uczniów można szacować ze wzoru na wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz długiej i gęsto nawiniętej zwojnicy:

$$B_{wew} = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2} \cdot 100 \cdot 13 \cdot 10^{-3} A}{0,05 m} = 3,27 \cdot 10^{-5} T \approx 33 \mu T$$

### Sposób 2

Wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz zwojnicy użytej przez uczniów można szacować ze wzoru na wartość indukcji pola magnetycznego w środku pętli kołowej ( $B_p$ ), traktując zwojnicę jak 100 pętli kołowych i stosując zasadę superpozycji pól od każdej pętli. Jeżeli przez  $N$  oznaczmy liczbę pętli, to:

$$B_{wew} = NB_p = N \frac{\mu_0 I}{2r} = 100 \cdot \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2} \cdot 13 \cdot 10^{-3} A}{0,1 m} = 1,63 \cdot 10^{-5} T \approx 16 \mu T$$

## Zadanie 14.3. (0–1)

| Wymagania ogólne                                                        | Wymaganie szczegółowe                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. | 12.7) Zdający [...] krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku. |

## Schemat punktowania

1 p. – odwołanie się do niepełnej stosowalności wzoru.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

## Przykładowe odpowiedzi

Sposób 1 (gdy korzystano ze wzoru  $B_{wew} = \frac{\mu_0 NI}{L}$ )

Przyczyną niezgodności pomiaru z rzeczywistą wartością poziomej składowej indukcji pola magnetycznego jest niepełna stosowalność użytego do szacowania wzoru na wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz zwojnicy użytej przez uczniów.

Wzór  $B_{wew} = \frac{\mu_0 NI}{L}$  wykorzystuje się do obliczeń, gdy zwojnica jest gęsto nawinięta oraz stosunek długości zwojnicy do promienia zwoju jest bardzo duży. W doświadczeniu użyto zwojnicy, dla której stosunek ten jest równy 1.

Sposób 2 (gdy korzystano ze wzoru  $B_{wew} = N \frac{\mu_0 I}{2r}$ )

Przyczyną niezgodności pomiaru z rzeczywistą wartością poziomej składowej indukcji pola magnetycznego jest niepełna stosowalność przyjętego do szacowania wzoru. Wzór  $B_{petli} = \frac{\mu_0 I}{2r}$  stosuje się do obliczania wartości indukcji pola magnetycznego pochodzącego od pojedynczej pętli kołowej (np. jednego zwoju) w jej środku. Środki kolejnych zwojów nie pokrywają się, zatem pole wewnątrz zwojnicy – potraktowanej jak 100 pętli umieszczonych obok siebie – nie będzie 100-krotnością pola w środku zwoju.

**Zadanie 14.4. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 12.6) Zdający opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru ([...] obliczanie niepewności względnej [...]). |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowa metoda i wynik liczbowy.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

Ponieważ wartość indukcji pola magnetycznego wytworzonego przez dowolny przewodnik z prądem jest proporcjonalna do natężenia prądu w nim płynącego:  $B \sim I$ , a rozmiary zwojnicy przyjmujemy za dokładne, to niepewności indukcji pola magnetycznego oraz natężenia prądu, są w tej samej proporcji:

$$\frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{B}{I}$$

Z powyższego wnioskujemy, że niepewność względna indukcji pola magnetycznego jest równa niepewności względnej natężenia prądu:

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta I}{I} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta B}{B} = \frac{1 \text{ mA}}{13 \text{ mA}} \approx 7,7\% \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta B}{B} \approx 8\%$$

**Zadanie 14.5. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 9.2) Zdający oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem ([...] pętla, zwojnica).<br>12.7) Zdający [...] krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A 3

### Zadanie 15. (0–2)

| Wymagania ogólne                                                                                                  | Wymagania szczegółowe                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 4.7) (G) Zdający posługuje się pojęciem natężenia prądu elektrycznego.<br>12.7) Zdający szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...]. |

#### Schemat punktowania

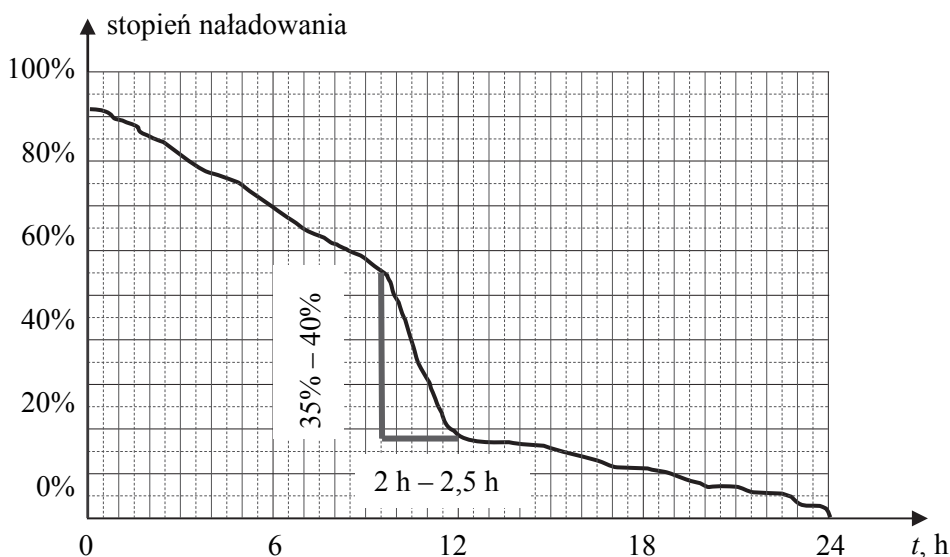
2 p. – prawidłowa metoda i wynik mieszczący się w przedziale od około 140 mA do około 260 mA.

1 p. – prawidłowa metoda i błąd rachunkowy lub błąd przeliczenia jednostek.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

W oznaczonej części wykresu widzimy największe zmiany stopnia naładowania baterii w czasie.



Szacujemy natężenie prądu, czyli średnią szybkość zmiany stopnia naładowania w czasie (równoważnie – średnią szybkość zmiany ładunku w czasie), na oznaczonej części wykresu:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{35\% \text{ naładowania}}{2 \text{ h}} = \frac{0,35 \cdot 1200 \text{ mAh}}{2 \text{ h}} = 210 \text{ mA}.$$

### Zadanie 16.1. (0–1)

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 7.1) Zdający wykorzystuje prawo Coulomba [...].<br>1.8) Zdający wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.<br>1.9) Zdający stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał. |

**Schemat punktowania**

- 1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.  
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

1. P    2. P    3. P

**Zadanie 16.2. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                                    | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> | <p>1.10) Zdający wykorzystuje zasadę zachowania pędu [...].</p> <p>3.2) Zdający oblicza wartość energii kinetycznej [...].</p> <p>3.1) (P) Zdający posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop [...] podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej.</p> <p>3.5) (P) Zdający opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów [...].</p> |

**Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowa wartość stosunku energii kinetycznych jąder.  
1 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru wyrażającego stosunek energii kinetycznych przez odwrotny stosunek mas oraz błędny wynik albo brak wyniku końcowego  
lub  
– zapisanie stosunku energii kinetycznych oraz prawidłowa identyfikacja stosunku mas jąder atomowych  
lub  
– zapisanie zasady zachowania pędu łącznie z prawidłową identyfikacją mas obu jąder, na przykład zapisy równoważne:  $220v_{Rn} = 4v_{He}$ .  
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Korzystamy z zasady zachowania pędu całkowitego dla układu ciał, którym jest jądro atomowe przed rozpadem i po rozpadzie. Przyjmujemy układ odniesienia, w którym jądro  $^{224}\text{Ra}$  spoczywa. Pęd początkowy jądra  $^{224}\text{Ra}$  wynosi zero ( $\vec{p}_{Ra} = 0$ ), dlatego suma pędów produktów rozpadu tego jądra też wynosi zero:

$$\vec{p}_{Ra} = \vec{p}_{Rn,He} \rightarrow 0 = m_{Rn}v_{Rn} - m_{He}v_{He} \rightarrow m_{Rn}v_{Rn} = m_{He}v_{He}$$

Stosunek energii kinetycznych jądra helu i radonu wyrazimy poprzez odwrotny stosunek mas tych jąder, przy wykorzystaniu zasady zachowania pędu:

$$\frac{E_{kin\ He}}{E_{kin\ Rn}} = \frac{m_{He}v_{He}^2}{m_{Rn}v_{Rn}^2} = \frac{m_{He}m_{Rn}^2}{m_{Rn}m_{He}^2} = \frac{m_{Rn}}{m_{He}} \rightarrow \frac{E_{kin\ He}}{E_{kin\ Rn}} = \frac{m_{Rn}}{m_{He}}$$

albo

$$\frac{E_{kin\ He}}{E_{kin\ Rn}} = \frac{\frac{p_{He}^2}{2m_{He}}}{\frac{p_{Rn}^2}{2m_{Rn}}} = \frac{m_{Rn}}{m_{He}}.$$

Zatem

$$\frac{E_{kin\ He}}{E_{kin\ Rn}} \approx \frac{220\ \text{u}}{4\ \text{u}} \approx 55.$$

### Zadanie 16.3. (0–2)

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 3.4) (P) Zdający opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu [...].<br>12.4) Zdający interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi [...] także za pomocą wykresu. |

### Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowy wynik mieszczący się w przedziale od 8 mg do 9 mg  
lub  
– prawidłowa metoda obliczenia obu krańców przedziału, do którego może należeć wynik, oraz stwierdzenie, że masa początkowa izotopu radu należy do przedziału  $m_0 \in (6\ \text{mg}; 12\ \text{mg})$ .
- 1 p. – wykorzystanie pojęcia czasu połowicznego rozpadu oraz zauważenie, że  $3T < t < 4T$ .
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązania

#### Sposób 1

Zauważamy, że czas 13 dni stanowi 3,5 czasów połowicznego rozpadu:

$$\frac{t}{T} = \frac{13\ \text{dni}}{3,7\ \text{dni}} \approx 3,5$$

Korzystamy z pojęcia czasu połowicznego rozpadu lub równoważnie ze wzoru przedstawiającego zależność liczby jąder pozostających w próbce od czasu. Zamiast liczby jąder radu pozostających w próbce zapiszemy  $m(t)$  – łączną masę jąder izotopu radu pozostających w próbce ( $m_0$  oznacza początkową masę izotopu radu w próbce):

$$m(t) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \rightarrow \quad m_0 = m(t) \cdot 2^{\frac{t}{T}}$$

Dla  $t = 3,5T$  mamy:

$$m_0 = m(3,5T) \cdot 2^{3,5} = 0,75\ \text{mg} \cdot 2^3 \cdot 2^{\frac{1}{2}} = 8,5\ \text{mg}.$$

Początkowa masa izotopu radu wynosiła około 8,5 mg.

Sposób 2

Zauważamy, że  $3T < t < 4T$ . Następnie obliczamy, jakie byłyby masy początkowe, gdybyśmy do rachunków przyjęli  $t = 3T$ , a następnie  $t = 4T$ :

$$0,75 \text{ mg} = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 \quad \rightarrow \quad m_0 = 6 \text{ mg}$$

$$0,75 \text{ mg} = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^4 \quad \rightarrow \quad m_0 = 12 \text{ mg}$$

Początkowa masa izotopu należy do przedziału otwartego  $m_0 \in (6 \text{ mg}; 12 \text{ mg})$  lub masa początkowa izotopu radu jest równa około:

$$m_0 \approx \frac{1}{2}(6 \text{ mg} + 12 \text{ mg}) \approx 9 \text{ mg}.$$

Sposób 3

Zauważamy, że w czwartym okresie czasu połowicznego rozpadu (tj. od  $3T$  do  $4T$ ) fragment krzywej rozpadu można przybliżyć odcinkiem prostym. Dlatego wartość funkcji  $m(t)$  na środku odcinka od  $3T$  do  $4T$  można szacować ze średniej arytmetycznej wartości funkcji  $m(t)$  na krańcach tego odcinka:

$$m(3,5T) \approx \frac{1}{2}(m(3T) + m(4T))$$

Korzystamy z pojęcia czasu połowicznego rozpadu:

$$m(3,5T) \approx \frac{1}{2} \left( \left(\frac{1}{2}\right)^3 m_0 + \left(\frac{1}{2}\right)^4 m_0 \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2}\right)^3 \left(1 + \frac{1}{2}\right) m_0 = \frac{3}{32} m_0$$

Podstawiamy dane:

$$m(3,5T) \approx \frac{3}{32} m_0 \quad \rightarrow \quad m_0 \approx \frac{32}{3} \cdot 0,75 \text{ mg} \approx 8 \text{ mg}$$

Początkowa masa izotopu radu wynosiła około 8 mg.

Uwaga, do wzoru  $m(3,5T) \approx \frac{3}{32} m_0$  można dojść równoważnymi sposobami, wykorzystującymi pojęcie czasu połowicznego rozpadu, na przykład:

$$m(3,5T) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} m_0$$

Czynnik  $\frac{3}{4}$  pojawia się tutaj jako wynik następującego szacowania: jeśli w ciągu jednego czasu połowicznego rozpadu rozpadnie się połowa jąder, to w połowie tego czasu rozpadnie się około  $\frac{1}{4}$  jąder, czyli pozostanie około  $\frac{3}{4}$  jąder. Powyższy wzór to szacowanie liczby jąder pozostających w próbce po trzech (trzy czynniki  $\frac{1}{2}$ ) i pół (czynnik  $\frac{3}{4}$ ) czasach połowicznego rozpadu.

**Zadanie 17.1. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                           | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. | 2.5) (P) Zdający interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu.<br>11.1) Zdający opisuje założenia kwantowego modelu światła. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

C

**Zadanie 17.2. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                           | Wymaganie szczegółowe                                                                                    |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. | 7.10) (G) Zdający opisuje światło białe jako mieszaninę barw, a światło lasera jako światło jednobarwne. |

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 17.3. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 11.1) Zdający opisuje założenia kwantowego modelu światła.<br>11.3) Zdający stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczania częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy. |

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

1. F    2. P    3. P

**Zadanie 17.4. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                         | Wymaganie szczegółowe                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 1.2) (P) Zdający [...] wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej. |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe uzupełnienie zdania.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

Zgodnie z tym modelem atomu wodoru, elektron porusza się po okręgu pod działaniem siły **Coulomba/elektrycznej**, która pełni funkcję siły dośrodkowej.

**Zadanie 17.5. (0–1)**

| Wymagania ogólne                                                                                             | Wymaganie szczegółowe                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 2.3) (P) Zdający opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone. |

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe podkreślenia w obu zdaniach.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

Dla elektronu w atomie suma energii kinetycznej i energii oddziaływania z jądrem jest (*dodatnia / ujemna*).

Energia elektronu w atomie (*może mieć tylko wartość należącą do pewnego ściśle określonego zbioru / może być dowolna*).