

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

**FORMUŁA DO 2014  
(„STARA MATURA”)**

**FIZYKA I ASTRONOMIA  
POZIOM PODSTAWOWY**

**ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ  
ARKUSZ MFA-P1**

**MAJ 2017**

## Zadania zamknięte

### Zadanie 1. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości względnej (I.1.1.4).

### Schemat punktowania

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

A

### Zadanie 2. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2).

### Schemat punktowania

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

A

### Zadanie 3. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

### Schemat punktowania

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

A

### Zadanie 4. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresu (II.1.b).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 5. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie wpływu pola magnetycznego na ruch ciał (I.1.2b.7).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 6. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania magnetycznego (I.1.2.1).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 7. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresu (II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Konstruowanie obrazów w soczewce skupiającej dla różnych położań przedmiotu.

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 8. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Podawanie podstawowych założeń modelu atomu wodoru wg Bohra (I.1.5.19).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

C

**Zadanie 9. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego i wyjaśnianie go zgodnie z założeniami kwantowego modelu światła (I.1.5.17).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 10. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami jądrowego niedoboru masy i energii wiązania (I.1.6.6).

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

C

## Zadania otwarte

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

### Zadanie 11. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie czasu, drogi i przyśpieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym oraz jednostajnym (I.1.1.3).

### Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu oraz przyśpieszenia i prawidłowe wyniki z jednostkami.
- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu, prawidłowy wynik z jednostką oraz brak obliczenia przyśpieszenia albo błąd w obliczeniach przyśpieszenia  
*lub*  
– prawidłowa metoda obliczenia czasu i przyśpieszenia oraz błąd rachunkowy w obliczeniu czasu i obliczenie przyspieszenia z błędną wartością czasu.
- 1 p. – zapisanie wyrażenia na drogę jako pole figury pod wykresem  
*lub*  
– poprawne obliczenie przyśpieszenia, gdy czas oszacowano z wykresu na około 3 s, a nie obliczono w sposób ścisły.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy wyrażenie na drogę, jako pole figury pod wykresem:

$$s = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot t_1 + 8 \cdot t_2 \quad \text{oraz} \quad t_1 + t_2 = 10 \text{ s} \quad \text{oraz} \quad s = 67 \text{ m}$$

gdzie  $t_1$  oznacza czas przyśpieszenia, a  $t_2$  oznacza czas ruchu jednostajnego.

Obliczamy czas przyśpieszania:

$$67 = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot t_1 + 8 \cdot (10 - t_1) \quad \rightarrow \quad t_1 = t = 3,25 \text{ s}$$

Obliczamy przyśpieszenie:

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v}{t} \quad \rightarrow \quad a = \frac{8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,25 \text{ s}} = 2,46 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**Zadanie 12.1. (3 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizyczne z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem pracy (I.1.6.1). Analizowanie ruchów ciał z uwzględnieniem sił tarcia (I.1.2.3).

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda obliczenia pracy i prawidłowy wynik z jednostką.

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia pracy (sposób 1 lub sposób 2) i błąd w obliczeniach albo wynik bez jednostki

*lub*

– prawidłowe obliczenie ciężaru skrzyni oraz prawidłowe obliczenie pracy przeciwko sile tarcia ( $W_T = T_s = 160 \text{ J}$ ).

1 p. – prawidłowe obliczenie ciężaru skrzyni  $Q = 200 \text{ N}$

*lub*

– obliczenie dodatkowej pracy, którą trzeba wykonać z powodu występowania siły tarcia oraz błąd popełniony przy obliczaniu ciężaru skrzyni

*lub*

– zapisanie wzoru na siłę, którą należy zrównoważyć ciągnąc skrzynię po desce.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Obliczamy ciężar skrzyni na podstawie informacji o pracy wykonanej przy pionowym jej podnoszeniu:

$$240 \text{ J} = Q \cdot h \rightarrow 240 \text{ J} = Q \cdot 1,2 \text{ m} \rightarrow Q = 200 \text{ N}$$

Obliczamy wartość siły tarcia z informacji w zadaniu:

$$T = 0,2 \cdot Q = 40 \text{ N}$$

Obliczamy pracę  $W$  wykonaną podczas ciągnięcia skrzyni po desce.

1 sposób

Praca ta jest równa sumie: pracy wykonanej przeciwko sile grawitacji (która nie zależy od drogi i jest taka sama jak przy pionowym unoszeniu) oraz pracy wykonanej przeciwko sile tarcia:

$$W = W_Q + W_T = W_Q + T_s \rightarrow W = 240 \text{ J} + 40 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = 400 \text{ J}$$

2 sposób

Obliczamy wartość siły, którą należy zrównoważyć, gdy ciągnie się skrzynię po desce:

$$F = T + Q \cdot \sin \alpha = 40 \text{ N} + 200 \text{ N} \cdot \frac{1,2}{4} = 100 \text{ N}$$

Obliczamy pracę przeciwko sile  $F$ , którą należy zrównoważyć ciągnąc skrzynię po desce:

$$W = W_F = F_s \rightarrow W = 100 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = 400 \text{ J}$$

**Zadanie 12.2. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe wyjaśnienie.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Podczas wciągania skrzyni po desce działa się w tym przypadku siłą o wartości  $F = 100 \text{ N}$  (zobacz w rozwiązaniu zadania 12.1), a więc mniejszą niż siła potrzebna do zrównoważenia ciężaru skrzyni 200 N, podczas podnoszenia pionowego.

**Zadanie 13. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie II prędkości kosmicznej (I.1.2.8).

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia drugiej prędkości kosmicznej dla Księżyca i prawidłowy wynik z jednostką.

1 p. – zastosowanie wzoru  $v_{II} = \sqrt{2 \cdot g \cdot R}$  i brak lub błąd w obliczeniach.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Drugą prędkość kosmiczną wyrazimy przez  $R$  i  $g$  – promień planety i przyspieszenie grawitacyjne przy jej powierzchni:

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad \text{oraz} \quad g = \frac{GM}{R^2} \quad \rightarrow \quad v_{II} = \sqrt{2gR}$$

Obliczamy  $v_{IIK}$  na podstawie informacji o stosunkach promieni oraz przyspieszeń grawitacyjnych:

$$\frac{v_{IIK}}{v_{IIZ}} = \frac{\sqrt{2g_K R_K}}{\sqrt{2g_Z R_Z}} \quad \rightarrow \quad v_{IIK} = \sqrt{\frac{1}{6 \cdot 4}} \cdot v_{IIZ} = 2,29 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

**Zadanie 14. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (I.1.7.3).

### Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia okresu orbitalnego Marsa i prawidłowy wynik z jednostką.  
1 p. – zapisanie trzeciego prawa Keplera oraz poprawna identyfikacja danych i brak lub błąd w obliczeniach okresu orbitalnego Marsa.  
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy III prawo Keplera oraz identyfikujemy wielkości w nim występujące:

$$\frac{T_M^2}{A_M^3} = \frac{T_Z^2}{A_Z^3}, \quad A_Z = 1 \text{ AU}, \quad T_Z = 365,25 \text{ dni}, \quad A_M = 1,524 \text{ AU}$$

(Dopuszczamy  $T_Z = 365$  dni.) Z powyższych zapisów obliczamy  $T_M$ :

$$T_M = \sqrt{\left(\frac{1,524}{1}\right)^3 \cdot 365,25} = 687 \text{ dni}$$

Należy dopuścić wyniki od  $T_M = 686,50$  dnia do  $T_M = 687,50$  dnia.

### Zadanie 15.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie równania Clapeyrona i równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (I.1.4.1).

### Schemat punktowania

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia ciśnienia końcowego oraz prawidłowy wynik z jednostką.  
1 p. – zastosowanie równania Clapeyrona (lub prawa przemiany izochorycznej) oraz błąd w obliczeniach  
*lub*  
– zastosowanie równania Clapeyrona (lub prawa przemiany izochorycznej) oraz podstawienie do wzoru temperatury wyrażonej w stopniach Celsjusza.  
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy prawo przemiany izochorycznej wynikające z równania Clapeyrona:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Temperatury powietrza w piłce (przed i po rozgrzaniu) wyrazimy skali bezwzględnej:

$$T_1 = 294 \text{ K}, \quad T_2 = 315 \text{ K}$$

Obliczamy ciśnienie końcowe w piłce:

$$\frac{1 \text{ 200 hPa}}{294 \text{ K}} = \frac{p_2}{315 \text{ K}} \quad \rightarrow \quad p_2 = 1 \text{ 286 hPa}$$



**Zadanie 15.2. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie I zasady termodynamiki (I.1.4.4).

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa nazwa przemiany oraz prawidłowy wybór określeń dla dotyczących wielkości wymienionych w tabeli.

1 p. – prawidłowa nazwa przemiany  
*lub*

– prawidłowy wybór określeń dla dotyczących wielkości wymienionych w tabeli.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

Nazwa przemiany	Energia wewnętrzna	Ciepło	Praca
<i>izochoryczna</i>	<i>wzrosła</i>	<i>pobierane z otoczenia</i>	<i>nie jest wykonywana</i>

**Zadanie 16.1. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie okresu drgań wahadła matematycznego (I.1.3.3).

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia długości wahadła oraz prawidłowy wynik z jednostką.

1 p. – prawidłowa metoda obliczenia długości wahadła oraz błąd w obliczeniach lub wynik bez jednostki  
*lub*

– poprawne ustalenie okresu drgań  $T = 2$  s oraz brak lub dalej błędne zapisy  
*lub*

– poprawne przekształcenie wzoru na okres drgań wahadła matematycznego oraz brak albo błędne określenie okresu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zauważamy, że wykres zależności energii kinetycznej od czasu jest narysowany w przedziale czasu równym połowie okresu drgań wahadła (ponieważ  $E_{kin} = 0$  gdy ciężarek znajduje się w przeciwnych wychyleniach maksymalnych). Dlatego

$$T = 2 \cdot 1 \text{ s} = 2 \text{ s}$$

Następnie zastosujemy wzór na okres drgań wahadła matematycznego do obliczenia długości tego wahadła  $l$ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} \rightarrow l = \frac{2^2 \text{ s}^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4 \cdot 3,14^2} = 0,99 \text{ m} \approx 1,0 \text{ m}$$

### Zadanie 16.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej i energii potencjalnej sprężystości (I.1.6.1). Opisywanie ruchu drgającego (I.1.3.a.3).

### Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia chwil czasu oraz prawidłowe wyniki liczbowe z jednostką (jeżeli zdający zaznaczył na osi energii  $E_k = 0,003 \text{ J}$  i zaznaczył na osi czasu  $0,33 \text{ s}$  i  $0,67 \text{ s}$ , to otrzymuje 2 pkt).

1 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia chwil czasu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zanotujmy, że maksymalna energia kinetyczna oscylatora harmonicznego (tutaj wahadła matematycznego) jest równa jego całkowitej energii mechanicznej, a także jest równa maksymalnej energii potencjalnej tego oscylatora:

$$E_{kin \max} = E_{pot \max} = E = 0,004 \text{ J}$$

Energia potencjalna oscylatora harmonicznego jest proporcjonalna do kwadratu wychylenia z położenia równowagi, dlatego gdy wychylenie jest równe połowie amplitudy to energia potencjalna wynosi  $\frac{1}{4}$  energii całkowitej:

$$\frac{E_{pot \ x}}{E_{pot \ max}} = \left(\frac{x}{x_{max}}\right)^2 = \frac{1}{4} \rightarrow E_{pot \ x} = \frac{1}{4} E$$

W związku z powyższym, na energię kinetyczną w wychyleniu równym połowie amplitudy przypada  $\frac{3}{4}$  energii całkowitej (czyli  $0,003 \text{ J}$ ):

$$E_{kin} = E - E_{pot} \rightarrow E_{kin} = E - \frac{E}{4} = \frac{3}{4} E \rightarrow E_{kin} = 0,003 \text{ J}$$

Odczytujemy z wykresu chwile czasu  $t$ , w których energia kinetyczna jest równa  $0,003 \text{ J}$ :

$$t_1 = \frac{1}{3} \text{ s} \approx 0,33 \text{ s} \quad \text{oraz} \quad t_2 = \frac{2}{3} \text{ s} \approx 0,67 \text{ s}$$

**Zadanie 16.3. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów wykresu łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

**Schemat punktowania**

2 p. – uwzględnienie na rysunku, że energia kinetyczna jest mniejsza natomiast okres jest nie mniejszy niż wskazany.

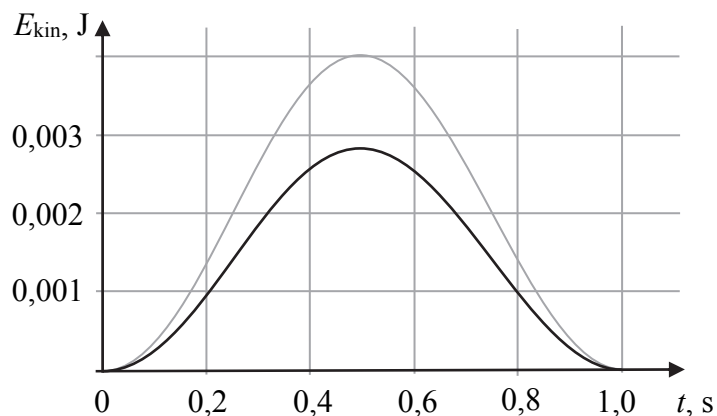
1 p. – uwzględnienie na rysunku, że energia kinetyczna jest mniejsza.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Wykres zamieszczony poniżej uwzględnia:

- założenie o tym, że okres drgania słabo tłumionego można uznać za taki sam;
- fakt, że w wyniku oporów całkowita energia mechaniczna maleje.

**Zadanie 17. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku łącząc posiadane i podane informacje (II.2).
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie wpływu pola magnetycznego na ruch ciał (I.1.2b.7).

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne narysowanie ustawienia igielki magnetycznej.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

**Zadanie 18. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania elektrostatycznego (I.1.2.1).

**Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowe zastosowanie prawa Coulomba do porównania wartości sił oddziaływania pomiędzy ładunkami  $q$ ,  $Q$  i  $q$ ,  $3Q$  oraz prawidłowa odpowiedź.  
 1 p. – prawidłowe zapisanie wzorów dla obu sił i błędy w przekształceniach lub brak porównania sił.  
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Korzystamy z prawa Coulomba do porównania wartości sił oddziaływania pomiędzy ładunkami  $q$  i  $Q$  oraz  $q$  i  $3Q$ . Odległość pomiędzy  $q$  i  $Q$  oznaczamy  $d$ .

$$F_{qQ} = \frac{kqQ}{d^2}, \quad F_{q3Q} = \frac{kq3Q}{(3d)^2} = \frac{kqQ}{3d^2} \quad \rightarrow \quad \frac{F_{qQ}}{F_{q3Q}} = 3$$

Stwierdzamy, że siła oddziaływania pomiędzy ładunkami  $q$  i  $Q$  jest trzy razy większa niż pomiędzy ładunkami  $q$  i  $3Q$ . To oznacza, że siły nie równoważą się, zatem że ładunek  $q$  nie może pozostawać w spoczynku.

**Zadanie 19. 1. (3 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Określanie przyczyn powstawania niepewności pomiarowych (I.1.8.5).

**Schemat punktowania**

- 3 p. – prawidłowy wybór linijek do obu pomiarów oraz oba prawidłowe uzasadnienia.  
 2 p. – prawidłowy wybór linijek do obu pomiarów oraz tylko jedno prawidłowe uzasadnienie.  
 1 p. – prawidłowy wybór linijek do obu pomiarów.  
 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowa odpowiedź**

Szacowanie niepewności pomiaru odległości  $d$  krótką linijką:

Pomiar odległości  $d$  równej około 90 cm linijką o długości 12 cm z podziałką 1 mm wymaga wykonania 8 pomiarów, każdy obarczony niepewnością 1 mm. W związku z tym niepewność tego pomiaru wynosi 8 mm.

Szacowanie niepewności pomiaru odległości  $d$  długą linijką:

Pomiar odległości  $d$  równej około 90 cm linijką o długości 100 cm z podziałką 0,5 cm wymaga wykonania 1 pomiaru, obarczonego niepewnością 0,5 cm. W związku z tym niepewność tego pomiaru wynosi 0,5 cm.

Uzasadnienie wyboru linijki do pomiaru  $d$ :

Niepewność w pomiarach krótszą linijką ale z dokładniejszą podziałką jest większa niż niepewność pomiaru długą linijką, ale z większą podziałką:  $0,8 \text{ cm} > 0,5 \text{ cm}$ . Dlatego do

pomiaru wybieramy linijkę dłuższą, ponieważ w całym pomiarze chcemy mieć mniejszą niepewność pomiarową.

Uzasadnienie wyboru krótszej linijki do pomiaru y:

Do pomiaru odległości y równej około 10 cm wystarczyłby jeden pomiar krótką lub długą linijką. W związku z tym niepewność w tym jednym pomiarze wynosi tyle, co podziałka na danej linijce i jest mniejsza dla krótkiej linijki:  $0,1 \text{ cm} < 0,5 \text{ cm}$ . Dlatego do pomiaru odległości y wybieramy krótszą linijkę (o mniejszej podziałce).

### Zadanie 19.2. (2pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie równania soczewki cienkiej (I.1.5.9).

### Schemat punktowania

2 p. – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru i prawidłowa postać końcowa wzoru.

1 p. – zapisanie wzoru soczewkowego oraz związku pomiędzy odpowiednimi odległościami.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zastosujemy wzory oraz związek pomiędzy odpowiednimi odległościami:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \text{oraz} \quad x + y = d$$

Przekształcamy wzór do oczekiwanej postaci:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{y+x}{xy} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{d}{(d-y)y} \quad \rightarrow \quad f = \frac{(d-y)y}{d}$$

### Zadanie 20.1. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Przetwarzanie informacji według podanych zasad: formułowanie opisu zjawiska (II.4.a).
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie zjawiska załamania światła (I.1.5.3).

### Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe oznaczenie wszystkich kątów oraz prawidłowe zapisanie trzech równań prawa załamania na każdej z trzech powierzchni oraz prawidłowa odpowiedź

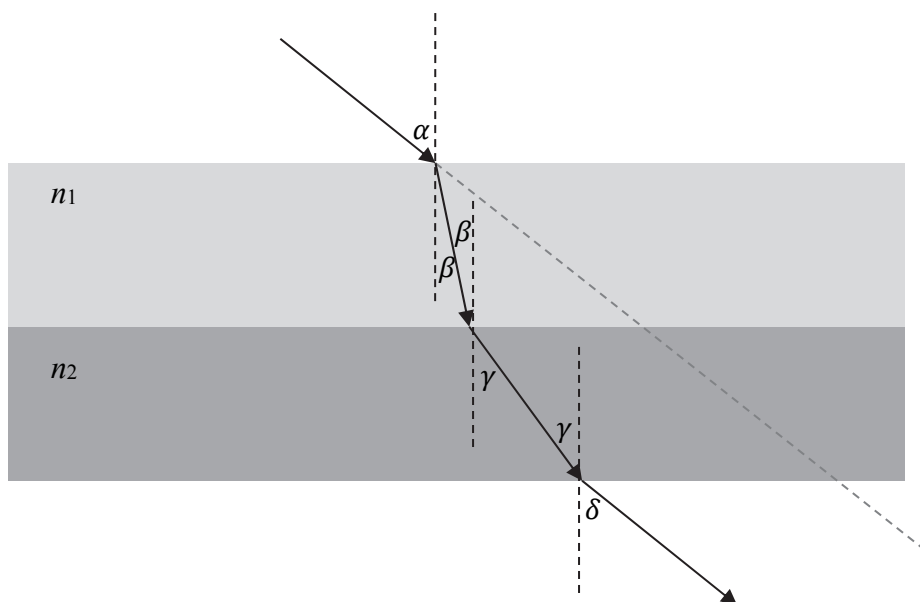
1 p. – oznaczenie kątów padania i załamania oraz zapisanie prawa załamania przynajmniej dla dwóch przejść promienia światła przez powierzchnię graniczną ośrodków  
*lub*

– poprawne stwierdzenie o równoległości promieni.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zaznaczamy kąty padania i załamania na trzech powierzchniach granicznych ośrodków:



Zapisujemy prawa załamania dla każdej z trzech powierzchni granicznych:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_1, \quad \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\sin \gamma}{\sin \delta} = \frac{1}{n_2}$$

Z powyższych równań wynika, że:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin \delta} = n_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{n_2} \rightarrow \frac{\sin \alpha}{\sin \delta} = 1 \rightarrow \alpha = \delta$$

Ponieważ  $\alpha = \delta$  oraz powierzchnie graniczne są równoległe, to promień padający i promień, który przeszedł przez obie warstwy są w kierunkach równoległych.

### Zadanie 20.2. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji podanych w formie tekstu i schematu (III.1).

### Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe uzupełnienie zdania.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

*Widoczna na rysunku w zadaniu 20.1 warstwa  $n_1$  wykonana jest ze szkła, ponieważ kąt pomiędzy promieniem a normalną do powierzchni granicznej – zgodnie z prawem załamania – jest mniejszy w tym ośrodku (tutaj  $n_1$ ), w którym współczynnik załamania jest większy (dla szkła).*

**Zadanie 21.1. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania pędu układu w zjawiskach odrzutu (I.1.2.5).

**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 21.2. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa rozpadu, z uwzględnieniem czasu połowicznego zaniku, do analizy przemian jądrowych (I.1.6.11).

**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 rozwiązanie**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:

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

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  $\frac{1}{4}$  jąder, czyli pozostanie  $\frac{3}{4}$  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 22.1. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Stosowanie podstawowych założeń modelu atomu wodoru wg Bohra (I.1.5.19).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

### **Schemat punktowania**

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

1 p. – poprawna metoda oraz błąd w obliczeniach, brak jednostki w wyniku końcowym albo brak obliczeń.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### **Przykładowe rozwiązanie**

Zapisujemy zasadę zachowania energii w układzie fotonu i elektronu:

$$E_{fot} = \Delta E_{el} \quad \rightarrow \quad E_{fot} = E_3 - E_2 \quad \rightarrow \quad E_{fot} = \frac{E_1}{3^2} - \frac{E_1}{2^2}$$

Obliczamy energię emitowanego fotonu:

$$E_{fot} = -13,6 \text{ eV} \cdot \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 1,89 \text{ eV} = 3,02 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

**Zadanie 22.2. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie długości fali emitowanej przez atom wodoru przy przeskokach elektronu pomiędzy orbitami (I.1.5.20).

**Schemat punktowania**

2 p. – poprawna metoda i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (od  $6,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  do  $6,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ).

1 p. – poprawna metoda i błąd w obliczeniach lub brak jednostki  
*lub*

– obliczenie energii fotonu albo wykorzystanie obliczeń z poprzedniego zadania, dalej brak obliczeń albo błąd w obliczeniach.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Ze wzoru Plancka na energię fotonu

$$E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

obliczamy długość fali emitowanego fotonu:

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} \rightarrow \lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,02 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 6,59 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 6,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$