

<i>Rodzaj dokumentu:</i>	<b>Zasady oceniania rozwiązań zadań</b>
<i>Egzamin:</i>	<b>Egzamin maturalny</b>
<i>Przedmiot:</i>	<b>Fizyka i astronomia</b>
<i>Poziom:</i>	<b>Poziom podstawowy</b>
<i>Forma arkusza:</i>	MFA-P1_1P-202
<i>Termin egzaminu:</i>	Termin główny – czerwiec 2020 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	3 sierpnia 2020 r.

## Zadania zamknięte

### Zadanie 1. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie ruchu względem różnych układów odniesienia (I.1.1.1). Obliczanie wartości prędkości względnej (I.1.1.4).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie rysunków (II.1.b).

### Zasady oceniania

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

D

### Zadanie 2. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2). Opisywanie ruchu jednostajnego po okręgu (I.1.1.6).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie rysunków (II.1.b).

### Zasady oceniania

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Poprawna odpowiedź

B

### Zadanie 3. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie kinematyczne swobodnego spadku i rzutu pionowego (I.1.1.5). Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej, potencjalnej ciężkości (1.1.6.2).

**Zasady oceniania**

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

C

**Zadanie 4. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie ruchu jednostajnego po okręgu (I.1.1.6). Zastosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (I.1.7.3). Analizowanie I i II prędkości kosmicznej (I.1.2.8).

**Zasady oceniania**

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 5. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie zjawiska załamania światła (I.1.5.3). Zastosowanie do obliczeń związku między długością, prędkością rozchodzenia się w danym ośrodku i częstotliwością fali świetlnej (I.1.5.2).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie rysunków (II.1.b).

**Zasady oceniania**

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

### Zadanie 6. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie ruchu ciał pod wpływem sił sprężystości (I.1.3.1). Obliczanie okresu drgań wahadła sprężynowego (I.1.3.3).

#### Zasady oceniania

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Poprawna odpowiedź

C

### Zadanie 7. (1 pkt)

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

#### Zasady oceniania

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – 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).

#### Zasady oceniania

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – 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).

**Zasady oceniania**

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 10. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisów reakcji jądrowych i przemian jądrowych (I.1.6.10). Wymienianie własności promieniowania jądrowego $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ (I.1.6.8).

**Zasady oceniania**

1 pkt – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

## Zadania otwarte

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

### Zadanie 11.1. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2).

#### Zasady oceniania

1 pkt – poprawne oba podkreślenia.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Rozwiązanie

Siła  $\vec{F}_2$  ma zwrot skierowany (zgodnie ze zwrotem / przeciwnie do zwrotu) prędkości ciała A, a jej wartość jest (większa od / równa / mniejsza od) wartości siły  $\vec{F}_1$ .

### Zadanie 11.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

#### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości siły oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – zapisanie związku pomiędzy zmianą pędu (lub zmianą prędkości), czasem w którym ta zmiana nastąpiła i siłą, łącznie z prawidłową identyfikacją czasu działania siły  $\vec{F}_2$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy drugą zasadę dynamiki jako związek pomiędzy zmianą pędu, czasem w którym ta zmiana nastąpiła i siłą:

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad \rightarrow \quad \frac{|\Delta p_x|}{\Delta t_2} = F_2$$

gdzie

$$|\Delta p_x| = \left| 0 - 40 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}} \right| = 40 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}} \quad \Delta t_2 = 7 \text{ s} - 3 \text{ s} = 4 \text{ s}$$

Zatem

$$F_2 = \frac{40 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}}}{4 \text{ s}} = 10 \text{ N}$$

### Zadanie 11.3. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresów (II.1.b).

### Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości prędkości ciała B oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – zapisanie wzoru na prędkość ciała B jako ilorazu drogi całkowitej przebytej przez ciało A i czasu oraz poprawna metoda obliczenia drogi całkowitej

*LUB*

– poprawna metoda obliczenia drogi całkowitej przebytej przez ciało A oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – zapisanie wzoru na prędkość ciała B jako ilorazu drogi całkowitej przebytej przez ciało A i czasu

*LUB*

– poprawna metoda obliczenia drogi całkowitej przebytej przez ciało A.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy wzór na prędkość ciała B:

$$v_B = \frac{s_B}{\Delta t} \quad \text{gdzie} \quad s_B = s_A \quad \Delta t = 7 \text{ s}$$

Obliczymy drogę, jaką przebyło ciało A. Skorzystamy z „metody pola” – droga jest równa polu pod wykresem zależności prędkości od czasu. Pęd jest iloczynem prędkości i masy ciała, więc drogę obliczymy tak, że pole pod wykresem zależności pędu od czasu podzielimy przez masę ciała A.

$$s_B = s_A = \frac{\text{Pole pod } p(t)}{m_A}$$

$$s_B = s_A = \frac{1}{2,5} \cdot \left( \frac{(20 + 40) \cdot 3}{2} + \frac{40 \cdot 4}{2} \right) \frac{1}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = 68 \text{ m}$$

Obliczymy wartość prędkości ciała B:

$$v_B = \frac{68 \text{ m}}{7 \text{ s}} \approx 9,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Zadanie 12.1. (2 pkt)

Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie czasu w ruchu jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
--------------------------	---

#### Zasady oceniania

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

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

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

LUB

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

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

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

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

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

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

### Zadanie 12.2. (2 pkt)

Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie drogi w ruchu jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
--------------------------	---

#### Zasady oceniania

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

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

LUB



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

LUB

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

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1.

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

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

Z ostatnich dwóch równań ułożymy proporcję:

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

Sposób 2.

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

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

Z powyższych równań wynika, że:

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

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

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

Zatem:

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

Sposób 3.

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

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

Zatem:

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

**Zadanie 12.3. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2). Analizowanie ruchów ciał z uwzględnieniem sił tarcia (I.1.2.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

**Zasady oceniania**

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

1 pkt – zapisanie drugiej zasady dynamiki z identyfikacją siły wypadkowej jako siły tarcia (np.

wystarczy zapis  $ma = T$ )

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1.

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

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

Z powyższych równań wynika, że:

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

Sposób 2.

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

$$\begin{aligned} \Delta E_k &= W_T \quad \rightarrow \\ 0 - \frac{1}{2}mv^2 &= -Ts \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = Ts \end{aligned}$$

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

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

Zatem:

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

**Zadanie 13.1. (3 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie sprawności silników cieplnych (I.1.4.6).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie tekstu o tematyce fizycznej (II.1.a). Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

**a) (2 pkt)****Zasady oceniania**

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

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

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

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

**b) (1 pkt)****Zasady oceniania**

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

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowa pełna odpowiedź**

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

### Uwaga dodatkowa

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

### Zadanie 13.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie I zasady termodynamiki (I.1.4.4).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

### Zasady oceniania

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

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

LUB

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

LUB

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

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

LUB

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

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

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

Podstawiamy odpowiednie dane:

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

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

Obliczymy sprawność silnika S<sub>2</sub>:

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

Skorzystamy ze wzoru na sprawność z ciepłami:

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

## Zadanie 13.3. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie sprawności silników cieplnych (I.1.4.6).

## Zasady oceniania

- 2 pkt – poprawna metoda obliczenia sprawności silnika S<sub>2</sub> oraz prawidłowy wynik liczbowy.  
 1 pkt – zapisanie wzoru z pracą na sprawność silnika S<sub>2</sub>, łącznie z wyrażeniem pracy całkowitej jako różnicy prac przy rozprężaniu i sprężaniu gazu.  
 0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

## Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy wzór z pracą na sprawność silnika cieplnego, zidentyfikujemy wielkości z danymi, następnie obliczymy sprawność:

$$\eta = \frac{W_{\text{calc}}}{Q_{\text{pob}}} \quad W_{\text{calc}} = |W_{\text{rozpr}}| - |W_{\text{spr}}|$$

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

$$\eta \approx 26\%$$

## Zadanie 14.1. (1 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie widma światła białego z uwzględnieniem zależności barwy światła od częstotliwości i długości fali świetlnej (I.1.5.1). Zastosowanie do obliczeń związku między długością, prędkością rozchodzenia się w danym ośrodku i częstotliwością fali świetlnej (I.1.5.2).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

### Zasady oceniania

1 pkt – poprawne oba podkreślenia.

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Rozwiązanie

Zależność między wartościami prędkości  $v_F$  oraz  $v_C$  określa relacja ( $v_F > v_C / v_F < v_C$ ), a zależność między częstotliwościami  $f_F$  oraz  $f_C$  określa relacja ( $f_F > f_C / f_F = f_C / f_F < f_C$ ).

### Zadanie 14.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie do obliczeń związku między długością, prędkością rozchodzenia się w danym ośrodku i częstotliwością fali świetlnej (I.1.5.2).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresów (II.1.b). Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

### Zasady oceniania

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

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

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

Podstawiamy dane odczytane z wykresu i treści zadania:

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

**Zadanie 14.3. (1 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Wyjaśnianie zjawiska rozszczepienia światła (I.1.5.5). Konstruowanie obrazu w soczewce skupiającej i rozpraszającej dla różnych położenia przedmiotu (I.1.5.6).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

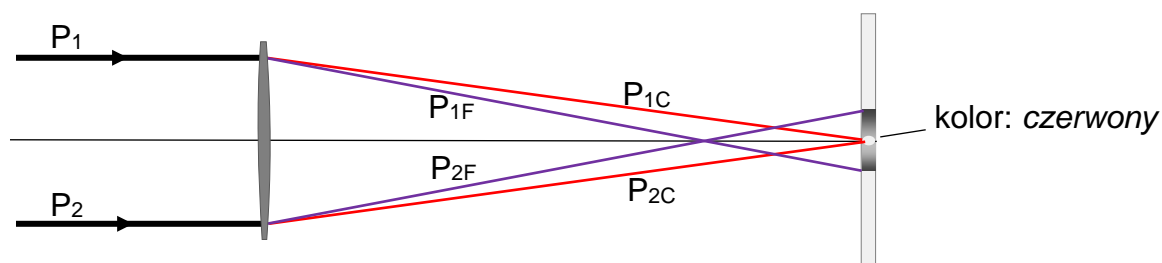
**Zasady oceniania**

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

*LUB*

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

0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie****Zadanie 14.4. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie ogniskowej soczewki znając promienie krzywizny i współczynnik załamania światła w materiale, z którego jest wykonana (I.1.5.7).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

**Zasady oceniania**

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

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

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

Do ostatniego równania podstawiamy dane odczytane z wykresu:

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

**Zadanie 15.1. (3 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie ruchu jednostajnego po okręgu (I.1.1.6). Analizowanie I i II prędkości kosmicznej (I.1.2.8).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie tekstu o tematyce fizycznej (II.1.a). Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda obliczenia masy pulsara (np. jak w krokach 1.–3.) oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.



2 pkt – doprowadzenie do jednego wyrażenia, z którego można bezpośrednio obliczyć masę pulsara jedynie na podstawie stałych oraz parametrów ruchu orbitalnego planety (np. zapisanie wyrażenia jak w kroku 2.).

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (np. jak w kroku 1. w sposobie 1.)

LUB

– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną, łącznie z zastosowaniem wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu (np. jak w kroku 1. w sposobie 2.).

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Uwaga dodatkowa

Jeżeli zdający zapisze od razu bez wyprowadzenia III prawo Keplera łącznie z poprawnie określoną stałą:  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$  i poprawnie zidentyfikuje wielkości w tym wzorze, to otrzymuje 2 pkt.

### Przykładowe rozwiązanie

#### Sposób 1.

Krok 1. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$$

Krok 2. Wyprowadzimy wyrażenie pozwalające na bezpośrednie obliczenie masy pulsara z parametrów ruchu orbitalnego planety. W tym celu do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu:  $v = \frac{2\pi r}{T}$ .

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

Do otrzymanego wyrażenia podstawiamy parametry ruchu orbitalnego planety:

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

Krok 3. Wykonujemy obliczenia, przy czym jednostkę au wyrazimy w m, a dobę w s.

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

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

#### Sposób 2.

Krok 1. Skorzystamy ze wzoru na prędkość w ruchu po orbicie kołowej oraz zastosujemy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

Krok 2. Z powyższych równań wyprowadzamy wzór pozwalający na obliczenie masy pulsara z parametrów ruchu orbitalnego planety:

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

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

### Zadanie 15.2. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (I.1.7.3).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie tekstu o tematyce fizycznej (II.1.a). Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

#### Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu, w jakim ciało A okrąży pulsar oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w dobach.

1 pkt – zastosowanie prawa Keplera łącznie z prawidłową identyfikacją wielkości fizycznych.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Zastosujemy prawo Keplera dla ciał okrążających pulsar:

$$\frac{T_A^2}{r_A^3} = \frac{T^2}{r^3} \quad \rightarrow$$

$$T_A = \sqrt{\left(\frac{r_A}{r}\right)^3} \cdot T$$

$$T_A = \sqrt{\left(\frac{1 \text{ au}}{0,19 \text{ au}}\right)^3} \cdot 25,3 \approx 305 \text{ dób}$$

**Zadanie 16. (2 pkt)**

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Podawanie podstawowych założeń modelu atomu wodoru wg Bohra (I.1.5.19). Obliczanie częstotliwości i długości fali emitowanej przez atom wodoru przy przeskokach elektronu pomiędzy orbitami (I.1.5.20).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

**Zasady oceniania**

2 pkt – zapisanie prawidłowych relacji pomiędzy wszystkimi częstotliwościami.

1 pkt – zapisanie prawidłowych relacji pomiędzy częstotliwościami:  $f_{32}$ ,  $f_{43}$ ,  $f_{41}$ .

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Rozwiązanie**

$$f_{74} < f_{43} < f_{32} < f_{41}$$

**Zadanie 17. (3 pkt)**

Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami jądrowego niedoboru masy i energii wiązania (I.1.6.6). Wskazywanie zależności $E = mc^2$ jako równoważności masy i energii (I.1.6.4).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii wiązania jądra helu  ${}^4_2\text{He}$  oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (podany w dżulach lub elektronowoltach).

2 pkt – poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra helu a deficytem masy jądra helu łącznie z prawidłową identyfikacją i podstawieniem wszystkich danych.

1 pkt – zidentyfikowanie energii potrzebnej do rozbicia jądra helu jako energii wiązania jądra helu  
*LUB*

– zapisanie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra helu.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Energia  $E$ , jaką należy dostarczyć do jądra helu, aby rozbić je na poszczególne nukleony, to energia wiązania jądra helu. Wykorzystamy związek pomiędzy energią wiązania, a deficytem masy jądra helu:

$$E = E_w = \Delta mc^2$$

Jądro helu  ${}^4_2\text{He}$  ma dwa protony i dwa neutrony, zatem:

$$E_w = (2m_p + 2m_n - m_{\text{He}})c^2$$

Podstawiamy odpowiednie wartości i wykonujemy obliczenia:

$$E_w = (2 \cdot 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 2 \cdot 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} - 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$E_w = 0,0503 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ J} = 0,4527 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$E_w \approx 4,53 \cdot 10^{-12} \text{ J} \approx 45,3 \cdot 10^{-13} \text{ J} \approx 28,3 \cdot 10^6 \text{ eV} \approx 28,3 \text{ MeV}$$

### Zadanie 18. (2 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisów reakcji jądrowych i przemian jądrowych (I.1.6.10). Wymienianie własności promieniowania jądrowego $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ (I.1.6.8).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów schematu, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

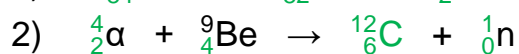
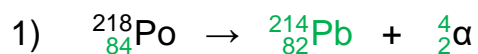
### Zasady oceniania

2 p. – poprawne uzupełnienie równań obu reakcji.

1 p. – poprawne uzupełnienie równania jednej reakcji.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Poprawne rozwiązanie



### Zadanie 19. (3 pkt)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa rozpadu, z uwzględnieniem czasu połowicznego zaniku, do analizy przemian jądrowych (I.1.6.11).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c).

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia czasu połowicznego zaniku oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia  $t/T$  (dla  $t = 11$  dni).

1 pkt – poprawne określenie stosunku liczby jąder pozostających w próbce po 11 dniach do początkowej liczby jąder

*LUB*

– zastosowanie prawa rozpadu.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Określmy ile z początkowej liczby jąder  $N_0$  zostało w próbce po czasie  $t = 11$  dni:

$$N(t) = N_0 - 0,875N_0 = 0,125N_0$$

Zastosujemy prawo rozpadu z uwzględnieniem czasu połowicznego zaniku  $T$ :

$$\frac{N(t)}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \rightarrow \quad 0,125 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Z powyższego równania wyznaczmy  $t/T$ , a następnie  $T$ :

$$0,125 = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \quad \rightarrow \quad \frac{t}{T} = 3 \quad \rightarrow \quad T = \frac{t}{3} = \frac{11 \text{ dni}}{3} \approx 3,7 \text{ doby}$$