

**UZUPEŁNIA ZDAJĄCY**

**KOD**

--	--	--

**PESEL**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*miejsce  
na naklejkę*

**EGZAMIN MATURALNY  
Z FIZYKI I ASTRONOMII**

**POZIOM PODSTAWOWY**

**18 MAJA 2020**

**Instrukcja dla zdającego**

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 16 stron (zadania 1–19). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Podczas egzaminu możesz korzystać z karty wybranych wzorów i stałych fizycznych, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

**Godzina rozpoczęcia:  
9:00**

**Czas pracy:  
120 minut**

**Liczba punktów  
do uzyskania: 50**



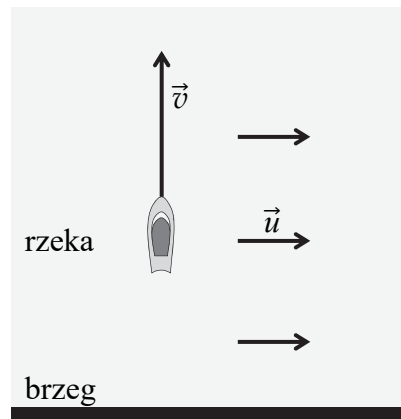
### Zadania zamknięte

W zadaniach od 1. do 10. wybierz jedną poprawną odpowiedź i zaznacz ją na karcie odpowiedzi.

#### Zadanie 1. (1 pkt)

Po rzece płynie motorówka. Brzegi fragmentu rzeki są do siebie równoległe. Prędkość nurtu wody względem brzegu ma wartość  $u = 5$  m/s. Motorówka w każdej chwili ruchu jest ustawiona osią symetrii prostopadłe do brzegu, a prędkość motorówki względem wody ma wartość  $v = 10$  m/s. Prędkość motorówki względem brzegu ma wartość około

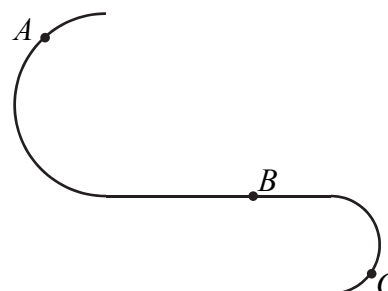
- A. 15 m/s
- B. 10 m/s
- C. 8,7 m/s
- D. 11,2 m/s



#### Zadanie 2. (1 pkt)

Ciało porusza się z prędkością o stałej wartości po torze ABC, przedstawionym na rysunku obok. Punkt B leży na odcinku prostym, a punkty A i C leżą na półkółkach. Wartości  $F_A$ ,  $F_B$  oraz  $F_C$  siły wypadkowej działającej na ciało odpowiednio w punktach A, B, C spełniają relacje:

- A.  $F_A > F_C$  oraz  $F_B = 0$
- B.  $F_A < F_C$  oraz  $F_B = 0$
- C.  $F_A = F_C = F_B = 0$
- D.  $F_A = F_C = F_B \neq 0$



#### Zadanie 3. (1 pkt)

Ciało o masie 5 kg rzucono pionowo do góry. Początkowa energia kinetyczna ciała wynosi 200 J. Przyjmij, że opory powietrza można pominąć. W opisanej sytuacji, gdy ciało znajdzie się na wysokości 1 m nad poziomem, z którego zostało wyrzucone, to jego energia kinetyczna wyniesie około

- A. 10 J
- B. 50 J
- C. 150 J
- D. 200 J

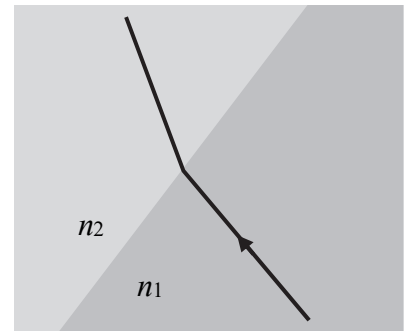
**Zadanie 4. (1 pkt)**

Planeta A i planeta B poruszają się po orbitach kołowych wokół wspólnego centrum grawitacyjnego. Wartość prędkości liniowej planety A jest dwa razy większa od wartości prędkości liniowej planety B. Wynika z tego, że

- A. promień orbity planety A jest cztery razy mniejszy od promienia orbity planety B.
- B. promień orbity planety A jest cztery razy większy od promienia orbity planety B.
- C. promień orbity planety A jest dwa razy mniejszy od promienia orbity planety B.
- D. promień orbity planety A jest dwa razy większy od promienia orbity planety B.

**Zadanie 5. (1 pkt)**

Na rysunku obok przedstawiono przejście promienia światła przez granicę ośrodków 1. i 2. Wartości  $n_1$  i  $n_2$  bezwzględnych współczynników załamania światła dla tych ośrodków oraz długości fal  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  światła w tych ośrodkach spełniają relacje



- A.  $n_1 > n_2$  oraz  $\lambda_1 > \lambda_2$
- B.  $n_1 > n_2$  oraz  $\lambda_1 < \lambda_2$
- C.  $n_1 < n_2$  oraz  $\lambda_1 > \lambda_2$
- D.  $n_1 < n_2$  oraz  $\lambda_1 < \lambda_2$

**Zadanie 6. (1 pkt)**

Cieżarek zaczepiony do sprężyny S1, której drugi koniec jest unieruchomiony, wykonuje drgania pod wpływem siły sprężystości. Okres tych drgań wynosi  $T$ . Ten sam ciężarek, ale zaczepiony do innej sprężyny S2, wykonuje drgania o okresie równym  $2T$ . Z tego wynika, że współczynnik sprężystości sprężyny S2 jest

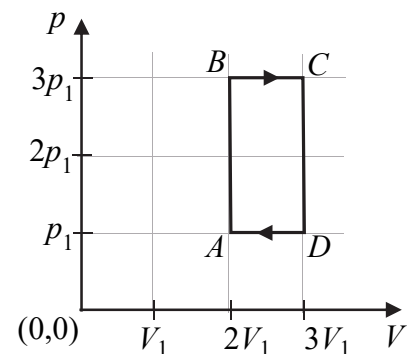
- A. dwukrotnie mniejszy od współczynnika sprężystości sprężyny S1.
- B. dwukrotnie większy od współczynnika sprężystości sprężyny S1.
- C. czterokrotnie mniejszy od współczynnika sprężystości sprężyny S1.
- D. czterokrotnie większy od współczynnika sprężystości sprężyny S1.

**Zadanie 7. (1 pkt)**

Na diagramie obok, w płaszczyźnie parametrów  $(V, p)$  – objętości i ciśnienia, przedstawiono wykres cyklu  $A-B-C-D$  przemian termodynamicznych ustalonej masy gazu doskonałego.

Stosunek temperatur  $T_C:T_A$  gazu w stanach C i A, wynosi

- A. 3:1
- B. 3:2
- C. 9:1
- D. 9:2



**Zadanie 8. (1 pkt)**

W wyniku emisji fotonu elektron w atomie wodoru przeszedł ze stanu energetycznego opisanego liczbą kwantową  $n = 6$  do stanu podstawowego. Jeżeli energię elektronu w stanie podstawowym oznaczmy jako  $E_1$ , to energia  $E_f$  emitowanego fotonu wyraża się wzorem:

- A.  $E_f = \frac{1}{6}|E_1|$       B.  $E_f = \frac{1}{36}|E_1|$       C.  $E_f = \frac{35}{36}|E_1|$       D.  $E_f = \frac{5}{6}|E_1|$

**Zadanie 9. (1 pkt)**

Metalową płytkę oświetlano wiązką światła monochromatycznego o częstotliwości, przy której zachodzi zjawisko fotoelektryczne. Liczbę elektronów wybitych z metalu w jednostce czasu oznaczmy jako  $N$ , a maksymalną energię, jaką może mieć elektron wybity z metalu – jako  $E_{el}$ . Przyjmij, że każdy foton z tej wiązki światła padającej na płytkę wybija jeden elektron. Jeżeli zwiększy się częstotliwość światła, ale moc wiązki światła pozostawi się bez zmian, to

- A.  $E_{el}$  wzrośnie,  $N$  pozostanie bez zmian.  
B.  $E_{el}$  wzrośnie,  $N$  zmaleje.  
C.  $N$  wzrośnie,  $E_{el}$  pozostanie bez zmian.  
D.  $N$  wzrośnie,  $E_{el}$  zmaleje.

**Zadanie 10. (1 pkt)**

Jądro pewnego izotopu X uległo dwóm przemianom promieniotwórczym typu  $\alpha$  oraz dwóm przemianom promieniotwórczym typu  $\beta^-$ . W wyniku ciągu tych czterech przemian powstało jądro izotopu polonu  ${}_{84}^{212}\text{Po}$ . Początkowym jądrem X było jądro

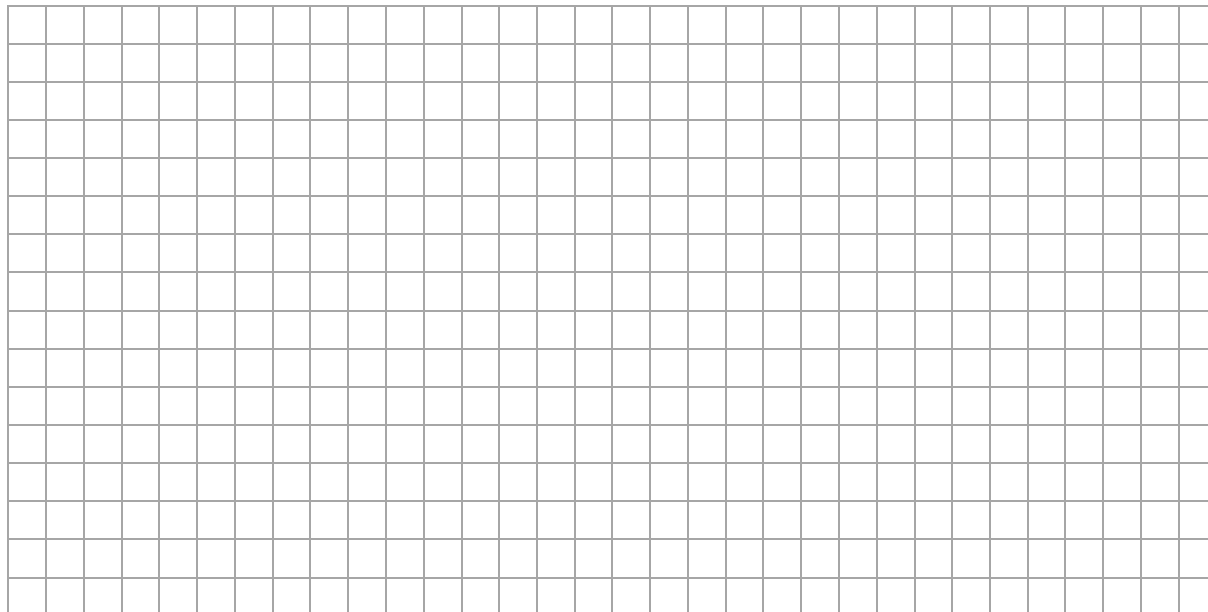
- A.  ${}_{86}^{218}\text{Rn}$       B.  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$       C.  ${}_{82}^{220}\text{Pb}$       D.  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$



**Zadanie 11.3. (3 pkt)**

Ciało B porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym wzdłuż osi  $x$ . W czasie od chwili  $t = 0$  do chwili  $t = 7$  s ciała A i B przebyły tę samą drogę.

**Oblicz wartość prędkości ciała B.**



**Zadanie 12.**

Hokeista uderzył kijem w nieruchomy krążek. Po uderzeniu krążek uzyskał poziomą prędkość początkową o wartości  $v_1 = 14$  m/s. Dalej krążek poruszał się po powierzchni lodu ruchem jednostajnie opóźnionym prostoliniowym. Od momentu uzyskania prędkości  $\vec{v}_1$  po uderzeniu aż do chwili zatrzymania się krążek przebył drogę  $s_1 = 28$  m.

W zadaniach 12.1.–12.3. przyjmij, że siła tarcia kinetycznego, działająca na krążek poruszający się po lodzie, ma stałą wartość, proporcjonalną do wartości ciężaru krążka. Pomiń inne siły działające na krążek w kierunku poziomym.

**Zadanie 12.1. (2 pkt)**

**Oblicz czas ruchu krążka od momentu uzyskania prędkości  $\vec{v}_1$  aż do zatrzymania się.**



**Zadanie 12.2. (2 pkt)**

Hokeista ponownie uderzył kijem w ten sam nieruchomy krążek. Po tym uderzeniu krążek uzyskał poziomą prędkość początkową o wartości  $v_2$  dwukrotnie mniejszej od  $v_1$ .

**Oblicz drogę, jaką przebył krążek od momentu uzyskania prędkości  $\vec{v}_2$  aż do chwili zatrzymania się.**

**Zadanie 12.3. (2 pkt)**

Zgodnie z założeniami dla modelu zjawiska, opisanymi w treści zadania 12., można wykazać, że wartość  $a$  przyspieszenia w ruchu jednostajnie opóźnionym krążka nie będzie zależała od jego masy  $m$ , a jedynie będzie zależna od wartości przyspieszenia ziemskiego  $g$  i od współczynnika tarcia kinetycznego  $\mu$ .

**Wykaż, że wartość  $a$  przyspieszenia krążka nie zależy od jego masy  $m$ . W tym celu wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć  $a$  tylko za pomocą  $\mu$  i  $g$ .**

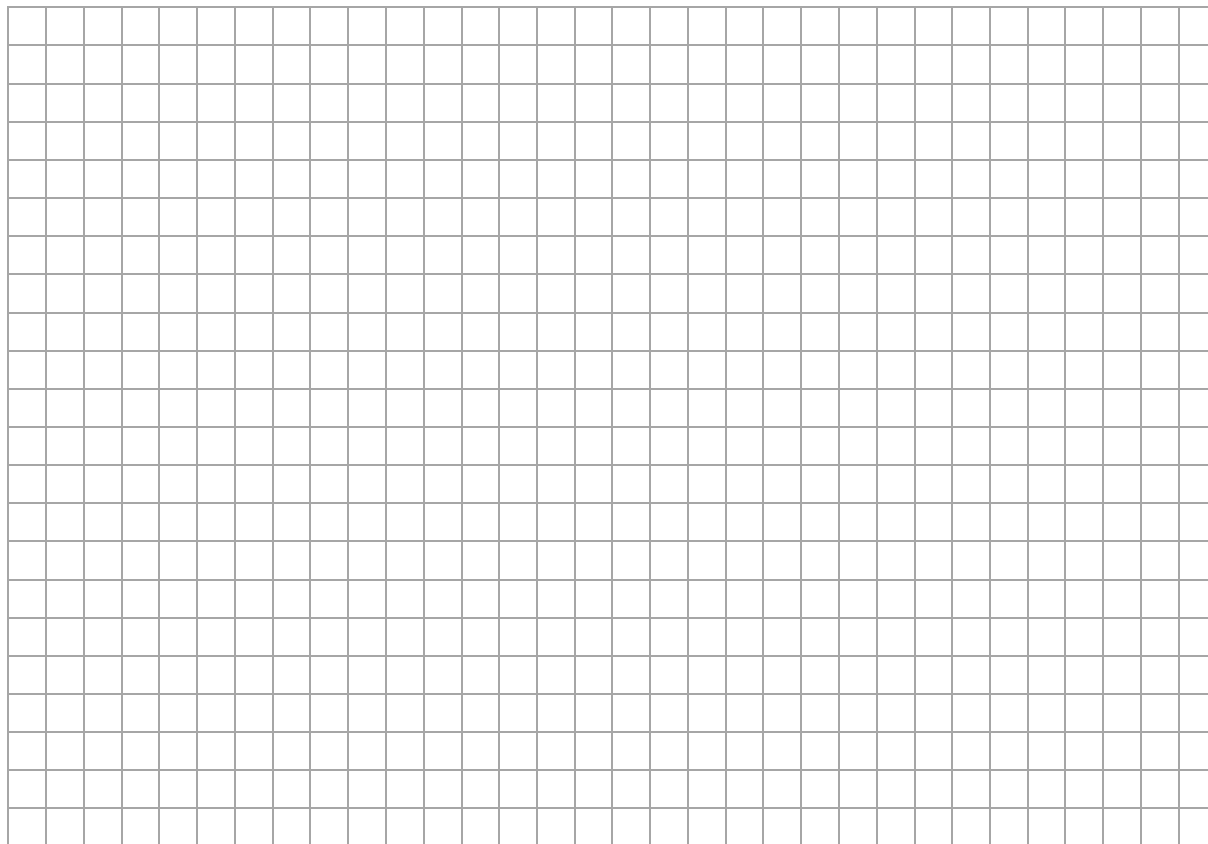
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	11.3.	12.1.	12.2.	12.3.
	Maks. liczba pkt	3	2	2	2
Uzyskana liczba pkt					





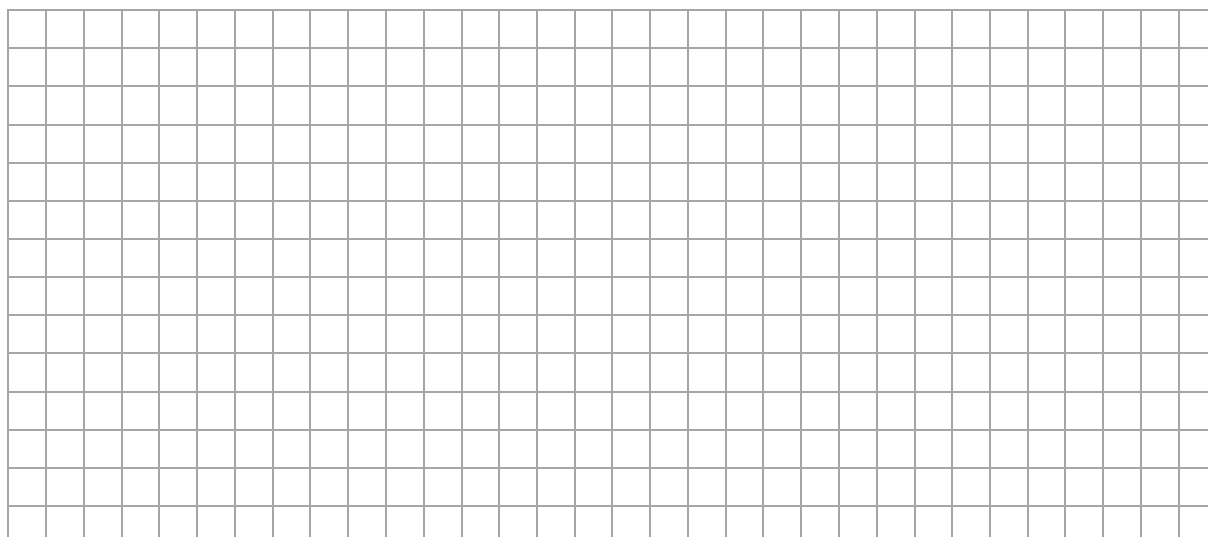
**Zadanie 13.2. (2 pkt)**

Oblicz ciepło oddane do chłodnicy w jednym cyklu pracy silnika  $S_2$ .



**Zadanie 13.3. (2 pkt)**

Oblicz sprawność silnika  $S_2$ .



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	13.1.	13.2.	13.3.
	Maks. liczba pkt	3	2	2
	Uzyskana liczba pkt			





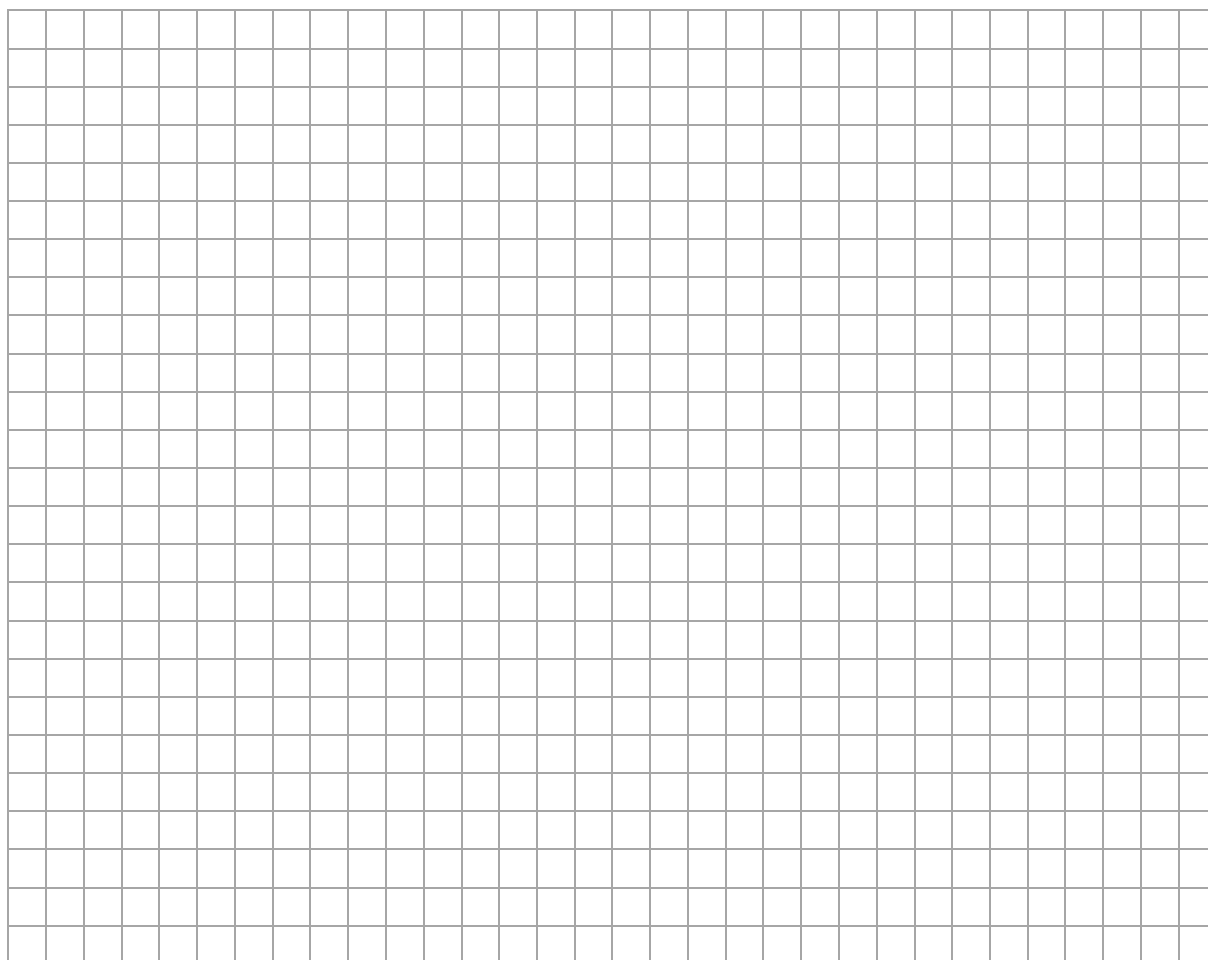
**Zadanie 15.**

Obiekt PSR 1257+12 jest gwiazdą neutronową o średnicy kilkunastu kilometrów. Ta gwiazda jest pulsarem milisekundowym, który obraca się wokół osi własnej 160 razy na sekundę. Wokół niego krążą pierwsze odkryte (przez polskiego astronoma Aleksandra Wolszczana) planety poza Układem Słonecznym. Układ składa się z pulsara jako gwiazdy centralnej i trzech planet krążących wokół tego pulsara. Jedną z nich jest planeta o nazwie Draugr, która okrąża pulsar po orbicie kołowej o promieniu  $r = 0,19$  au, w czasie  $T = 25,3$  doby (ziemskiej).

Masa pulsara jest znacznie większa od masy każdej z okrążających go planet. Pomiń wzajemne oddziaływanie planet. Przyjmij, że  $1 \text{ au} = 150 \text{ mln km}$  (au – jednostka astronomiczna).

**Zadanie 15.1. (3 pkt)**

**Oblicz masę pulsara na podstawie informacji dotyczącej ruchu orbitalnego planety Draugr, podanej w treści zadania 15.**



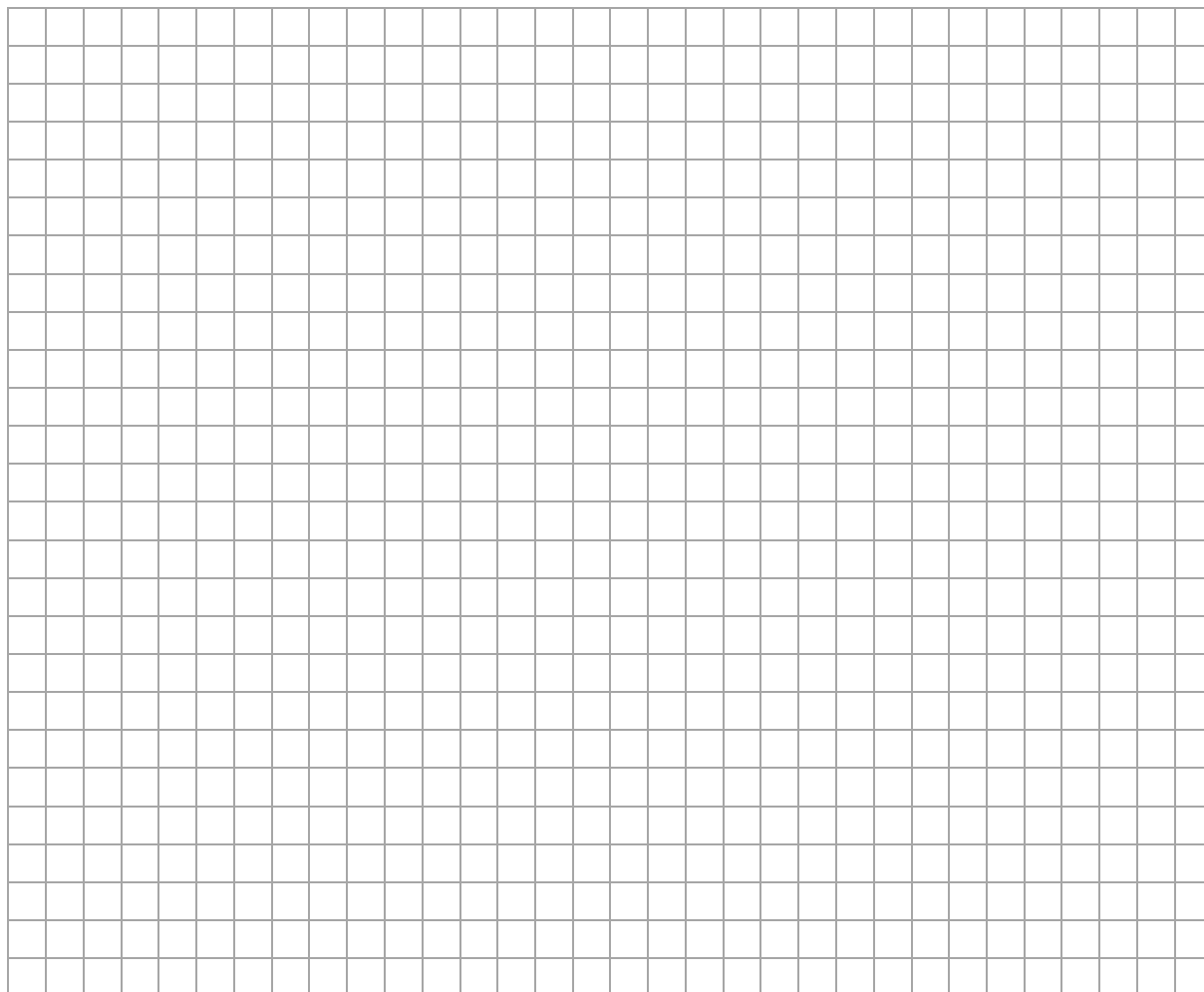




**Zadanie 19. (3 pkt)**

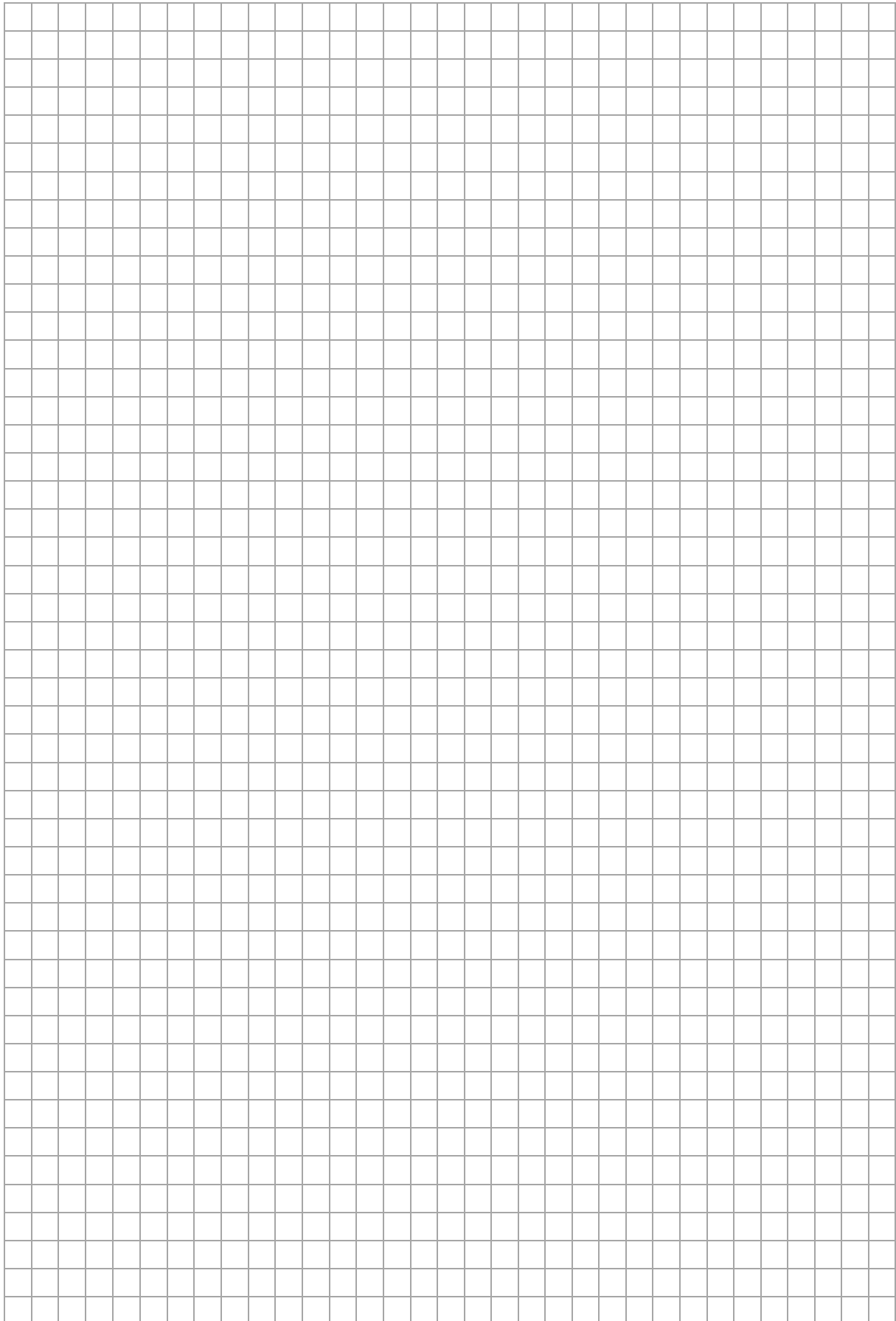
Jądro izotopu radu  $^{224}\text{Ra}$  ulega rozpadowi alfa. Naukowcy podczas badania aktywności próbki zawierającej rad  $^{224}\text{Ra}$  stwierdzili, że po 11 dobach rozpada się 87,5% początkowej liczby jąder tego radu w próbce.

**Wyznacz czas połowicznego rozpadu alfa izotopu radu  $^{224}\text{Ra}$ .**



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	17.	18.	19.
	Maks. liczba pkt	3	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

**BRUDNOPIS (*nie podlega ocenie*)**













<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

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

LUB

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

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

LUB

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

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

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

$$\text{(np. zapisanie związków: } v_1^2 = 2as_1 \text{ i } v_2^2 = 2as_2)$$

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:

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

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 położań przedmiotu (I.1.5.6).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

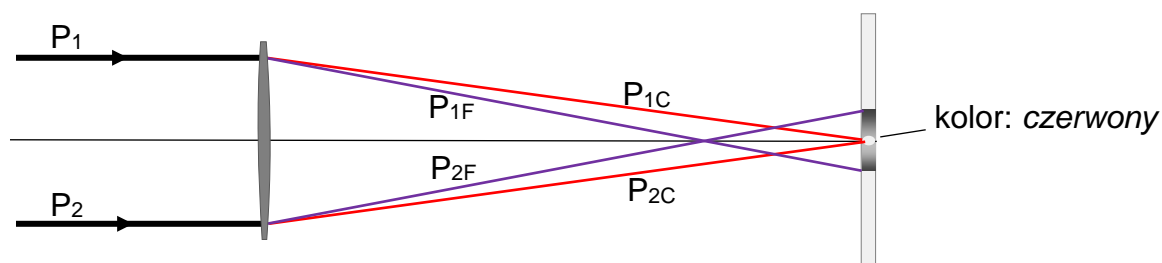
**Zasady oceniania**

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).

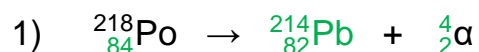
### Zasady oceniania

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**

Określimy 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  $T$ :

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