Zadanie 4.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.6) (P) […] wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową […]; 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.6) wyjaśnia pojęcie pierwszej […] prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia we wszystkich zdaniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech lub dwóch zdaniach.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

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

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawna odpowiedź.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 4.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 4.1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi; 4.7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawna metoda obliczenia okresu obiegu satelity S1 (np. jak w krokach 1.–3.) oraz podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką (wynik prawidłowy to taki, który można zaokrąglić do $5{,}5 \cdot 10^3$ s lub $5{,}6 \cdot 10^3$ s).
2 pkt – doprowadzenie do (lub zapisanie) jednego poprawnego wyrażenia (do którego zdający bezpośrednio podstawia wartości liczbowe albo na którym kończy rozwiązanie), z którego można bezpośrednio obliczyć okres obiegu satelity S1 jedynie na podstawie odpowiednich stałych, masy Ziemi oraz promienia orbity (np. zapisanie wyrażenia jak w kroku 2.).
1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę grawitacji jako siłę dośrodkową (lub przyśpieszenie dośrodkowe jako przyśpieszenie grawitacyjne / natężenie pola grawitacyjnego) oraz uwzględnienie wzorów na te siły (lub przyśpieszenia / natężenia pola) (np. jak w kroku 1. w sposobie 1.)
LUB
– skorzystanie ze wzoru na prędkość orbitalną (dla promienia orbity satelity S1), łącznie z zastosowaniem wzoru na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu (np. jak w kroku 1. w sposobie 2.) dla tej orbity.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga dodatkowa
Jeżeli zdający zapisze od razu bez wyprowadzenia III prawo Keplera łącznie z poprawnie określoną stałą: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$, 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 okresu obiegu satelity S1 dookoła Ziemi. W tym celu do powyższego równania podstawimy wzór na prędkość w ruchu jednostajnym po okręgu: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

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

Do otrzymanego wyrażenia podstawiamy odpowiednie dane:

$$T = 2 \cdot 3{,}142\sqrt{\frac{(6{,}77 \cdot 10^6\ \mathrm{m})^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}}$$

Krok 3. Wykonujemy obliczenia:

$$T = 6{,}284\sqrt{7{,}7923 \cdot 10^5}\ \mathrm{s} = 6{,}284\sqrt{77{,}923 \cdot 10^4}\ \mathrm{s}$$

$$T \approx 5{,}55 \cdot 10^3\ \mathrm{s}$$

Sposób 2.

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

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

Krok 2. Z powyższych równań wyprowadzamy wzór pozwalający na obliczenie okresu obiegu satelity S1 dookoła Ziemi:

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

Krok 3. Wykonujemy obliczenia jak w kroku 3. w sposobie 1. albo jak poniżej (iloczyn GM można zastąpić iloczynem gR_Z^2):

$$g = \frac{GM}{R_Z^2} \qquad gR_Z^2 = GM \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{gR_Z^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}} \cdot \frac{r}{R_z} \approx 5{,}55 \cdot 10^3\ \mathrm{s}$$