Zadanie 4.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi; III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; […].

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

A

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi; III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; […].

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
D

Zadanie 4.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. III.3) […] posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką; III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; […]; III. 6) posługuje się pojęciem momentu pędu […] bryły; […]; III.7) stosuje zasadę zachowania momentu pędu.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
FF

Zadanie 4.4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. III.4) […] posługuje się pojęciami […] momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na moment bezwładności bryły B **oraz** doprowadzenie do zadanej postaci wzoru.

1 pkt – zapisanie momentu bezwładności bryły $\mathcal{B}$ jako sumy momentów bezwładności jej części **oraz** wykorzystanie wzorów na momenty bezwładności prętów i obręczy, np. zapisy równoważne poniższym:

$$I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{1}{12} m_{pręt} l_{pręt}^2 + \frac{1}{12} m_{pręt} l_{pręt}^2 + MR^2$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Moment bezwładności bryły $\mathcal{B}$ jest sumą momentów bezwładności jej części, zatem:

$$I_{0\,\mathcal{B}} = I_{0\,pręt1} + I_{0\,pręt2} + I_{obręcz}$$

Wykorzystamy wzory na momenty bezwładności prętów i obręczy:

$$I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{1}{12} m_{pręt} l_{pręt}^2 + \frac{1}{12} m_{pręt} l_{pręt}^2 + MR^2$$

Podstawimy dane:

$$I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{1}{12}\left(\frac{M}{2}\right)(2R)^2 + \frac{1}{12}\left(\frac{M}{2}\right)(2R)^2 + MR^2$$

$$I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{2}{12}\left(\frac{M}{2}\right)(2R)^2 + MR^2 = \frac{1}{6}\left(\frac{M}{2}\right)4R^2 + MR^2$$

$$I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{1}{3} MR^2 + MR^2 = \frac{4}{3} MR^2$$

Zadanie 4.5. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. II.20) […] wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń. III.5) […] oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości maksymalnej, na którą wtoczy się bryła, **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $\Delta h_{max} \approx 0{,}17\ \mathrm{m}$

2 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii mechanicznej, w którym wykorzystano wzory na energię kinetyczną ruchu postępowego bryły $\mathcal{B}$, energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły $\mathcal{B}$ i wzór na energię potencjalną bryły $\mathcal{B}$ **oraz** poprawne uwzględnienie związku między prędkością kątową a prędkością ruchu postępowego i promieniem, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{1}{2}m_{\mathcal{B}}v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{1}{2}I_{0\,\mathcal{B}}\,\omega_{\mathcal{B}}^2 = m_{\mathcal{B}}g\Delta h_{max} \qquad \text{oraz} \qquad v_{\mathcal{B}} = \omega_{\mathcal{B}}R$$

1 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii, w którym uwzględniono (wystarczy poprzez oznaczenia) energię kinetyczną ruchu postępowego bryły $\mathcal{B}$, energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły $\mathcal{B}$ i energię potencjalną bryły $\mathcal{B}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kin\ post\,\mathcal{B}} + E_{kin\ obr\,\mathcal{B}} = E_{pot\,\mathcal{B}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zasadę zachowania energii mechanicznej. Energia mechaniczna (kinetyczna całkowita) bryły $\mathcal{B}$ toczącej się po poziomym odcinku jest równa energii mechanicznej (potencjalnej) bryły $\mathcal{B}$ znajdującej się na maksymalnej wysokości:

$$E_{kin\ post\,\mathcal{B}} + E_{kin\ obr\,\mathcal{B}} = E_{pot\,\mathcal{B}}$$

$$\frac{1}{2}m_{\mathcal{B}}v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{1}{2}I_{0\,\mathcal{B}}\,\omega_{\mathcal{B}}^2 = m_{\mathcal{B}}g\Delta h_{max}$$

Uwzględnimy związek $v_{\mathcal{B}} = \omega_{\mathcal{B}}R$ między prędkością kątową a prędkością ruchu postępowego i promieniem bryły $\mathcal{B}$:

$$\frac{1}{2}m_{\mathcal{B}}v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{1}{2}I_{0\,\mathcal{B}}\left(\frac{v_B}{R}\right)^2 = m_{\mathcal{B}}g\Delta h_{max}$$

Uwzględnimy masy części, z których składa się bryła:

$$\frac{1}{2}(m_{pręt} + m_{pręt} + m_{obręcz})v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{1}{2}I_{0\,\mathcal{B}}\left(\frac{v_B}{R}\right)^2 = (m_{pręt} + m_{pręt} + m_{obręcz})g\Delta h_{max}$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{M}{2} + \frac{M}{2} + M\right)v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{4}{3}MR^2\right)\left(\frac{v_B}{R}\right)^2 = \left(\frac{M}{2} + \frac{M}{2} + M\right)g\Delta h_{max}$$

$$\frac{1}{2}(2M)v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{2}{3}Mv_{\mathcal{B}}^2 = 2Mg\Delta h_{max}$$

$$Mv_{\mathcal{B}}^2 + \frac{2}{3}Mv_{\mathcal{B}}^2 = 2Mg\Delta h_{max} \qquad \rightarrow \qquad v_{\mathcal{B}}^2 + \frac{2}{3}v_{\mathcal{B}}^2 = 2g\Delta h_{max}$$

$$\frac{5}{3}v_B^2 = 2g\Delta h_{max} \qquad \rightarrow \qquad \Delta h_{max} = \frac{5}{6}\frac{v_B^2}{g}$$

$$\Delta h_{max} = \frac{5}{6}\cdot\frac{(1{,}4)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{9{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 0{,}1(6)\ \mathrm{m} \approx 0{,}17\ \mathrm{m}$$