Zadanie 3.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.1) […] wykonuje działania na wektorach.

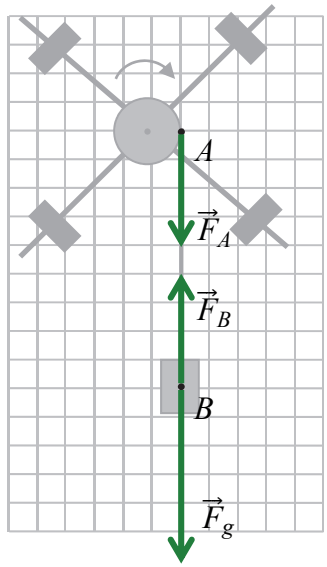
Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz prawidłowe wpisanie relacji **1)** i **2)**.

1 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **1)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **2)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz brak zapisu obu relacji (nie dotyczy błędnie wpisanych relacji).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie
(Rysunek obok).



1) $F_B < F_g$

2) $F_B = F_A$

Zadanie 3.2. (0–5)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).

a) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe obliczenie przyspieszenia i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru wiążącego przyspieszenie z drogą/wysokością i czasem w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej
lub
– zapisanie wyrażenia z bezpośrednio podstawionymi do wzoru na przyspieszenie wartościami liczbowymi drogi i czasu (bez zapisu wzoru na symbolach).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapiszemy wzór i wykonamy obliczenia:

$$a = \frac{2h}{t^2} \qquad a = \frac{2 \cdot 0{,}960\ \text{m}}{1{,}6^2\ \text{s}^2} = 0{,}750\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru wysokości do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar t jest dokładny, a pomiar h wykonano z niepewnością $\Delta h = 5$ mm. W związku z tym h traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_h = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2(h+\Delta h)}{t^2} - \frac{2(h-\Delta h)}{t^2} \right| = \frac{2\Delta h}{t^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{1{,}6^2\ \mathrm{s}^2} \approx 3{,}91 \cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 0{,}004\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru czasu do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar h jest dokładny, a pomiar t wykonano z niepewnością $\Delta t = 0{,}1$ s. W związku z tym t traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_t = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2h}{(t+\Delta t)^2} - \frac{2h}{(t-\Delta t)^2} \right| = \left| \frac{0{,}960\ \mathrm{m}}{1{,}7^2\ \mathrm{s}^2} - \frac{0{,}960\ \mathrm{m}}{1{,}5^2\ \mathrm{s}^2} \right| \approx 9{,}45 \cdot 10^{-2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 0{,}1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

d) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź i prawidłowe uzasadnienie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Odpowiedź.
Na niepewność wyznaczenia przyspieszenia w większym stopniu wpływa niepewność pomiaru czasu.
Uzasadnienie odpowiedzi
Sposób 1.
Wkład niepewności pomiaru czasu jest ok. 25 razy większy od wkładu niepewności wysokości:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25$$

Sposób 2.
Ponieważ $\Delta a_t > \Delta a_h$.

Sposób 3. (przybliżony dla tej zależności)
Niepewności względne pomiaru czasu i wysokości wynoszą:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0{,}1\ \mathrm{s}}{1{,}6\ \mathrm{s}} \approx 0{,}06 \qquad \frac{\Delta h}{h} = \frac{5\ \mathrm{mm}}{960\ \mathrm{mm}} \approx 0{,}005$$

Ponieważ wysokość jest mierzona dokładniej – co widać z porównania niepewności względnych – to na niepewność przyspieszenia bardziej wpływa niepewność pomiaru czasu.

Sposób 4. (z użyciem metod wykraczających poza podstawę programową)
Skorzystamy ze wzoru przybliżonego na niepewność: $\Delta y \approx |f'(x)|\Delta x$. Wtedy:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{2\Delta t}{\Delta h} \cdot \frac{h}{t} = 24$$

Wkład niepewności pomiaru czasu jest większy od wkładu niepewności wysokości.

Zadanie 3.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 3)–5) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
1 p. – zapisanie równań drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka (*krok 1.*).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1. (z równań dynamiki)

Krok 1. Zapisujemy równania dynamiki ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka:

1) $ma = F_g - F_B$ – II zasada dynamiki dla ruchu postępowego ciężarka;
2) $I\epsilon = rF_A -$ II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego walca z prętami.

Krok 2. Wykorzystujemy związki niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

3) $F_A = F_B = F$ – III zasada dynamiki (oddziaływanie ciężarka z walcem);
4) $a = \epsilon r -$ związek między przyspieszeniem liniowym i kątowym (brak poślizgu);
5) $F_g = mg$ – wzór na siłę grawitacji.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniach dynamiki, np.:

$$ma = mg - F$$
$$I\frac{a}{r} = rF$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$\begin{cases} ma = F_g - F \\ I\dfrac{a}{r} = rF \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg - F \\ F = \dfrac{Ia}{r^2} \end{cases} \rightarrow ma = mg - \frac{Ia}{r^2} \rightarrow$$

$$I = \frac{r^2}{a}m(g-a) = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)
3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 1)–2) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
1 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego (*krok 1.*).
Uwaga: dopuszcza się w zapisie pominięcie MgH – energii potencjalnej walca z prętami.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z zasady zachowania energii)

Krok 1. Zapisujemy zasadę zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego. Masę walca z prętami oznaczymy *M*, wysokość środka masy walca nad wybranym poziomem oznaczymy *H*, a wysokość ciężarka nad wybranym poziomem oznaczymy *h*:

$$E_{pocz\,kin\,c} + E_{pocz\,kin\,w} + E_{pocz\,pot\,c} + E_{pocz\,pot\,w} = E_{kon\,kin\,c} + E_{kon\,kin\,w} + E_{kon\,pot\,c} + E_{kon\,pot\,w}$$

$$0 + 0 + mgh + MgH = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + 0 + MgH$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

Krok 2. Wykorzystujemy związki, niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:
1) $v = \omega r$ – związek między prędkością liniową i kątową (brak poślizgu);
2) $v^2 = 2ah$ – wzór wynikający z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego
albo
$v = at$ oraz $h = \frac{1}{2}at^2$ – kinematyka ruchu jednostajnie przyspieszonego.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniu zasady zachowania energii, np.:

$$mg\frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\frac{v^2}{r^2}$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$mg \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I \cdot \frac{v^2}{r^2} \quad \rightarrow \quad m\frac{g}{a} = m + \frac{I}{r^2} \quad \rightarrow \quad I = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Zadanie 3.4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe podkreślenia w dwóch zdaniach.
1 p. – prawidłowe podkreślenie w jednym zdaniu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
Gdy w kolejnym doświadczeniu obciążniki zamocowano bliżej osi obrotu walca, to

1. moment bezwładności układu czterech obciążników (*wzrósł / zmalał / nie uległ zmianie*).
2. siła napięcia nitki (*wzrosła / zmalała / nie uległa zmianie*).