## Zadanie 1.1. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2024[1] | |
|---|---|
| **Wymagania ogólne** | **Wymagania szczegółowe** |
| IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.<br><br>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. | Zdający:<br>I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […].<br>II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: […] prędkości liniowej […] prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;<br>II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. |

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech zdaniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

**Pełne rozwiązanie**

PPF

## Zadanie 1.2. (0–4)

| Wymagania egzaminacyjne 2024 | |
|---|---|
| **Wymagania ogólne** | **Wymagania szczegółowe** |
| II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.<br><br>V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. | Zdający:<br>II.4) opisuje ruchy prostoliniowe […] jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami […] wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu;<br>II.9) stosuje do obliczeń związki między […] prędkością kątową, prędkością liniową […];<br>II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;<br>II.17) opisuje opory ruchu […]. |

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 10 czerwca 2022 r. w sprawie wymagań egzaminacyjnych dla egzaminu maturalnego przeprowadzanego w roku szkolnym 2022/2023 i 2023/2024 (Dz.U. z 2022 r. poz. 1246).

**Zasady oceniania**[2]

(dla rozwiązania sposobem 1.)

4 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku dróg **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego.

3 pkt – spełnienie warunku opisanego w pierwszym lub drugim kryterium za 2 pkt **oraz** zapisanie stosunku dróg jako odpowiedniego stosunku prędkości, **oraz** powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i^2 = 2as_i$ oraz $s_1 : s_2 : s_3 = v_1^2 : v_2^2 : v_3^2$ oraz $v_i = \omega r_i$

2 pkt – zapisanie kinematycznego równania ruchu jednostajnie opóźnionego z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową i-tej monety, drogę jaką przebyła i przyśpieszenie **oraz** zapisanie II zasady dynamiki z uwzględnieniem wzoru na siłę tarcia (albo zapisanie od razu wartości przyśpieszenia), np. zapisy równoważne poniższym:

$(v_i^2 = 2a_i s_i$ oraz $m_i a_i = \mu\, m_i g)$ albo $(v_i^2 = 2a_i s_i$ oraz $a_i = \mu g)$

*LUB*

– zapisanie kinematycznego równania ruchu jednostajnie opóźnionego z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową i-tej monety, drogę jaką przebyła i przyśpieszenie **oraz** zapisanie/wyrażenie faktu (słownie lub symbolem), że przyśpieszenie każdej z monet jest takie samo, np. zapisy równoważne poniższym:

$(v_i^2 = 2a_i s_i$ oraz $a_i = a\,)$

*LUB*

– powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu **oraz** wyrażenie stosunku prędkości poprzez stosunek tych odległości, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i = \omega r_i$ oraz $v_1 : v_2 : v_3 = 1 : 2 : 3$

1 pkt – powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i = \omega r_i$

*LUB*

– zapisanie kinematycznego równania ruchu jednostajnie opóźnionego z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową i-tej monety, drogę jaką przebyła i przyśpieszenie, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i^2 = 2a_i s_i$

*Uwaga! w tym kryterium nie wymaga się stwierdzenia/zapisów, że przyśpieszenie każdej z monet jest takie samo.*

*LUB*

– zapisanie II zasady dynamiki z uwzględnieniem wzoru na siłę tarcia albo zapisanie od razu wartości przyśpieszenia

$m_i a_i = \mu\, m_i g$ albo $a_i = \mu g$

---

[2] Pod opisem warunków za przyznanie punktów, w niektórych przypadkach podano przykładowe zapisy (lub przykładowe zapisy równoważne), które spełniają te warunki w minimalnym stopniu.

*LUB*

– zapisanie słownie, że przyśpieszenie każdej z monet ma tę samą wartość (nie jest wymagane uzasadnienie).

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

**Zasady oceniania**

(dla rozwiązania sposobem 2.)

4 pkt – poprawna metoda obliczenia stosunku dróg **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego.

3 pkt – spełnienie warunku opisanego w pierwszym lub drugim kryterium za 2 pkt **oraz** zapisanie stosunku dróg jako odpowiedniego stosunku prędkości, **oraz** powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i^2 = 2as_i$ oraz $s_1 : s_2 : s_3 = v_1^2 : v_2^2 : v_3^2$ oraz $v_i = \omega r_i$

2 pkt – zapisanie związku między pracą siły wypadkowej a zmianą energii kinetycznej monety **oraz** wykorzystanie wzoru na pracę i energię kinetyczną, **oraz** identyfikacja siły wypadkowej działającej na monetę jako siły tarcia, **oraz** zastosowanie wzoru na siłę tarcia, np. zapisy równoważne poniższym:

$\left(\frac{1}{2}m_i v_i^2 = T_i \cdot s_i \text{ oraz } T_i = \mu\, m_i g\right)$ albo $\left(\frac{1}{2}m_i v_i^2 = \mu m_i g \cdot s_i\right)$

*LUB*

– zapisanie związku między pracą siły wypadkowej a zmianą energii kinetycznej monety **oraz** wykorzystanie wzoru na pracę i energię kinetyczną, **oraz** identyfikacja siły wypadkowej działającej na monetę jako siły tarcia, **oraz** zapisanie/wyrażenie faktu (słownie lub symbolem), że siła tarcia działająca na każdą z monet jest taka sama, np. zapisy równoważne poniższym:

$\left(\frac{1}{2}m_i v_i^2 = T_i \cdot s_i \quad \text{oraz} \quad T_i = T\right)$

*LUB*

– powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu **oraz** wyrażenie stosunku prędkości poprzez stosunek tych odległości, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i = \omega r_i$ oraz $v_1 : v_2 : v_3 = 1 : 2 : 3$

1 pkt – powiązanie prędkości liniowej i-tej monety z prędkością kątowa deseczki i odległością od osi obrotu, np. zapisy równoważne poniższym:

$v_i = \omega r_i$

*LUB*

– zapisanie związku między pracą siły wypadkowej a zmianą energii kinetycznej monety (bez konieczności identyfikacji siły wypadkowej jako siły tarcia) **oraz** wykorzystanie wzoru na pracę i energię kinetyczną, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{1}{2}m_i v_i^2 = F_{w\,i} \cdot s_i$ albo $\frac{1}{2}m_i v_i^2 = m_i a_i \cdot s_i$

*Uwaga! w tym kryterium nie wymaga się stwierdzenia/zapisów, że przyśpieszenie każdej z monet jest takie samo lub, że siła wypadkowa działająca na każdą z monet jest taka sama.*

*LUB*

– identyfikacja siły wypadkowej działającej na monetę jako siły tarcia **oraz** zastosowanie wzoru na siłę tarcia, np. zapisy równoważne poniższym:

$F_{w\,i} = T_i = \mu m_i g$

*LUB*

– zapisanie słownie, że siła tarcia działająca na każdą z monet lub przyśpieszenie każdej z monet ma tę samą wartość (nie jest wymagane uzasadnienie).

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

**Przykładowe pełne rozwiązania**[3]

Sposób 1.

Zapiszemy II zasadę dynamiki, żeby określić jakie przyśpieszenie ma i-ta moneta. Siła wypadkowa działająca na monetę od momentu zatrzymania się deseczki jest równa sile tarcia, zatem:

$$1)\ \ m_i a_i = T_i \qquad \rightarrow \qquad 1a)\ \ m_i a_i = \mu\, m_i g \qquad \rightarrow \qquad 1b)\ \ a_i = \mu g$$

Zatem, zgodnie z 1b), przyśpieszenie każdej z monet jest takie samo:

$$2)\ \ a_1 = a_2 = a_3 = \mu g = a$$

Powiążemy drogę, jaką przebyła i-ta moneta z prędkością początkową, którą miała moneta w momencie zatrzymania się deseczki. Wykorzystamy kinematyczne równanie ruchu jednostajnie opóźnionego z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową i-tej monety, drogę jaką przebyła i przyśpieszenie:

$$3a)\ \ v_i^2 = 2a_i s_i \qquad \rightarrow \qquad 3b)\ \ v_i^2 = 2as_i$$

Zapiszemy szukany stosunek dróg z wykorzystaniem równania 3b), tzn. zapiszemy proporcję równoważną:

$$4)\ \ s_1 : s_2 : s_3 = v_1^2 : v_2^2 : v_3^2$$

Powiążemy prędkość liniową i-tej monety z prędkością kątowa deseczki oraz z odległością monety od osi obrotu:

$$5)\ \ v_i = \omega r_i$$

Wzór 5) podstawimy do proporcji 4) i zapiszemy proporcję równoważną:

$$6)\ \ s_1 : s_2 : s_3 = r_1^2 : r_2^2 : r_3^2$$

Wykorzystamy dane z zadania i zapiszemy wynik:

$$7)\ \ s_1 : s_2 : s_3 = 1^2 : 2^2 : 3^2 = 1 : 4 : 9$$

[3] Przykładowe rozwiązania mogą zawierać dodatkowe wyjaśnienia/komentarze, które nie podlegają ocenie. Wymagane elementy rozwiązania zdającego podlegające ocenie są wyszczególnione i opisane w kryteriach punktacji zasad oceniania.

Sposób 2.

Zastosujemy związek między zmianą energii kinetycznej oraz pracą siły wypadkowej dla przypadku ruchu i-tej monety po stole aż do zatrzymania. Siła wypadkowa działająca na i-tą monetę jest równa sile tarcia. Zapiszemy oba związki i zastosujemy wzór na siłę tarcia:

$$1)\ \Delta E_{kin} = -T_i \cdot s_i \quad \text{oraz} \quad 2)\ T_i = -\mu m_i g \quad \text{oraz} \quad 3)\ v_{k\,i} = 0$$

Zatem z zależności 1) i 2) i 3) wynika:

$$4a)\ 0 - \frac{1}{2} m_i v_i^2 = -\mu m_i g \cdot s_i \qquad \rightarrow \qquad 4b)\ \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \mu m_i g \cdot s_i$$

Z zależności 4a) lub 4b) wynika, że:

$$5a)\ v_i^2 = 2\mu g \cdot s_i \qquad \rightarrow \qquad 5b)\ v_i^2 \propto s_i$$

Zależności 5a) lub 5b) wyrażają proporcję prostą między kwadratem prędkości początkowej monety a drogą przebytą przez daną monetę. Zatem można zapisać proporcję równoważną:

$$6)\ s_1 : s_2 : s_3 = v_1^2 : v_2^2 : v_3^2$$

Powiążemy prędkość liniową i-tej monety z prędkością kątowa deseczki oraz z odległością monety od osi obrotu:

$$7)\ v_i = \omega r_i$$

Wzór 7) wykorzystamy w proporcji 6) i zapiszemy proporcję równoważną:

$$8)\ s_1 : s_2 : s_3 = r_1^2 : r_2^2 : r_3^2$$

Wykorzystamy dane z zadania i zapiszemy wynik:

$$9)\ s_1 : s_2 : s_3 = 1^2 : 2^2 : 3^2 = 1 : 4 : 9$$