Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 11

# Mechanika bryły sztywnej

Środek masy, moment siły, warunki równowagi, moment bezwładności, II zasada dynamiki ruchu obrotowego, energia ruchu obrotowego i toczenia, moment pędu i jego zachowanie. Osiem kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, zadania typu maturalnego, doświadczenie i materiał źródłowy, kartkówka (A i B) i sprawdzian (A i B) – z kluczem i zasadami oceniania.

Fizyka | klasa 2 LO i technikum | Dział 11 | zakres rozszerzony (ZR)

| | Karta | Rodzaj | Poziom | Zadania |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Mechanika bryły sztywnej – najważniejsze wiadomości**<br>Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka | Najważniejsze wiadomości | ZR | 4 zad. · 9 pkt |
| 2 | **Mechanika bryły sztywnej – ćwiczenia podstawowe**<br>Ćwicze umiejętności z działu | Ćwiczenia | ZR | 7 zad. · 19 pkt |
| 3 | **Mechanika bryły sztywnej – zadania typu maturalnego**<br>Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki | Zadania typu maturalnego | ZR | 6 zad. · 16 pkt |
| 4 | **Mechanika bryły sztywnej – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy**<br>Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane | Praca z materiałem źródłowym | ZR | 3 zad. · 15 pkt |
| 5 | **Kartkówka: bryła sztywna – grupa A** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 8 pkt · 15 min |
| 6 | **Kartkówka: bryła sztywna – grupa B** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 8 pkt · 15 min |
| 7 | **Sprawdzian: Mechanika bryły sztywnej – grupa A** | Sprawdzian | ZR | 9 zad. · 21 pkt · 45 min |
| 8 | **Sprawdzian: Mechanika bryły sztywnej – grupa B** | Sprawdzian | ZR | 9 zad. · 21 pkt · 45 min |

## Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 przypomina najważniejsze prawa i wzory działu oraz pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia podstawowe, karta 3 – zadania w formule matury 2027 z fizyki (polecenia i punktacja jak w arkuszach CKE), karta 4 – doświadczenie i materiał źródłowy (pomiary, wykres, tekst, dane).
- Karty 5–6 to kartkówka (15 minut), a karty 7–8 – sprawdzian (45 minut), każda w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne dane.
- Klucz na końcu: odpowiedzi, wymaganie z podstawy przy każdym zadaniu, przykładowe rozwiązania i zasady oceniania etapami, jak w zasadach oceniania CKE. Osobny plik „Powtórka": prawa i wzory (co jest w broszurze CKE), typowe błędy, test „Sprawdź się".

## Oznaczenia

| | |
|---|---|
| ZP | zakres podstawowy |
| ZR | zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR) |
| (0–2 pkt) | liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie |
| Zadanie 4.1. | wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego |

## Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **ZR III.1** wyznacza położenie środka masy układu ciał;
- **ZR III.2** stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi;
- **ZR III.3** stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką;
- **ZR III.4** stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami;
- **ZR III.5** oblicza energię kinetyczną ruchu obrotowego bryły sztywnej dookoła nieruchomej osi przy zadanym momencie bezwładności względem tej osi; oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy;
- **ZR III.6** posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego i bryły; stosuje do obliczeń związek między momentem pędu i prędkością kątową;
- **ZR III.7** stosuje zasadę zachowania momentu pędu;
- **ZR III.8** doświadczalnie: a) demonstruje zasadę zachowania momentu pędu, b) bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności.

Materiał oryginalny – zadania nie są kopiami zadań CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum w brzmieniu z 2024 r. (Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania (PR): III.1, III.2, III.3, III.4, III.5, III.6, III.7, III.8. Stałe fizyczne – według broszury CKE „Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki". Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

# Mechanika bryły sztywnej – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZR KARTA 1/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 9 pkt

Najważniejsze wiadomości · 9 pkt

## Przypomnij sobie

- **Bryła sztywna** – ciało, w którym odległości między dowolnymi punktami się nie zmieniają. W ruchu obrotowym wokół nieruchomej osi wszystkie punkty mają tę samą **prędkość kątową** $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ (rad/s) i to samo **przyspieszenie kątowe** $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ (rad/s²); punkt w odległości $r$ od osi ma prędkość $v = \omega r$ i przyspieszenie styczne $a = \varepsilon r$.
- **Środek masy** układu ciał: $x_S = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$ (tak samo $y_S$). Środek masy jednorodnego pręta, walca, kuli leży w środku symetrii.
- **Moment siły** względem osi: $M = rF\sin\alpha$, gdzie $r$ – odległość punktu przyłożenia siły od osi, $\alpha$ – kąt między $\vec{r}$ i $\vec{F}$; jednostka 1 N·m. Iloczyn $r\sin\alpha$ to **ramię siły** – odległość osi od prostej, wzdłuż której działa siła.
- **Warunki równowagi (statyki) bryły:** wypadkowa sił = 0 **oraz** suma momentów sił względem dowolnej osi = 0 (momenty „w prawo” równoważą momenty „w lewo”). Oś do bilansu momentów wybieramy tam, gdzie działa nieznana siła – jej moment jest wtedy zerowy.
- **Moment bezwładności** $I = \Sigma m_i r_i^2$ (kg·m²) zależy od masy, jej **rozkładu** i od położenia osi: im dalej od osi leży masa, tym większe $I$. Wzory dla brył podaje treść zadania (nie ma ich w broszurze CKE).

| Bryła (oś przez środek masy) | $I$ |
|---|---|
| cienkościenna obręcz, rura | $mR^2$ |
| walec pełny, krążek | $\frac{1}{2}mR^2$ |
| kula pełna | $\frac{2}{5}mR^2$ |
| pręt o długości $l$ (oś prostopadła w środku) | $\frac{1}{12}ml^2$ |
| pręt lub płyta (oś na krawędzi, np. drzwi) | $\frac{1}{3}ml^2$ |

- **II zasada dynamiki ruchu obrotowego:** $\varepsilon = \frac{M_{wyp}}{I}$ – wypadkowy moment sił nadaje bryle przyspieszenie kątowe. Energia kinetyczna obracającej się bryły: $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$; przy **toczeniu bez poślizgu** ($v = \omega R$): $E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ (ruch postępowy środka masy + obrót wokół środka masy).
- **Moment pędu:** bryły $L = I\omega$, punktu materialnego $L = mvr$ (gdy $\vec{v} \perp \vec{r}$); jednostka kg·m²/s. **Zasada zachowania momentu pędu:** gdy wypadkowy moment sił zewnętrznych jest równy zero, $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ – zmniejszenie $I$ (przyciągnięcie rąk) zwiększa $\omega$, a energia kinetyczna rośnie kosztem pracy mięśni.

## Przykłady z rozwiązaniem

**Przykład 1. Na końcu jednorodnego pręta o masie 0,60 kg i długości 1,2 m zamocowano małą kulę o masie 0,90 kg. Wyznacz położenie środka masy układu.**

Oś $x$ wzdłuż pręta, początek na wolnym końcu pręta. Środek masy pręta: $x_1 = 0{,}60$ m, kula: $x_2 = 1{,}2$ m.

$x_S = (0{,}60 \cdot 0{,}60 + 0{,}90 \cdot 1{,}2)$ kg·m : 1,50 kg = **0,96 m** od wolnego końca pręta (bliżej cięższej kuli).

**Przykład 2.** **Jednorodna kładka o długości 4,0 m i masie 40 kg leży na podporach A i B na jej końcach. Człowiek o masie 60 kg stoi w odległości 1,0 m od A. Oblicz wartości sił, którymi podpory działają na kładkę. Przyjmij, że g = 9,81 m/s². Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.**

Momenty względem osi przez A (moment siły $F_A = 0$): $F_B L = Mg\frac{L}{2} + mgx$.

$F_B$ = (80 + 60) kg·m · 9,81 m/s² : 4,0 m ≈ 343 N ≈ **3,4·10² N**.

Równowaga sił: $F_A = (M + m)g - F_B$ ≈ 638 N ≈ **6,4·10² N** – większa siła działa na podporę bliższą człowiekowi.

**Przykład 3.** **Silnik wentylatora działa na wirnik o momencie bezwładności 0,020 kg·m² stałym momentem siły 0,15 N·m. Wirnik startuje ze spoczynku. Oblicz prędkość kątową i energię kinetyczną wirnika po 4,0 s. Pomiń opory ruchu.**

$\varepsilon = \frac{M}{I}$ = 0,15 N·m : 0,020 kg·m² = 7,5 rad/s².

$\omega = \varepsilon t$ = 7,5 rad/s² · 4,0 s = **30 rad/s**.

$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ = ½ · 0,020 kg·m² · (30 rad/s)² = **9,0 J**.

**Przykład 4.** **Uczeń siedzi na obrotowym krześle z ciężarkami w wyciągniętych rękach (moment bezwładności 3,6 kg·m²) i obraca się z prędkością kątową 2,0 rad/s. Przyciąga ręce i moment bezwładności maleje do 1,2 kg·m². Oblicz nową prędkość kątową i porównaj energie kinetyczne. Pomiń tarcie w osi krzesła.**

Moment sił zewnętrznych względem osi ≈ 0 → $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$; $\omega_2$ = 3,6 · 2,0 : 1,2 = **6,0 rad/s**.

$E_1$ = 7,2 J, $E_2$ = 21,6 J – energia wzrosła 3 razy (= $I_1/I_2$); przyrost to praca mięśni ucznia.

## Zadania

### Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Mechanik działa na koniec klucza o długości 0,30 m siłą o wartości 60 N. Oblicz wartość momentu tej siły względem osi śruby, gdy siła jest prostopadła do klucza, oraz gdy tworzy z kluczem kąt 30°. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

### Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Wszystkie punkty obracającej się bryły sztywnej mają tę samą prędkość kątową. | **P** | **F** |
| 2. Moment bezwładności ciała nie zależy od położenia osi obrotu. | **P** | **F** |
| 3. Siła, której kierunek przechodzi przez oś obrotu, ma względem tej osi moment równy zero. | **P** | **F** |

### Zadanie 3. (0–3 pkt) ..... / 3

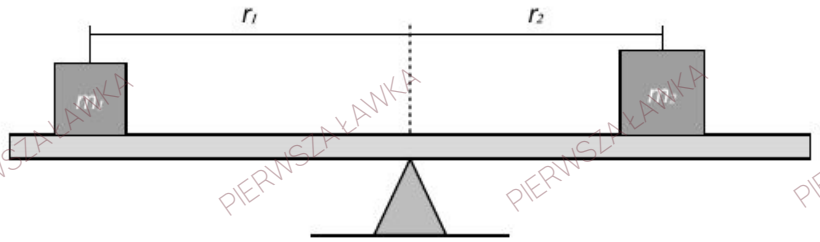
Uzupełnij zdania.

1. Jednostką momentu bezwładności jest _____ .
2. Jednostką przyspieszenia kątowego jest _____ .
3. Moment pędu bryły jest iloczynem jej momentu bezwładności i _____ .

**Zadanie 2.** (0–3 pkt) ..... / 3

Na huśtawce-ważce (rysunek) dziecko o masie 30 kg siedzi w odległości 1,6 m od osi. Oblicz, w jakiej odległości od osi musi usiąść dziecko o masie 40 kg, aby huśtawka była w równowadze w położeniu poziomym, oraz wartość siły, którą podpora działa na huśtawkę. Jednorodna belka ma masę 20 kg, a jej środek leży nad podporą. Przyjmij, że g = 9,81 m/s². Siłę podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie




**Zadanie 3.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Na dwie bryły działa taki sam wypadkowy moment siły. Moment bezwładności pierwszej bryły jest dwa razy większy niż drugiej. Przyspieszenie kątowe pierwszej bryły w porównaniu z przyspieszeniem kątowym drugiej jest

A. 2 razy większe. B. 4 razy mniejsze. C. takie samo. D. 2 razy mniejsze.

**Zadanie 4.** (0–3 pkt) ..... / 3

Karuzela na placu zabaw ma kształt jednorodnej tarczy o masie 120 kg i promieniu 1,5 m (moment bezwładności $I = \frac{1}{2}MR^2$). Rodzic pcha jej brzeg siłą styczną o stałej wartości 45 N przez 6,0 s, zaczynając od spoczynku. Oblicz prędkość kątową karuzeli po tym czasie i jej energię kinetyczną. Pomiń opory ruchu. Energię podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 5.** (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Gdy łyżwiarka w piruecie rozkłada ręce, jej prędkość kątowa maleje. | **P** | **F** |
| 2. Moment pędu punktu materialnego poruszającego się po okręgu ze stałą wartością prędkości jest stały. | **P** | **F** |
| 3. Gdy moment bezwładności obracającego się ciała maleje przy zachowanym momencie pędu, maleje też jego energia kinetyczna. | **P** | **F** |

**Zadanie 6.** (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdej wielkości (1–4) jej jednostkę (a–d).

| | |
|---|---|
| 1. moment siły | a) $kg \cdot m^2$ |
| 2. moment bezwładności | b) $kg \cdot m^2/s$ |
| 3. przyspieszenie kątowe | c) $N \cdot m$ |
| 4. moment pędu | d) $rad/s^2$ |

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

**Zadanie 7.** (0–3 pkt) ..... / 3

Kula do kręgli (jednorodna, $I = \frac{2}{5}mR^2$) o masie 6,0 kg toczy się bez poślizgu po torze z prędkością 4,0 m/s. Oblicz całkowitą energię kinetyczną kuli i wyznacz, jaką jej część stanowi energia ruchu obrotowego. Energię podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących, a część – w postaci ułamka zwykłego. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

# Mechanika bryły sztywnej – zadania typu maturalnego

ZR KARTA 3/8

Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 16 pkt

Zadania typu maturalnego · 16 pkt

## Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

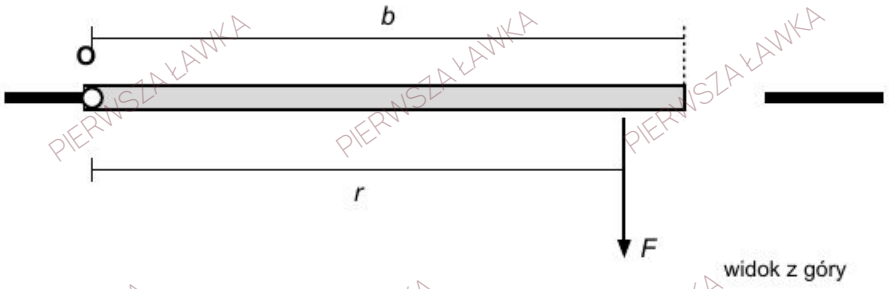
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

| | | |
|---|---|---|
| 1. Jeżeli wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zero, to bryła spoczywa albo obraca się ze stałą prędkością kątową. | P | F |
| 2. Środek masy układu dwóch ciał leży zawsze wewnątrz jednego z tych ciał. | P | F |

## Zadanie 2. (0–6 pkt)

Skrzydło drzwi (jednorodna płyta) ma masę $m = 24$ kg i szerokość $b = 0{,}90$ m. Obraca się wokół pionowej osi przechodzącej przez zawiasy. Moment bezwładności skrzydła względem tej osi: $I = \frac{1}{3}mb^2$.

Przyjmij, że:
- tarcie w zawiasach i opór powietrza można pominąć;
- siła działająca na drzwi jest pozioma i prostopadła do skrzydła.



widok z góry

## Zadanie 2.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Aby nadać drzwiom określone przyspieszenie kątowe, najmniejszą siłą trzeba działać

A. przy krawędzi przeciwległej do zawiasów.

B. tuż przy zawiasach.

C. w dowolnym miejscu – siła jest zawsze taka sama.

D. w połowie szerokości skrzydła.

## Zadanie 2.2. (0–2 pkt) ..... / 2

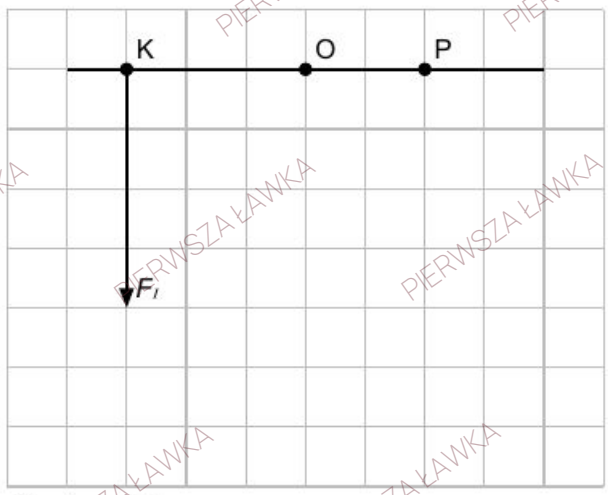
Uczeń pcha drzwi siłą o wartości 12 N w odległości $r = 0{,}80$ m od osi. Oblicz wartość przyspieszenia kątowego drzwi. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Lekki pręt może obracać się wokół poziomej osi w punkcie O. W punkcie K na pręt działa siła $\vec{F}_1$ (1 kratka – 1 N). Narysuj siłę $\vec{F}_2$ przyłożoną w punkcie P, prostopadłą do pręta, która utrzyma pręt w równowadze w położeniu poziomym. Zachowaj odpowiedni kierunek, zwrot, punkt przyłożenia i długość wektora.

Miejsce na odpowiedź




1 kratka – 1 N

**Zadanie 5.** (0–3 pkt) ..... / 3

Jednorodna tarcza ($I = \frac{1}{2}MR^2$) o masie 2,0 kg i promieniu 0,20 m obraca się w płaszczyźnie poziomej wokół pionowej osi z prędkością kątową 12 rad/s. Na tarczę spada pionowo mała kulka plasteliny o masie 0,10 kg i przykleja się w odległości 0,15 m od osi. Oblicz prędkość kątową tarczy z kulką oraz energię, która zamieniła się w inne formy. Pomiń tarcie w osi. Prędkość kątową podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących, a energię – do dwóch. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 6.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Mała kulka na nici porusza się po okręgu na gładkim stole; nić przechodzi przez otwór w środku stołu. Nić powoli popuszczono i promień okręgu wzrósł dwa razy. Moment pędu kulki względem otworu się nie zmienił. Wartość prędkości kulki

A. zmalała 4 razy.
B. zmalała 2 razy.
C. nie zmieniła się.
D. wzrosła 2 razy.

# Mechanika bryły sztywnej – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy

Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane

ZR

KARTA 4/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 15 pkt

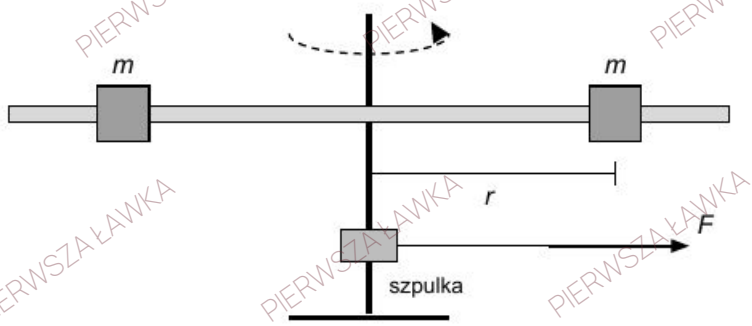
Praca z materiałem źródłowym · 15 pkt

## Zadanie 1. (0–7 pkt)

Uczniowie badali pręt obracający się wokół pionowej osi (rysunek). Na pręcie można przesuwać dwa jednakowe ciężarki o masie $m$ każdy, zawsze symetrycznie – w odległości $r$ od osi. Na szpulkę na osi nawinięto nić i ciągnięto ją z siłą o stałej wartości, tak że na pręt działał stały moment siły $M = 0{,}0200$ N·m. Stoperem mierzono czas $t$ pierwszego pełnego obrotu pręta od spoczynku. Każdy pomiar powtórzono pięć razy; w tabeli podano kwadraty średnich czasów. Niepewność $t^2$ wynosi 0,2 s².

Przyjmij, że:

- moment bezwładności układu $I = I_0 + 2mr^2$, gdzie $I_0$ – moment bezwładności pręta z osią i szpulką;
- ciężarki można traktować jak punkty materialne, a tarcie w osi pominąć.




| r, m | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
|---|---|---|---|---|---|
| $r^2$, $10^{-2}$ m² | 0,25 | 1,00 | 2,25 | 4,00 | 6,25 |
| $t^2$, s² | 1,62 | 2,46 | 4,15 | 6,21 | 9,17 |

### Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Wykaż, że $t^2 = \dfrac{4\pi(I_0 + 2mr^2)}{M}$.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.** (0–6 pkt)

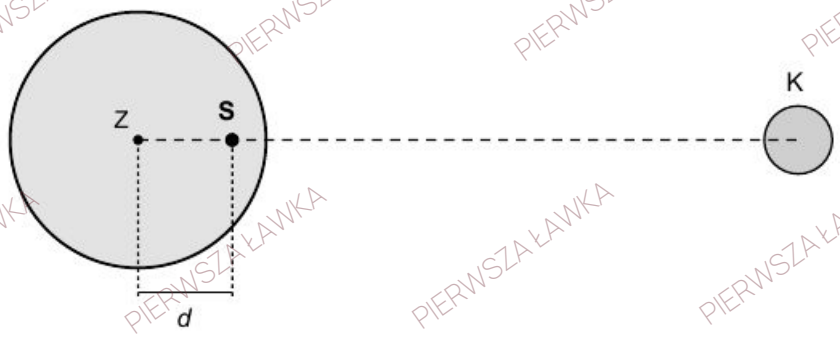
Przeczytaj tekst i wykonaj zadania.

**Wokół czego krąży Księżyc?**

Mówimy, że Księżyc krąży wokół Ziemi, ale dokładniej oba ciała obiegają wspólny środek masy. Masa Księżyca to $7{,}346 \cdot 10^{22}$ kg, a średnia odległość środków obu ciał – 384 400 km; pełny obieg względem gwiazd trwa 27,3217 doby.

Pomiary laserowe odległości do reflektorów zostawionych na Księżycu pokazują, że Księżyc oddala się od Ziemi o ok. 3,8 cm na rok. Jednocześnie pływy hamują obrót Ziemi – doba bardzo powoli się wydłuża.

*Opracowano na podstawie: NASA, Moon Fact Sheet (https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html).*




rysunek poglądowy – odległość Ziemia–Księżyc nie w skali

**Zadanie 2.1.** (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz odległość $d$ środka masy układu Ziemia–Księżyc od środka Ziemi i oceń, czy ten punkt leży wewnątrz Ziemi. Masę i promień Ziemi odczytaj z karty wzorów. Odległość podaj w kilometrach z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz wartość momentu pędu Księżyca w jego ruchu orbitalnym względem środka Ziemi. Przyjmij model: Księżyc jest punktem materialnym poruszającym się po okręgu o promieniu równym podanej średniej odległości. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

# Kartkówka: bryła sztywna – grupa A

ZR

KARTA 5/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 8 pkt

Kartkówka · 15 minut · 8 pkt

**Zadanie 1.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Siła o wartości $F$ działa na pręt w odległości $r$ od osi obrotu i tworzy kąt α do pręta. Wartość momentu tej siły względem osi jest równa

A. $rF$. B. $rF\cos\alpha$. C. $rF\sin\alpha$. D. $\frac{F}{r}$.

**Zadanie 2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Lekki pręt jest podparty w środku. Na pręcie w odległości 0,40 m od podpory zawieszono ciężarek o masie 3,0 kg. Oblicz, w jakiej odległości od podpory po drugiej stronie trzeba zawiesić ciężarek o masie 2,0 kg, aby pręt był w równowadze. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.** (0–3 pkt) ..... / 3

Do obwodu jednorodnego walca ($I = \frac{1}{2}mR^2$) o masie 4,0 kg i promieniu 0,25 m, który może obracać się wokół nieruchomej osi, przyłożono stałą siłę styczną o wartości 6,0 N. Walec początkowo spoczywał. Oblicz przyspieszenie kątowe walca i jego prędkość kątową po 2,0 s. Pomiń tarcie w osi. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Uczeń na obrotowym krześle (moment bezwładności 4,0 kg·m²) obraca się z prędkością kątową 1,5 rad/s. Przyciąga ręce i moment bezwładności maleje do 2,5 kg·m². Oblicz nową prędkość kątową. Pomiń tarcie w osi. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

# Kartkówka: bryła sztywna – grupa B

ZR

KARTA 6/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 8 pkt

Kartkówka · 15 minut · 8 pkt

**Zadanie 1.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Siła o wartości $F$ działa na pręt w odległości $r$ od osi obrotu i tworzy kąt α do kierunku prostopadłego do pręta. Wartość momentu tej siły względem osi jest równa

A. $rF\cos\alpha$. B. $rF\sin\alpha$. C. $rF$. D. $\frac{F}{r}$.

**Zadanie 2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Lekki pręt jest podparty w środku. Na pręcie w odległości 0,30 m od podpory zawieszono ciężarek o masie 4,0 kg. Oblicz, w jakiej odległości od podpory po drugiej stronie trzeba zawiesić ciężarek o masie 1,5 kg, aby pręt był w równowadze. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.** (0–3 pkt) ..... / 3

Do obwodu jednorodnego walca ($I = \frac{1}{2}mR^2$) o masie 5,0 kg i promieniu 0,20 m, który może obracać się wokół nieruchomej osi, przyłożono stałą siłę styczną o wartości 4,0 N. Walec początkowo spoczywał. Oblicz przyspieszenie kątowe walca i jego prędkość kątową po 2,5 s. Pomiń tarcie w osi. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Uczeń na obrotowym krześle (moment bezwładności 3,0 kg·m²) obraca się z prędkością kątową 2,0 rad/s. Przyciąga ręce i moment bezwładności maleje do 2,4 kg·m². Oblicz nową prędkość kątową. Pomiń tarcie w osi. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

# Mechanika bryły sztywnej – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 2 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 12 z 40 stron. Pełna wersja: 40 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Mechanika bryły sztywnej – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 9 pkt
- Karta 2: Mechanika bryły sztywnej – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 19 pkt
- Karta 3: Mechanika bryły sztywnej – zadania typu maturalnego – 6 zadań, 16 pkt
- Karta 4: Mechanika bryły sztywnej – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 15 pkt
- Karta 5: Kartkówka: bryła sztywna – grupa A – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 6: Kartkówka: bryła sztywna – grupa B – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Mechanika bryły sztywnej – grupa A – 9 zadań, 21 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Mechanika bryły sztywnej – grupa B – 9 zadań, 21 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwiczenia, zadania typu mat

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-2-dzial-11-bryla-sztywna-zakres-rozszerzony