Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 15

Ruch po okręgu

Okres, częstotliwość, prędkość kątowa, przyspieszenie dośrodkowe, siła dośrodkowa jako wypadkowa, ruch niejednostajny po okręgu (przyspieszenie styczne), badanie siły dośrodkowej. 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 1 LO i technikum | Dział 15 | zakres rozszerzony (ZR)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Ruch po okręgu – najważniejsze wiadomości** Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZR	4 zad. · 9 pkt
2	**Ruch po okręgu – ćwiczenia podstawowe** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZR	7 zad. · 17 pkt
3	**Ruch po okręgu – zadania typu maturalnego** Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki	Zadania typu maturalnego	ZR	7 zad. · 16 pkt
4	**Ruch po okręgu – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy** Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane	Praca z materiałem źródłowym	ZR	3 zad. · 12 pkt
5	**Kartkówka: ruch po okręgu – grupa A**	Kartkówka	ZR	4 zad. · 7 pkt · 15 min
6	**Kartkówka: ruch po okręgu – grupa B**	Kartkówka	ZR	4 zad. · 7 pkt · 15 min
7	**Sprawdzian: Ruch po okręgu – grupa A**	Sprawdzian	ZR	10 zad. · 20 pkt · 45 min
8	**Sprawdzian: Ruch po okręgu – grupa B**	Sprawdzian	ZR	10 zad. · 20 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 II.8** opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;
- **ZR II.9** stosuje do obliczeń związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym;
- **ZR II.10** identyfikuje siłę wypadkową działającą na ciało w ruchu jednostajnym po okręgu jako siłę dośrodkową;
- **ZR II.11** opisuje ruch niejednostajny po okręgu;
- **ZR II.26c** doświadczalnie: c) jakościowo bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu

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): II.8, II.9, II.10, II.11, II.26c. 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.

PIERWSZA ŁAWKA

Ruch po okręgu – najważniejsze wiadomości

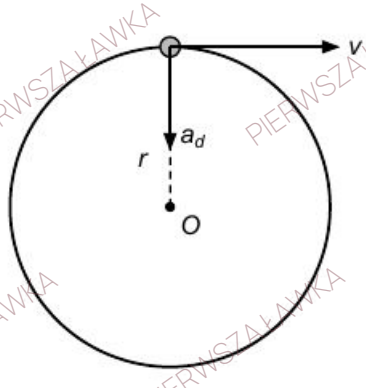
Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

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

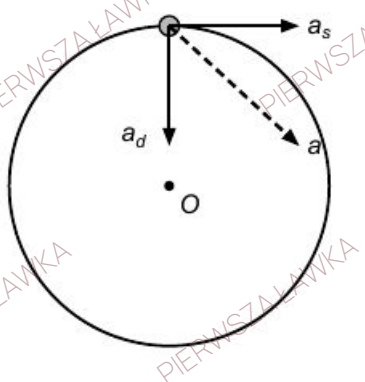
Najważniejsze wiadomości · 9 pkt

Przypomnij sobie

- **Okres** T – czas jednego pełnego obiegu (s); **częstotliwość** $f = \frac{1}{T}$ – liczba obiegów w jednostce czasu (1 Hz = 1/s). **Przemieszczenie kątowe** $\Delta\varphi$ mierzymy w radianach (pełny obieg – 2π rad).
- **Prędkość kątowa:** $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$, w ruchu jednostajnym $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ (rad/s). Wszystkie punkty obracającej się bryły mają tę samą prędkość kątową.
- **Prędkość liniowa** jest styczna do okręgu: $v = \omega r = \frac{2\pi r}{T}$ – rośnie z odległością od osi obrotu.
- **Przyspieszenie dośrodkowe** – skierowane do środka okręgu: $a_d = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$. W ruchu jednostajnym po okręgu wartość prędkości jest stała, ale wektor prędkości zmienia kierunek – ruch jest przyspieszony.
- **Siła dośrodkowa** to **wypadkowa** sił działających na ciało: $F_{wyp} = ma_d = \frac{mv^2}{r}$. Nie jest to nowa siła – rolę siły dośrodkowej pełni np. tarcie statyczne (samochód na zakręcie), naciąg nici, grawitacja (Księżyc), nacisk szyn.
- **Ruch niejednostajny po okręgu:** przyspieszenie styczne $a_s = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ zmienia wartość prędkości, przyspieszenie dośrodkowe – jej kierunek. Przyspieszenie całkowite: $a = \sqrt{a_s^2 + a_d^2}$ (składowe są prostopadłe); nie jest skierowane do środka.
- **Typowe sytuacje:** płaski zakręt – $\frac{mv^2}{r} \le \mu_s mg$, więc $v_{max} = \sqrt{\mu_s gr}$ (nie zależy od masy); najwyższy punkt pętli – $N + mg = \frac{mv^2}{r}$, ciało nie odpada, gdy $v \ge \sqrt{gr}$.
- **Doświadczenie (II.26c):** przy stałym promieniu siła dośrodkowa rośnie z masą i z kwadratem prędkości; przy stałej prędkości liniowej maleje, gdy promień rośnie ($F \sim \frac{1}{r}$), a przy stałej prędkości kątowej rośnie z promieniem ($F \sim r$).



ruch jednostajny



ruch przyspieszony po okręgu

Przykłady z rozwiązaniem

Przykład 1. **Bęben pralki o promieniu 0,25 m wiruje z częstotliwością 1200 obrotów na minutę. Oblicz prędkość kątową bębna, prędkość liniową i przyspieszenie dośrodkowe punktu na jego ściance. Porównaj przyspieszenie z $g = 9{,}81\ m/s^2$.**

$f = 1200 : 60\ s = 20\ Hz$; $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 20\ 1/s \approx$ **126 rad/s**.

$v = \omega r \approx 125{,}7\ rad/s \cdot 0{,}25\ m \approx$ **31 m/s**.

$a_d = \omega^2 r \approx 125{,}7^2 \cdot 0{,}25\ m/s^2 \approx$ **$3{,}9 \cdot 10^3\ m/s^2$** – około 402 razy więcej niż g. Dlatego woda „ucieka" przez otwory: ścianka nie działa na krople, które są nad otworami, i krople poruszają się dalej po linii stycznej.

Przykład 2. **Samochód pokonuje płaski zakręt o promieniu 50 m. Współczynnik tarcia statycznego opon o jezdnię wynosi 0,60. Oblicz największą prędkość, z jaką samochód może bezpiecznie pokonać zakręt. Przyjmij, że $g = 9{,}81\ m/s^2$.**

Rolę siły dośrodkowej pełni tarcie statyczne: $\frac{mv^2}{r} \le \mu_s mg \rightarrow v_{max} = \sqrt{\mu_s gr}$.

$v_{max} = \sqrt{(0{,}60 \cdot 9{,}81 \cdot 50)}\ m/s \approx$ **17 m/s** ≈ 62 km/h. Masa się skraca – wynik jest taki sam dla auta osobowego i ciężarówki (przy tym samym μ_s).

Przykład 3. **Samochód rusza z miejsca na rondzie o promieniu 20 m i zwiększa prędkość ze stałym przyspieszeniem stycznym 1,5 m/s². Oblicz wartość przyspieszenia całkowitego po 4,0 s. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.**

$v = a_s t = 1{,}5 \cdot 4{,}0\ m/s = 6{,}0\ m/s$; $a_d = \frac{v^2}{r} = 6{,}0^2 : 20\ m/s^2 = 1{,}8\ m/s^2$.

$a = \sqrt{a_s^2 + a_d^2} = \sqrt{(1{,}5^2 + 1{,}8^2)}\ m/s^2 \approx$ **2,3 m/s²** (przyspieszenie całkowite jest odchylone od kierunku do środka okręgu w stronę prędkości).

Zadania

Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Karuzela wykonuje 12 pełnych obrotów w czasie 60 s. Oblicz okres, częstotliwość i prędkość kątową karuzeli. Prędkość kątową podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

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

1. W ruchu jednostajnym po okręgu przyspieszenie ciała jest równe zero.	P	F
2. Wektor prędkości ciała poruszającego się po okręgu jest styczny do okręgu.	P	F
3. Siłę dośrodkową trzeba dorysować jako dodatkową siłę obok ciężaru, tarcia i naciągu nici.	P	F

Ruch po okręgu – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR KARTA 2/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 17 pkt

Ćwiczenia · 17 pkt

Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Wirnik turbiny wiatrowej ma łopaty o długości 60 m i wykonuje 15 obrotów na minutę. Oblicz wartość prędkości końca łopaty i wartość jego przyspieszenia dośrodkowego. Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Przyjmij, że promień okręgu zataczanego przez koniec łopaty jest równy jej długości. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Kulka przywiązana do nici porusza się po okręgu na gładkim, poziomym stole. W pewnej chwili nić pęka. Po zerwaniu nici kulka porusza się

A. nadal po tym samym okręgu, coraz wolniej.

B. po linii prostej stycznej do okręgu w punkcie, w którym nić pękła.

C. po spirali, zbliżając się do środka okręgu.

D. po linii prostej, wzdłuż nici, od środka okręgu.

Zadanie 3. (0–3 pkt) ..... / 3

Moneta leży na obracającym się talerzu gramofonu w odległości 12 cm od osi. Współczynnik tarcia statycznego monety o talerz wynosi 0,40. Oblicz największą prędkość kątową talerza, przy której moneta się nie ślizga. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Przyjmij, że $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 4. (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdej sytuacji (1–4) siłę, która pełni rolę siły dośrodkowej (a–d).

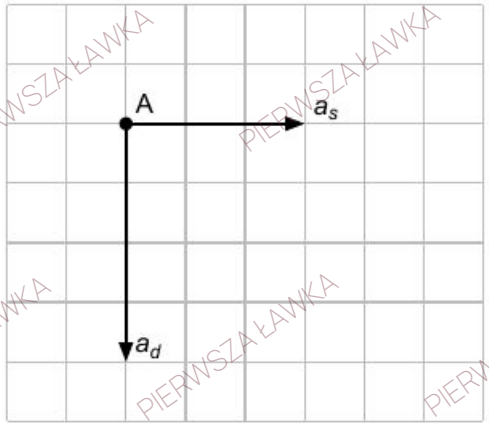
1. Księżyc obiega Ziemię.	a) siła naciągu nici
2. Samochód pokonuje płaski zakręt ze stałą wartością prędkości.	b) siła grawitacji
3. Kulka na nici krąży po gładkim, poziomym stole.	c) siła nacisku szyn na obrzeża kół
4. Pociąg jedzie po zakręcie toru (bez przechyłki).	d) siła tarcia statycznego

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Samochód przejeżdża przez najwyższy punkt łuku drogi i zwiększa wartość prędkości. Na diagramie (1 kratka – 0,5 m/s²) zaczepiono w punkcie A wektory przyspieszenia stycznego i przyspieszenia dośrodkowego. Narysuj w punkcie A wektor przyspieszenia całkowitego i oblicz jego wartość.

Miejsce na odpowiedź



1 kratka – 0,5 m/s²

Zadanie 6. (0–3 pkt) ..... / 3

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

1. W ruchu niejednostajnym po okręgu przyspieszenie całkowite jest zawsze skierowane do środka okręgu.	P	F
2. Przyspieszenie styczne zmienia wartość prędkości, a przyspieszenie dośrodkowe – jej kierunek.	P	F
3. Gdy ciało porusza się po okręgu coraz wolniej, przyspieszenie styczne ma zwrot przeciwny do prędkości.	P	F

Ruch po okręgu – zadania typu maturalnego

Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki

ZR KARTA 3/8

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

Zadania typu maturalnego · 16 pkt

Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Ciało porusza się ruchem jednostajnym po okręgu o stałym promieniu. Jeżeli okres ruchu zmniejszy się dwa razy, to wartość przyspieszenia dośrodkowego wzrośnie

A. $\sqrt{2}$ razy. B. 2 razy. C. 4 razy. D. 8 razy.

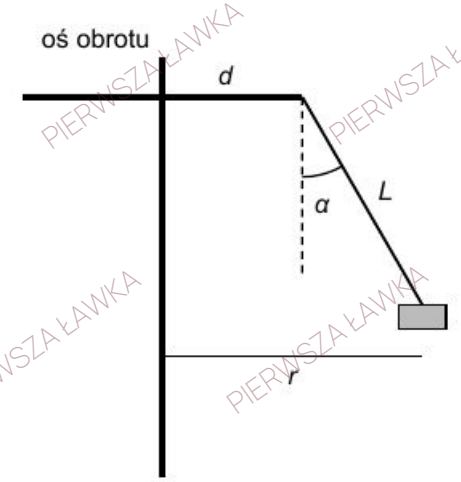
Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

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

1. Wartość siły wypadkowej działającej na ciało w ruchu jednostajnym po okręgu jest stała.	P	F
2. Praca siły dośrodkowej podczas jednego pełnego obiegu w ruchu jednostajnym po okręgu jest dodatnia.	P	F

Zadanie 3. (0–6 pkt)

Krzesełko karuzeli wisi na łańcuchu o długości $L = 5{,}0$ m zaczepionym na brzegu wirującej tarczy w odległości $d = 3{,}0$ m od osi obrotu. Gdy karuzela obraca się ze stałą prędkością kątową, łańcuch tworzy z pionem kąt α, a krzesełko porusza się po okręgu w płaszczyźnie poziomej.
Przyjmij, że:
• krzesełko z pasażerem traktujemy jak punkt materialny, a łańcuch jest lekki i prosty;
• opór powietrza można pominąć;
• $g = 9{,}81$ m/s².



Zadanie 3.1. (0–3 pkt) ..... / 3

Wyznacz prędkość kątową karuzeli ω – w zależności tylko od g, α, d i L. Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na ω.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz okres obrotu karuzeli, gdy łańcuch tworzy z pionem kąt α = 30°. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Wartość siły naciągu łańcucha działającej na krzesełko (masa krzesełka z pasażerem m) jest równa

A. $mg \cdot \cos\alpha$. B. mg. C. $\frac{mg}{\cos\alpha}$. D. $mg \cdot \operatorname{tg}\alpha$.

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

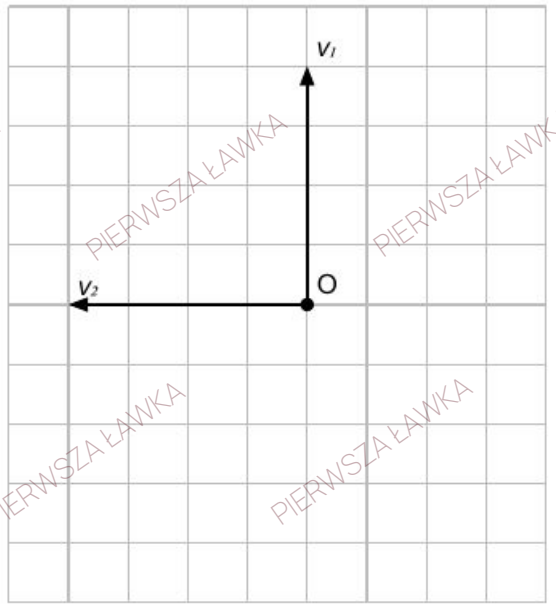
Wykaż, że największa wartość prędkości, z jaką samochód może pokonać płaski zakręt o promieniu r, nie zależy od masy samochodu. Powołaj się na:
• warunek, jaki musi spełniać siła dośrodkowa;
• wzór na maksymalną siłę tarcia statycznego.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Ciało porusza się ruchem jednostajnym po okręgu. W punkcie O zaczepiono wektor jego prędkości w chwili t_1 ($\vec{v}_1$) i w chwili t_2 ($\vec{v}_2$), gdy ciało przebyło ćwierć okręgu; 1 kratka – 1 m/s. Narysuj w punkcie O wektor zmiany prędkości $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ i oblicz jego wartość. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Miejsce na odpowiedź



1 kratka – 1 m/s

Zadanie 6. (0–3 pkt) ..... / 3

Rowerzysta wjeżdża na łuk drogi o promieniu 25 m z prędkością 4,0 m/s i zwiększa ją ze stałym przyspieszeniem stycznym 0,80 m/s². Oblicz, po jakim czasie od wjazdu na łuk wartość przyspieszenia całkowitego rowerzysty będzie równa 1,5 m/s². Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Ruch po okręgu – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy

Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane

ZR KARTA 4/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 12 pkt

Praca z materiałem źródłowym · 12 pkt

Zadanie 1. (0–6 pkt)

Uczniowie przewlekli nić przez krótką rurkę. Na górnym końcu nici przywiązali gumowy korek, a na dolnym zawiesili ciężarki. Trzymając rurkę pionowo, wprawiali korek w ruch po poziomym okręgu o promieniu $r = 0{,}50$ m – tak, aby znacznik na nici pozostawał tuż pod rurką. Ciężarki wisiały nieruchomo, więc siła naciągu nici działająca na korek była równa ciężarowi ciężarków F. Mierzyli czas 10 obrotów i obliczali okres T. W tabeli podano F i obliczoną wartość $\frac{1}{T^2}$. Przyjmij, że niepewność wartości $\frac{1}{T^2}$ wynosi $\pm 0{,}2\ \mathrm{s^{-2}}$, a niepewność F jest pomijalnie mała. Pomiń ciężar korka i tarcie nici o rurkę.

Pomiar	1	2	3	4	5
F, N	0,49	0,98	1,47	1,96	2,45
$\frac{1}{T^2}$, $\mathrm{s^{-2}}$	1,1	1,9	3,1	4,0	4,9

Zadanie 1.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, po co w tym doświadczeniu znacznik na nici ma pozostawać tuż pod rurką.

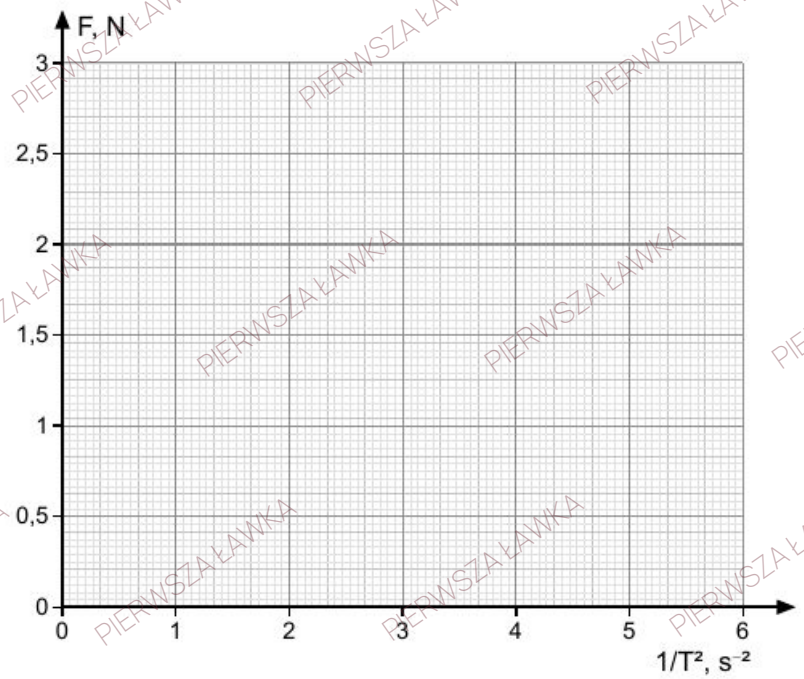
Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

Zadanie 1.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Na siatce zaznacz punkty pomiarowe wraz z niepewnościami pomiarowymi i narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów, przechodzącą przez początek układu współrzędnych.

Miejsce na odpowiedź



Zadanie 1.3. (0–2 pkt) ..... / 2

Korzystając z nachylenia narysowanej prostej i z zależności $F = 4\pi^2 mr \cdot \frac{1}{T^2}$, wyznacz masę korka. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 1.4. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Uczniowie powtórzyli pomiar dla tego samego ciężarka, ale przy dwa razy większym promieniu okręgu. Okres ruchu korka

A. zmalał $\sqrt{2}$ razy. B. się nie zmienił. C. wzrósł $\sqrt{2}$ razy. D. wzrósł 2 razy.

Zadanie 2. (0–4 pkt)

Przeczytaj tekst i wykonaj zadania.

Wirówka dla eksperymentów

W Europejskim Centrum Badań i Technologii Kosmicznych ESA (ESTEC) w Noordwijk (Holandia) pracuje duża wirówka badawcza – Large Diameter Centrifuge. Ma cztery ramiona i średnicę 8 m, a na ramionach można zawiesić do sześciu gondoli. Każda gondola ma masę 130 kg i może przewozić do 80 kg ładunku: hodowle komórek, rośliny, próbki materiałów.

Wirówka obraca się z częstotliwością do 67 obrotów na minutę i wytwarza „hipergrawitację" – przyspieszenie do 20 razy większe od przyspieszenia ziemskiego. Naukowcy sprawdzają w ten sposób, jak organizmy i urządzenia reagują na warunki inne niż na Ziemi – od lżejszych (Księżyc, Mars) po znacznie cięższe.

Opracowano na podstawie: ESA, Large Diameter Centrifuge (https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2014/10/Large_Diameter_Centrifuge); Image: ESA's Large Diameter Centrifuge at full speed, Phys.org 2019 (https://phys.org/news/2019-05-image-esa-large-diameter-centrifuge.html).

Zadanie 2.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz wartość przyspieszenia dośrodkowego gondoli przy 67 obrotach na minutę i wyraź ją jako wielokrotność g. Przyjmij, że gondola porusza się po okręgu o promieniu 4,0 m i że $g = 9{,}81\ m/s^2$. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Gondola o masie 130 kg z ładunkiem 80 kg porusza się z przyspieszeniem dośrodkowym obliczonym w poprzednim zadaniu. Oblicz wartość siły wypadkowej działającej na gondolę z ładunkiem. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Gdyby wirówka obracała się z dwa razy mniejszą liczbą obrotów na minutę, przyspieszenie dośrodkowe gondoli byłoby równe około

A. 2,5 g. B. 5 g. C. 10 g. D. 40 g.

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Ruch po okręgu – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 1 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 12 z 41 stron. Pełna wersja: 41 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Ruch po okręgu – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 9 pkt
- Karta 2: Ruch po okręgu – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 17 pkt
- Karta 3: Ruch po okręgu – zadania typu maturalnego – 7 zadań, 16 pkt
- Karta 4: Ruch po okręgu – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 12 pkt
- Karta 5: Kartkówka: ruch po okręgu – grupa A – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 6: Kartkówka: ruch po okręgu – grupa B – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Ruch po okręgu – grupa A – 10 zadań, 20 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Ruch po okręgu – grupa B – 10 zadań, 20 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwiczenia, zadania typu maturalnego

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-1-dzial-15-ruch-po-okregu-zakres-rozszerzony