Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 13

Drgania harmoniczne

Prawo Hooke'a, ruch harmoniczny x(t), v(t), a(t), faza, okres wahadła i ciężarka na sprężynie, energia w ruchu drgającym, rezonans, wyznaczanie g wahadłem; model fizyczny i jego założenia. 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 13 | zakres rozszerzony (ZR)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Drgania harmoniczne – najważniejsze wiadomości** Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZR	4 zad. · 9 pkt
2	**Drgania harmoniczne – ćwiczenia podstawowe** Ćwicze umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZR	7 zad. · 16 pkt
3	**Drgania harmoniczne – zadania typu maturalnego** Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki	Zadania typu maturalnego	ZR	7 zad. · 15 pkt
4	**Drgania harmoniczne – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy** Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane	Praca z materiałem źródłowym	ZR	4 zad. · 15 pkt
5	**Kartkówka: drgania harmoniczne – grupa A**	Kartkówka	ZR	4 zad. · 7 pkt · 15 min
6	**Kartkówka: drgania harmoniczne – grupa B**	Kartkówka	ZR	4 zad. · 7 pkt · 15 min
7	**Sprawdzian: Drgania harmoniczne – grupa A**	Sprawdzian	ZR	9 zad. · 20 pkt · 45 min
8	**Sprawdzian: Drgania harmoniczne – grupa B**	Sprawdzian	ZR	9 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 I.19** tworzy modele fizyczne lub matematyczne wybranych zjawisk i opisuje ich założenia; ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem tych założeń.
- **ZR V.1** opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;
- **ZR V.2** analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów;
- **ZR V.3** opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych;
- **ZR V.4** analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym oraz interpretuje wykresy tych zależności;
- **ZR V.5** stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów;
- **ZR V.6** oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii;
- **ZR V.7** omawia zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;
- **ZR V.8** doświadczalnie: a) demonstruje niezależność okresu małych drgań wahadła od amplitudy, b) bada zależność okresu drgań od długości wahadła, c) bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny, d) demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego, e) wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

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): I.19, V.1, V.2, V.3, V.4, V.5, V.6, V.7, V.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.

Drgania harmoniczne – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZR KARTA 1/8

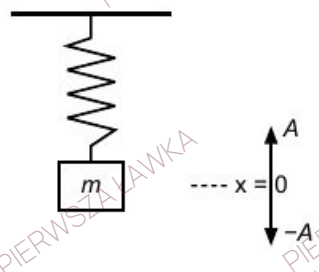
Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 9 pkt

Najważniejsze wiadomości · 9 pkt

Przypomnij sobie

- **Prawo Hooke'a:** siła sprężystości jest proporcjonalna do wydłużenia (odkształcenia) i ma zwrot przeciwny: $F = -kx$. k – współczynnik sprężystości, jednostka 1 N/m. Energia potencjalna sprężystości: $E_p = \frac{kx^2}{2}$ (x – wydłużenie).
- **Ruch harmoniczny** wykonuje ciało, na które działa siła wypadkowa proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i do niego skierowana: $F = -m\omega^2 x$. Przykłady: ciężarek na sprężynie, małe drgania wahadła, drgania struny i membrany głośnika.
- **Opis ruchu:** $x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0)$, gdzie A – amplituda (największe wychylenie), $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ – częstość kołowa (rad/s), φ_0 – faza początkowa. Dwa ciała drgające z tym samym okresem mają **fazy zgodne**, gdy jednocześnie mijają położenie równowagi w tę samą stronę, a **przeciwne** (przesunięcie fazowe π), gdy ich wychylenia mają zawsze przeciwne znaki.
- **Prędkość i przyspieszenie:** $v(t) = A\omega\cos(\omega t + \varphi_0)$, $a(t) = -A\omega^2\sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x$. W położeniu równowagi $v = v_{max} = A\omega$, $a = 0$; w skrajnych położeniach $v = 0$, $a = a_{max} = A\omega^2$, zwrot do środka.
- **Okres małych drgań** (z broszury CKE: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ i $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$, a $T = \frac{2\pi}{\omega}$): ciężarek na sprężynie $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, wahadło matematyczne $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Okres nie zależy od amplitudy; okres wahadła nie zależy od masy.
- **Energia oscylatora:** $E = E_k + E_p = \frac{kA^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$ = const (gdy pomijamy opory). W położeniu równowagi cała energia jest kinetyczna, w skrajnym – potencjalna. Dla wahadła: energia potencjalna grawitacji zamiast sprężystości.
- **Rezonans mechaniczny:** gdy na układ działa okresowo zmieniająca się siła o częstotliwości równej częstotliwości drgań własnych, amplituda drgań silnie rośnie. Przykłady: huśtawka popychana w rytm wahań, kołyszący się most pod idącymi ludźmi, drgania obudowy pralki przy pewnych obrotach.
- **Model fizyczny i jego założenia** (I.19): wahadło matematyczne – punkt materialny na nieważkiej, nierozciągliwej nici, małe wychylenia (kilka stopni); ciężarek na sprężynie – sprężyna nieważka i spełniająca prawo Hooke'a; w obu – pomijamy opory ruchu. Wyniki obliczeń są tak dokładne, jak spełnione są założenia modelu.

Położenie (sprężyna pozioma)	wychylenie	prędkość	przyspieszenie	E_k	E_p
równowagi	0	największa	0	największa	0
skrajne	A lub $-A$	0	największa, do środka	0	największa



ciężarek na sprężynie: $\omega = \sqrt{(k/m)}$



wahadło matematyczne: $\omega = \sqrt{(g/l)}$

Przykłady z rozwiązaniem

Przykład 1. **Ciężarek o masie 0,40 kg zawieszony na sprężynie o współczynniku sprężystości 40 N/m drga z amplitudą 5,0 cm. Oblicz okres drgań oraz największą wartość prędkości i przyspieszenia ciężarka. Okres podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.**

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{(40 : 0{,}40)}$ rad/s = 10 rad/s; $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0{,}628$ s ≈ **0,63 s**.

$v_{max} = A\omega = 0{,}050$ m · 10 rad/s = **0,50 m/s**; $a_{max} = A\omega^2 = 0{,}050 \cdot 100 =$ **5,0 m/s²**.

Przykład 2. **Oblicz okres małych drgań wahadła o długości 0,80 m i liczbę pełnych drgań w ciągu minuty. Przyjmij, że $g = 9{,}81$ m/s².**

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{(0{,}80 : 9{,}81)}$ s = 1,794 s ≈ **1,8 s**.

W ciągu 60 s: 60 : 1,794 ≈ 33,4 – wahadło wykona **33 pełne drgania**.

Przykład 3. **Ciężarek o masie 0,50 kg drga na sprężynie o współczynniku 200 N/m z amplitudą 3,0 cm. Oblicz energię drgań i wartość prędkości ciężarka w chwili, gdy wychylenie wynosi 1,5 cm. Pomiń opory ruchu.**

$E = \frac{kA^2}{2} = ½ \cdot 200$ N/m · (0,030 m)² = **0,090 J**.

Zasada zachowania energii: $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{k}{m}(A^2 - x^2)} = \sqrt{(400 \cdot (0{,}000900 - 0{,}000225))}$ m/s ≈ **0,52 m/s**.

Zadania

Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Siła o wartości 6,0 N wydłuża sprężynę o 4,0 cm. Oblicz współczynnik sprężystości tej sprężyny. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

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

1. Okres małych drgań wahadła matematycznego nie zależy od masy kulki.	P	F
2. W położeniu równowagi przyspieszenie ciała w ruchu harmonicznym ma największą wartość.	P	F
3. Im większa masa ciężarka na tej samej sprężynie, tym dłuższy okres drgań.	P	F

Drgania harmoniczne – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR

KARTA 2/8

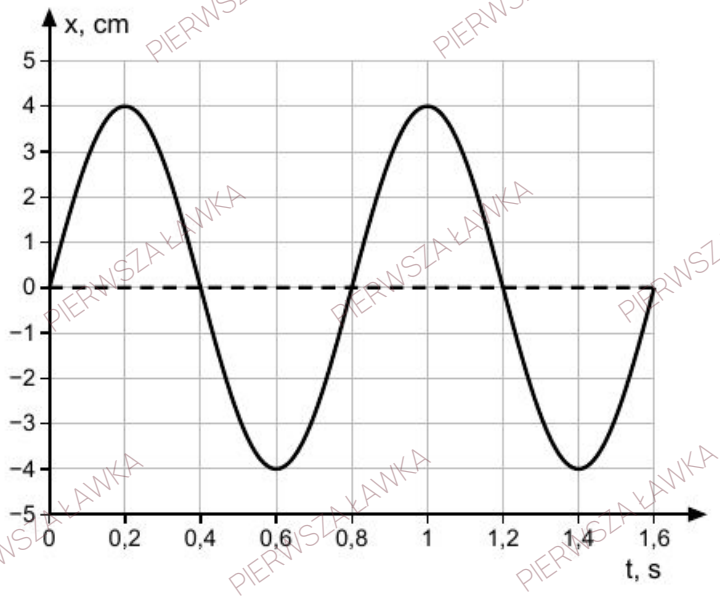
Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 16 pkt

Ćwiczenia · 16 pkt

Zadanie 1. (0–3 pkt) ..... / 3

Na wykresie przedstawiono zależność wychylenia ciężarka od czasu. Odczytaj amplitudę i okres drgań, a następnie oblicz największą wartość prędkości i największą wartość przyspieszenia ciężarka. Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie



Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Ciało wykonuje drgania harmoniczne. Wartość prędkości ciała jest największa, gdy ciało

A. znajduje się w połowie drogi między położeniem równowagi a skrajnym.

B. znajduje się w skrajnym położeniu.

C. przechodzi przez położenie równowagi.

D. ma największe przyspieszenie.

Zadanie 3. (0–3 pkt) ..... / 3

Dwa jednakowe wahadła wychylono w przeciwne strony o ten sam mały kąt i puszczono jednocześnie. Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

1. Wahadła drgają w fazach przeciwnych.	**P**	**F**
2. W każdej chwili wychylenia wahadeł mają przeciwne znaki i równe wartości.	**P**	**F**
3. Wahadła mijają położenie równowagi w tę samą stronę.	**P**	**F**

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

Uczniowie badali, jak okres drgań ciężarka na sprężynie zależy od masy ciężarka. Ciężarek o masie 0,20 kg drgał z okresem 0,50 s. Oblicz współczynnik sprężystości sprężyny oraz okres drgań ciężarka o masie 0,80 kg na tej samej sprężynie. Współczynnik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 5. (0–4 pkt) ..... / 4

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

1. amplituda	a) N/m
2. częstość kołowa	b) Hz
3. współczynnik sprężystości	c) m
4. częstotliwość	d) rad/s

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

Ciężarek o masie 0,20 kg drga poziomo na gładkim stole, przymocowany do sprężyny o współczynniku sprężystości 80 N/m, z amplitudą 5,0 cm. Oblicz całkowitą energię drgań i największą wartość prędkości ciężarka. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

Drgania harmoniczne – zadania typu maturalnego

Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki

ZR

KARTA 3/8

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

Zadania typu maturalnego · 15 pkt

Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Wahadło matematyczne przeniesiono z Ziemi na Księżyc. Przyjmij, że przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu jest równe 1,62 m/s², a na Ziemi 9,81 m/s². Okres małych drgań tego wahadła na Księżycu jest w porównaniu z okresem na Ziemi

A. około 2,5 razy krótszy.

B. około 2,5 razy dłuższy.

C. taki sam.

D. około 6 razy dłuższy.

Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

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

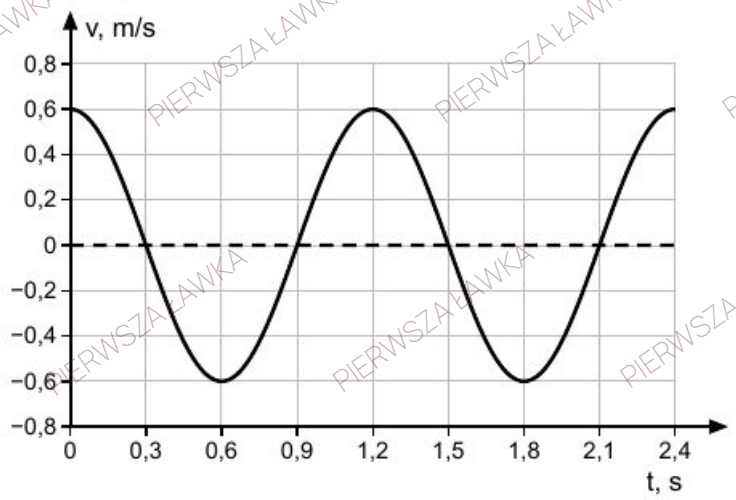
1. W ruchu harmonicznym przyspieszenie ciała ma zawsze zwrot przeciwny do jego wychylenia z położenia równowagi.	P	F
2. W skrajnym położeniu wartości prędkości i przyspieszenia ciała są równe zero.	P	F

Zadanie 3. (0–5 pkt)

Ciężarek o masie 0,30 kg drga poziomo na gładkiej powierzchni, przymocowany do sprężyny. Jego wychylenie opisuje równanie $x(t) = A\sin(\omega t)$, a zależność prędkości od czasu przedstawiono na wykresie.

Przyjmij, że:

- opory ruchu można pominąć;
- sprężyna jest nieważka i spełnia prawo Hooke'a.



Zadanie 3.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz amplitudę drgań ciężarka. Wynik podaj w metrach z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz współczynnik sprężystości sprężyny. 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.
W chwili $t = 0{,}3$ s ciężarek znajduje się

A. w położeniu $x = -A$.

B. w połowie odległości między położeniem równowagi a położeniem $x = A$.

C. w położeniu równowagi i porusza się w stronę dodatnich wychyleń.

D. w położeniu $x = A$.

Zadanie 4. (0–3 pkt) ..... / 3

Ciało wykonuje drgania harmoniczne z amplitudą A i częstością kołową ω. Wyznacz wartość prędkości ciała v w chwili, gdy jego wychylenie jest równe x – w zależności tylko od A, x i ω. Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na v.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

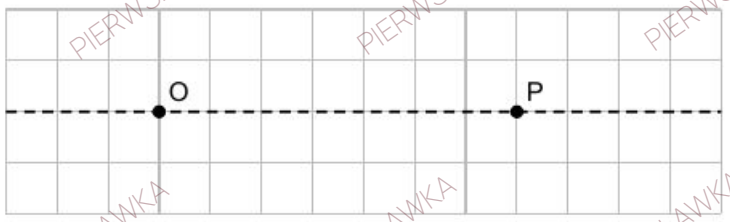
Ciało drga harmonicznie z amplitudą A. Wykaż, że energia kinetyczna ciała jest równa jego energii potencjalnej sprężystości w chwili, gdy wychylenie jest równe $\frac{A}{\sqrt{2}}$. Powołaj się na zasadę zachowania energii.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 6. (0–1 pkt) ..... / 1

Ciężarek przymocowany do poziomej sprężyny drga na gładkim stole wzdłuż prostej. Punkt O to położenie równowagi, a P – położenie ciężarka w pewnej chwili (sprężyna jest wtedy rozciągnięta). Narysuj w punkcie P wektor przyspieszenia ciężarka. Zachowaj odpowiedni kierunek i zwrot.

Miejsce na odpowiedź



Zadanie 7. (0–2 pkt) ..... / 2

Zespół bębna pralki o masie 30 kg jest zawieszony na sprężynach. Pralkę można modelować jako ciężarek na jednej sprężynie o współczynniku sprężystości $1{,}2 \cdot 10^5$ N/m. Niewyważone pranie działa na bęben okresowo zmieniającą się siłą, której częstotliwość jest równa częstotliwości obrotów bębna. Oblicz, przy jakiej liczbie obrotów bębna na minutę obudowa drga najsilniej. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Drgania harmoniczne – 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. (0–6 pkt)

Uczniowie wyznaczali przyspieszenie ziemskie za pomocą wahadła: małej, ciężkiej kulki na cienkiej nici. Dla pięciu długości wahadła mierzyli stoperem czas 10 pełnych drgań przy wychyleniu nie większym niż ok. 5° i obliczali kwadrat okresu. Niepewność pomiaru długości wynosi 0,005 m, a niepewność T^2 – 0,05 s².

Pomiar	1	2	3	4	5
l, m	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90
T^2, s²	1,24	1,79	2,43	2,99	3,64

Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

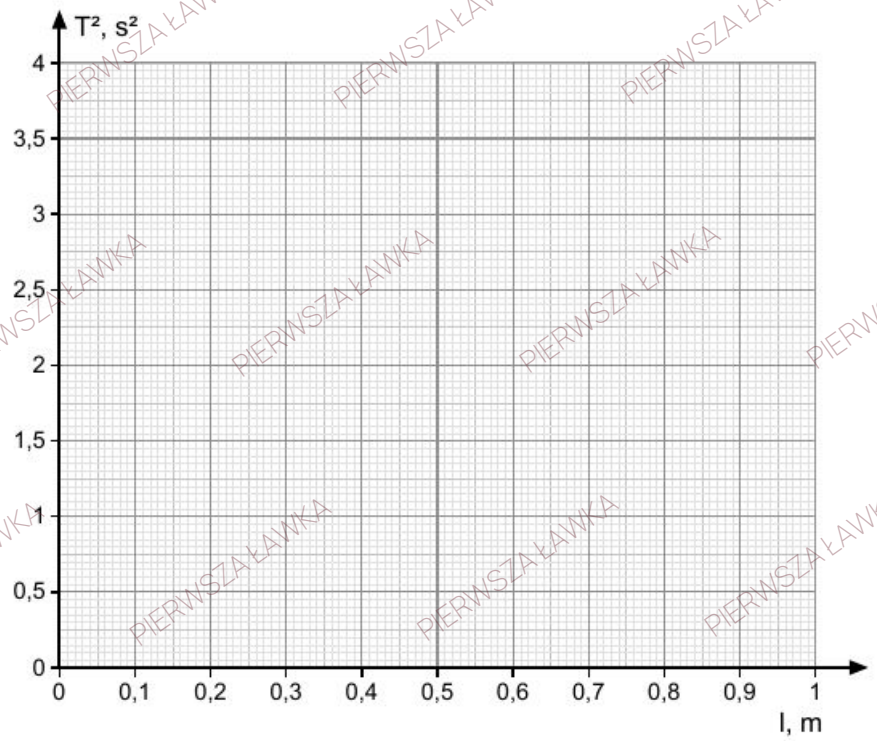
Wyjaśnij, dlaczego uczniowie mierzyli czas 10 drgań zamiast jednego oraz dlaczego wychylenie wahadła było małe.

Miejsce na odpowiedź

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, wyznacz przyspieszenie ziemskie. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–5 pkt)

Przeczytaj tekst i wykonaj zadania. Przyjmij, że $g = 9{,}81\ m/s^2$.

Wahadło Foucaulta w Panteonie

W 1851 roku Léon Foucault pokazał w paryskim Panteonie, że Ziemia obraca się wokół własnej osi. Pod kopułą zawiesił mosiężną kulę z ołowianym rdzeniem o masie 28 kg na drucie o długości 67 m. Okres wahań wynosił około 16,5 s, a płaszczyzna wahań powoli się obracała – w Paryżu wykonuje pełny obrót w około 32 godziny. Kopia wahadła wisi w Panteonie do dziś.

Opracowano na podstawie: Foucault pendulum, Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Foucault_pendulum, dostęp 27.10.2026) – długość 67 m, masa 28 kg, okres ok. 16,5 s, czas obrotu płaszczyzny ok. 31,8 h.

Zadanie 2.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz okres małych drgań wahadła z Panteonu w modelu wahadła matematycznego. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących i porównaj go z wartością podaną w tekście. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Gdyby kulę tego wahadła zastąpiono kulą o takich samych rozmiarach, ale dwa razy mniejszej masie, okres małych drgań

A. nie zmieniłby się.

B. wzrósłby 2 razy.

C. zmalałby $\sqrt{2}$ razy.

D. wzrósłby $\sqrt{2}$ razy.

Zadanie 2.3. (0–2 pkt) ..... / 2

Wymień dwa założenia modelu wahadła matematycznego i wyjaśnij, dlaczego wahadło z Panteonu dobrze je spełnia.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

Most Millennium w Londynie otwarto 10 czerwca 2000 r. Tego dnia przeszło przez niego ok. 90 000 osób, a jednocześnie na moście było do 2000 osób. Most zaczął się kołysać na boki (do ok. 70 mm), więc po dwóch dniach go zamknięto. Inżynierowie ustalili, że lekkie mosty, których drgania boczne mają częstotliwość poniżej ok. 1,3 Hz, są wrażliwe na rytm idących ludzi. Most otwarto ponownie w 2002 r. po zamontowaniu urządzeń ograniczających drgania (opracowano na podstawie: https://en.wikipedia.org/wiki/Millennium_Bridge,_London, dostęp 27.10.2026).
Przyjmij, że idący człowiek stawia 2 kroki na sekundę, a jego ciało przesuwa się raz w lewo i raz w prawo w ciągu dwóch kroków. Oblicz częstotliwość bocznego kołysania idącego człowieka i wyjaśnij, dlaczego tłum na moście mógł silnie rozkołysać most. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Drgania harmoniczne – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 2 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 12 z 39 stron. Pełna wersja: 39 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Drgania harmoniczne – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 9 pkt
- Karta 2: Drgania harmoniczne – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 16 pkt
- Karta 3: Drgania harmoniczne – zadania typu maturalnego – 7 zadań, 15 pkt
- Karta 4: Drgania harmoniczne – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 4 zadania, 15 pkt
- Karta 5: Kartkówka: drgania harmoniczne – grupa A – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 6: Kartkówka: drgania harmoniczne – grupa B – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Drgania harmoniczne – grupa A – 9 zadań, 20 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Drgania harmoniczne – grupa B – 9 zadań, 20 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwiczenia, zadania typu maturaln

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-2-dzial-13-drgania-harmoniczne-zakres-rozszerzony