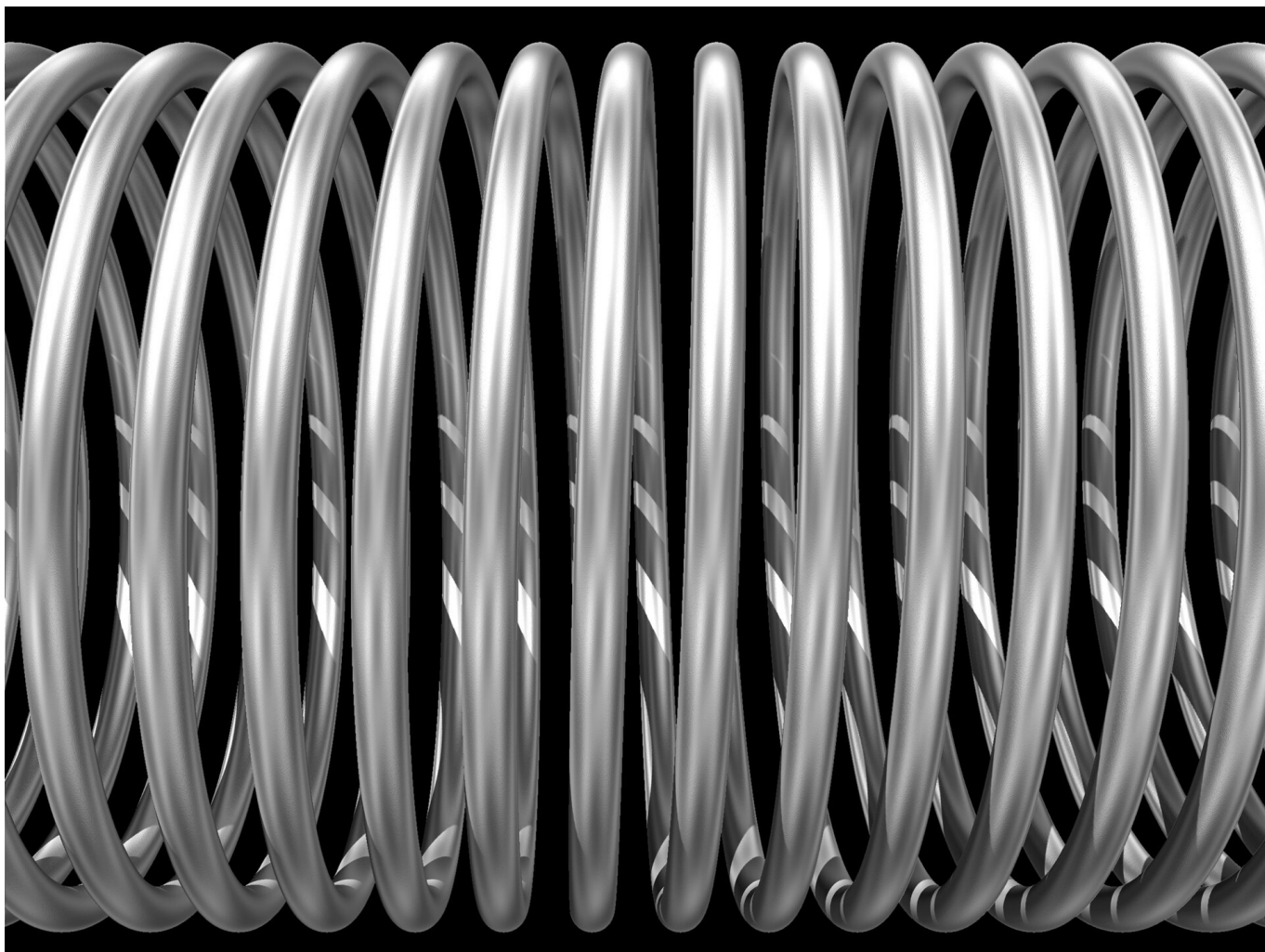
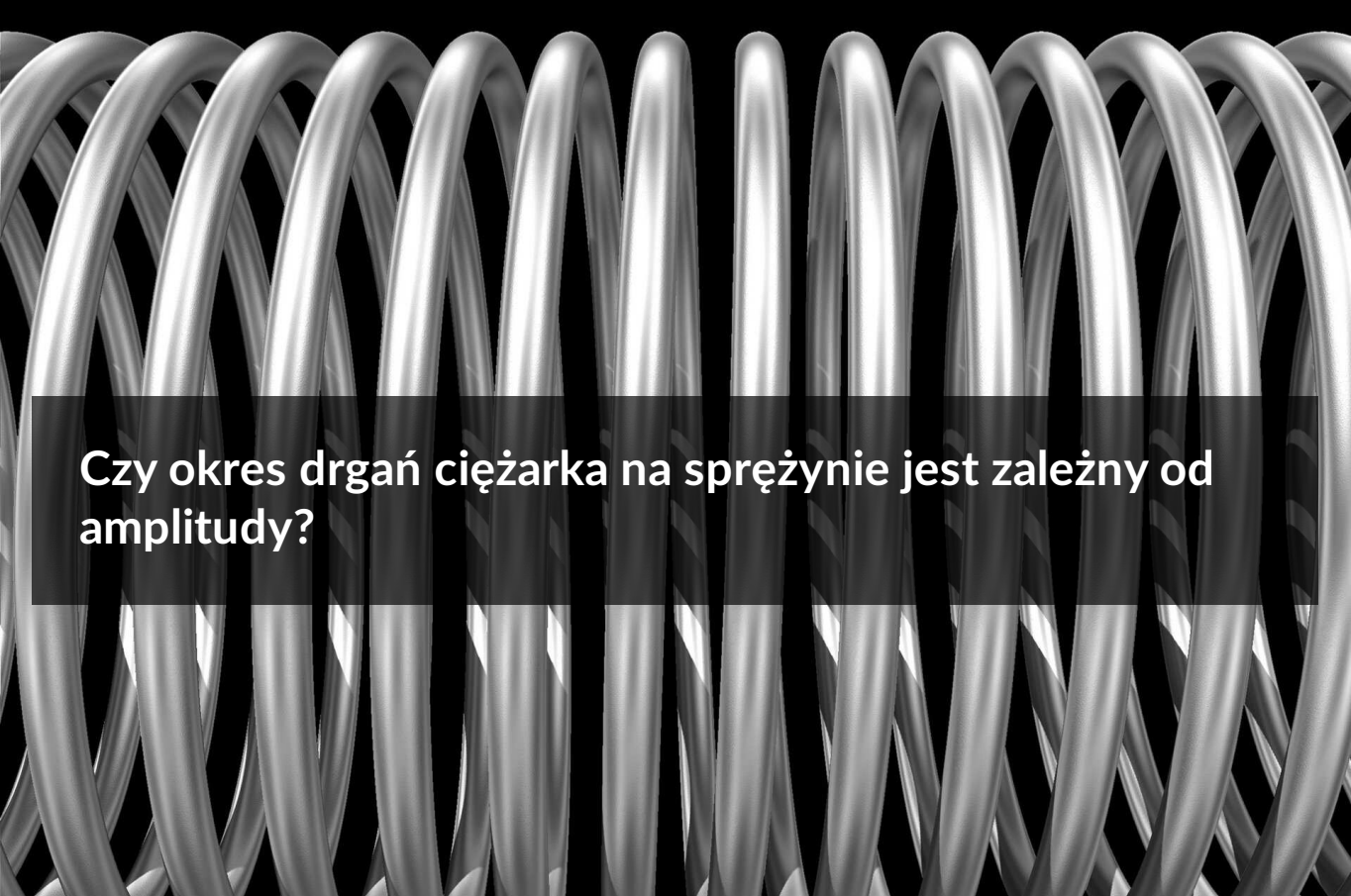




Czy okres drgań ciężarka na sprężynie jest zależny od amplitudy?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-I](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy okres drgań ciężarka na sprężynie jest zależny od amplitudy?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/illustrations/wiosna-cewka-spr%C4%99%C5%BCyna-%C5%9Brubowa-1084991/> [dostęp 31.05.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe ?

Ciężarek zawieszony na sprężynie może zostać wprowadzony w drgania. Czy wiecie od czego zależy okres tych drgań? Zapewne przychodzą Wam teraz na myśl różne odpowiedzi. No właśnie, czy zależy on od masy ciężarka, jego początkowego wychylenia, czyli amplitudy drań, a może od własności sprężyny, takich jak materiał, z którego została wykonana, gęstość zwojów itd. Nie będziemy Was trzymać w niepewności i odpowiemy: doświadczenie pokazuje, że okres drgań ciężarka zależy jedynie od jego masy i od własności sprężyny, które to własności można opisać jednym parametrem, tzw. stałą sprężystości. Jeśli czujecie się zaskoczeni tą odpowiedzią, bo np. obstawialiście, że wśród wielkości, które wpływają na okres drgań ciężarka na sprężynie jest jego amplituda, to ten e-materiał jest dla Was! Skorzystajcie z wirtualnego laboratorium dołączonego do tego e-materiału i sami przekonajcie się o prawdziwości naszych słów.



Fot. a. Sprężyna spiralna. Czy wiesz, że w zastosowaniach technicznych sprężyny spiralne były wykorzystywane już w XV wieku?

Źródło: dostępny w internecie: <https://unsplash.com/photos/tePIDFsg3HE> [dostęp 31.05.2022], domena publiczna.

Twoje cele

- wyjaśnisz od czego zależy okres drgań ciężarka na sprężynie,
- wykonasz doświadczenie w wirtualnym laboratorium, na podstawie którego zweryfikujesz doświadczalnie tezę, że okres drgań ciężarka nie zależy od amplitudy drgań,
- rozwiążesz szereg zadań rachunkowych dotyczących ciężarka drgającego na sprężynie.

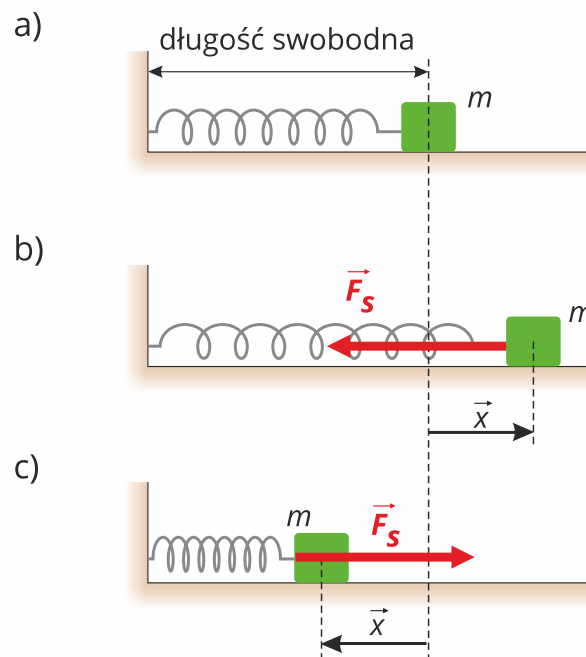
Warto przeczytać

Gdy rozciągamy sprężynę ręką, wtedy działa ona na naszą rękę siłą sprężystości opisywaną przez prawo Hooke'a:

$$\vec{F}_s = -k \vec{x},$$

(1)

gdzie k jest **współczynnikiem sprężystości** sprężyny, zależnym m.in. od tego, z jakiego materiału jest ona wykonana, zaś $\vec{x}$ to wektor, charakteryzujący wydłużenie sprężyny względem jej długości swobodnej (Rys. 1.a.). **Długość swobodna** to długość, jaką ma sprężyna, gdy nie działają na nią żadne zewnętrzne siły. Niektóre sprężyny oprócz rozciągania można również ścisnąć. Są to sprężyny, które, mając długość równą długości swobodnej, posiadają odstępy między sąsiednimi zwojami, jak np. sprężyny amortyzatorów (Rys. 2.) lub sprężyna w długopisie. Wówczas, podczas ściskania również pojawia się siła sprężystości zgodna z prawem Hooke'a. Minus w prawie Hooke'a opisuje fakt, wektor siły sprężystości jest zawsze przeciwnie skierowany do wektora charakteryzującego odkształcenie. Na przykład, gdy sprężyna jest rozciągana, siła sprężystości działa, by sprężynę ścisnąć (Rys. 1.b.), gdy zaś sprężyna jest ściskana, siła sprężystości działa, by sprężynę rozciągnąć (Rys. 1.c.).



Rys. 1. Ilustracja prawa Hooke'a (szczegółowy opis oznaczeń użytych na rysunku zamieszczono w tekście).

Oczywiście wszystkie materiały mają pewną wytrzymałość i jeśli za bardzo rozciągniemy sprężynę, w końcu odkształci się ona na stałe, a nawet pęknie. Jeśli jednak nie będziemy rozciągać jej zbyt mocno, prawo Hooke'a będzie spełnione.

Jeśli sprężyna nie jest nadmiernie rozciągana i prawo Hooke'a jest spełnione, wtedy zachodzi następująca zależność:

Ważne!

Jeśli wprowadzimy w drgania ciężarek na sprężynie, to **okres** tych drgań jest opisany wzorem:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

(2)

gdzie m to masa ciężarka, a k to współczynnik sprężystości sprężyny.

Zauważmy, że okres T zależy tylko od masy ciężarka i od własności sprężyny. Nie zależy on ani od początkowego wychylenia ciężarka, ani od przyspieszenia grawitacyjnego (jeśli układ znajduje się w polu grawitacyjnym).

Powtórzmy to jeszcze raz, innymi słowami: Gdy ciężarek zaczepiony na sprężynie będziemy puszczać z różnych położeń początkowych, ale bez prędkości początkowej, to okres jego drgań zawsze będzie taki sam!



Rys. 2. Dzięki amortyzatorom jazda na motorze jest nie tylko przyjemniejsza (mniej trzęsie), ale też bezpieczniejsza.

Źródło: dostępny w internecie: <https://unsplash.com/photos/7dwr-rZ1aMM> [dostęp 16.02.2023].

Teraz nie pozostaje nam nic innego, jak zweryfikować to przewidywanie doświadczalnie. Przykładowe doświadczenie, które można w tym celu wykonać, jest następujące. Na stabilnym statywie zawieszamy pewną sprężynę, a na niej ciężarek. Nie musimy znać współczynnika sprężystości tej sprężyny, ani masy ciężarka. Do ściany przymocujemy pionowo linijkę tak, aby zero na jej skali znajdowało się na wysokości położenia równowagi ciężarka, a reszta skali znajdowała się niżej. Następnie rozciągamy sprężynę o pewną długość (będzie, to możliwa do odczytania z linijki, amplituda drgań ciężarka). Puszczamy ciężarek, wprowadzając go w drgania i mierzymy ich okres przy pomocy stopera. Procedurę tę powtarzamy dla kilku różnych amplitud. Jeśli za każdym razem otrzymamy ten sam okres, oznaczać to będzie, że przewidywania teoretyczne, reprezentowane przez wzór (2) są zgodne z doświadczeniem.

Oczywiście, zmierzone wartości okresu na pewno nie będą idealnie takie same. Aby ściśle zweryfikować zgodność teorii z doświadczeniem, należy wziąć pod uwagę niepewności pomiarowe. W tym celu, przy pomocy komputera lub odręcznie na papierze milimetrowym, wykonujemy wykres okresu od amplitudy: $T(A)$, pamiętając o tym, żeby punkty pomiarowe nanosić na wykres razem z ich odcinkami niepewności. Postępując w taki sposób powinniśmy otrzymać poziomą prostą, ponieważ według teorii sporządzany wykres jest wykresem funkcji stałej.

Słowniczek

długość swobodna

(ang. *free length*) – długość, którą ma sprężyna, gdy nie działają na nią żadne zewnętrzne siły.

okres drgań

(ang.: *period of oscillation*) – czas trwania jednego pełnego drgania.

współczynnik sprężystości

(ang.: *spring constant*) – parametr opisujący sprężynę. Zgodnie z prawem Hooke'a jest to stosunek wartości siły sprężystości do wartości wydłużenia sprężyny, czyli $k = |F/x|$. Jednostką współczynnika sprężystości jest N/m.

Wirtualne laboratorium WL-I

Czy okres drgań ciężarka na sprężynie jest zależny od amplitudy?

Izochronizm, to własność układu drgającego polegająca na niezależności okresu drgań od amplitudy. W dołączonym do tego e-materiału wirtualnym laboratorium możesz wykonać pomiary, dzięki którym samodzielnie potwierdzisz lub obalisz hipotezę mówiącą o izochroniczności drgań ciężarka na sprężynie.

Polecenie 1

Zanim rozpoczniesz pracę w laboratorium proponujemy Ci obejrzenie filmu nagranego podczas rzeczywistych pomiarów. Celem eksperymentu jest zbadanie, czy amplituda drgań masy na sprężynie wpływa na okres drgań.

Nauczyciel fizyki objaśnia postępowanie, zaś uczeń wykonuje pomiary czasu trwania 10 okresów drgań ciężarka na sprężynie, dla trzech różnych amplitud ciężarka.

Uzasadnij, w krótkiej wypowiedzi, że uzyskane podczas tego doświadczenia wyniki potwierdzają hipotezę izochronicznego charakteru drgań ciężarka na sprężynie.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RxoPtADJXlnJa>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Doświadczenie 1

Zależność okresu drgań od amplitudy

Problem badawczy

Celem eksperymentu jest zbadanie zależności $T(A)$ - okresu drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie od amplitudy jego drgań.

Hipoteza

Okres drgań T jest niezależny od amplitudy A jego drgań.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem Wirtualnego laboratorium. Porównaj je z wyposażeniem, którym dysponują w filmie uczeń oraz nauczyciel.

Ćwiczenie 1

Wskaż właściwe uzupełnienia każdego ze zdań:

Wyposażenie rzeczywistego laboratorium (w filmie) jest uboższe od zaproponowanego w laboratorium wirtualnym. Brakuje w nim odpowiednika ☐ ciężarka ☐ linijki ☐ ☐ sprężyny ☐ statywu ☐ stopera ☐ .

Brak ten:

- ☐ uniemożliwia przeprowadzenie ☐ nie stanowi przeszkody w przeprowadzeniu ☐ zaplanowanego badania;
- ☐ uniemożliwia rozstrzygnięcie ☐ nie stanowi przeszkody w rozstrzygnięciu ☐ postawionej hipotezy;
- ☐ uniemożliwia przedstawienie ☐ nie stanowi przeszkody w przedstawieniu ☐ wyników w postaci wykresu zależności $T(A)$ i wykorzystania go do rozstrzygnięcia hipotezy.

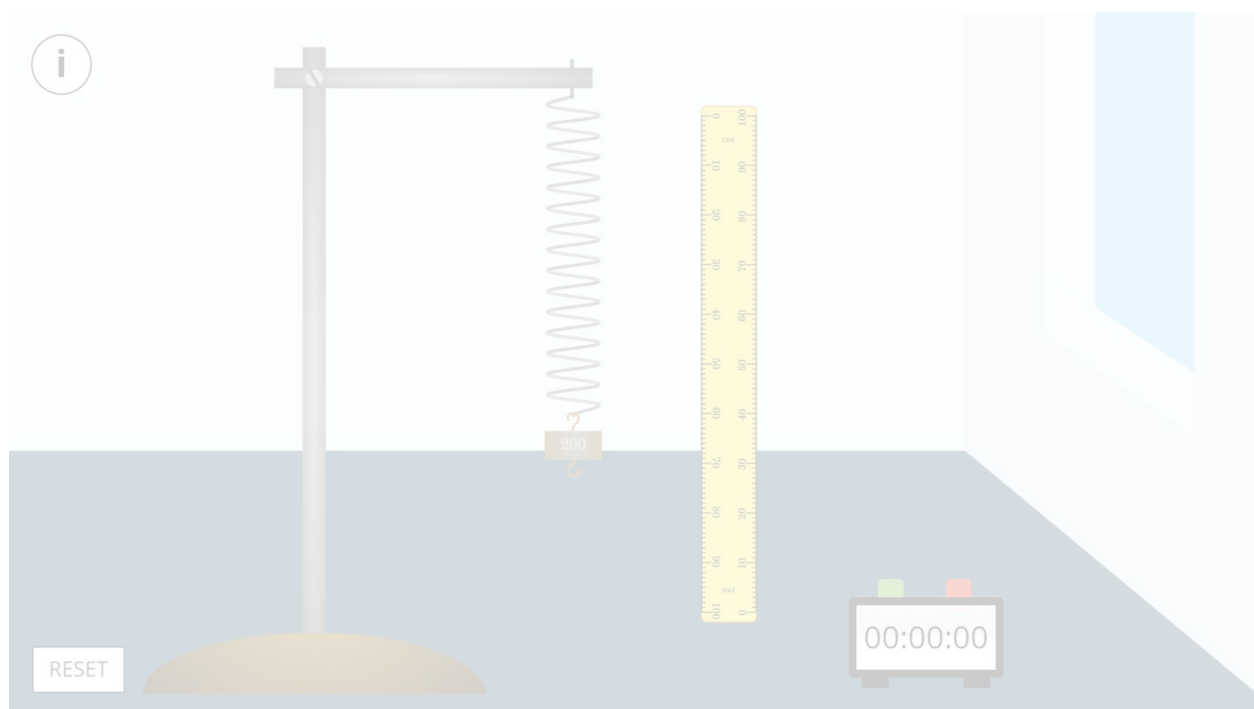
Zapisz uzasadnienia swoich pierwszych wskazań w Dzienniku pomiarów. Jeśli którekolwiek okazało się błędne, zapisz także uzasadnienie właściwego wskazania.

Instrukcja

Przeanalizuj instrukcję zawartą w Wirtualnym laboratorium. Porównaj ją z postępowaniem nauczyciela w filmie. Zwróć uwagę, że mierzący czas uczeń rozpoczyna odliczanie od „zero” w chwili uruchomienia stopera. Zastanów się nad powodem takiego postępowania - jakiego błędu pozwala ono uniknąć?

Polecenie 2

- Wybierz wartość n - liczby pełnych okresów drgań ciężarka, po których zatrzymasz stoper i odczytasz czas t .
- Przeprowadź pomiar okresu drgań T dla co najmniej czterech różnych amplitud A . Amplitudy te wybierz dowolnie.
- Wybór oraz wyniki wpisz do Dziennika pomiarów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4HpyB9Fq>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Izochronizm drgań masy na sprężynie

Doświadczenie 1

Dziennik pomiarów

Data:

$n =$

Lp.	A (cm)	t (s)	$u(t)$ (s)	$T = \frac{t}{n}$ (s)	$u(T)$ (s)

--	--	--	--	--	--

Komentarze, rozstrzygnięcie hipotezy, konkluzje

Podsumowanie

Polecenie 3

- Przeanalizuj zaproponowaną w instrukcji propozycję określenia niepewności standardowej $u(t)$ pomiaru czasu trwania n okresów drgań. Jeśli zgadzasz się z przedstawioną tam oceną, uzupełnij kolumny $u(t)$ oraz $u(T)$ w tabeli pomiarów zgodnie z tą propozycją.

W przeciwnym razie oszacuj tę niepewność zgodnie z własną wiedzą i doświadczeniem, a odpowiednie kolumny uzupełnij zgodnie z dokonaną oceną. Swoje oszacowanie przedstaw w Dzienniku pomiarów.

- Sporządź wykres zależności $T(A)$.

- Rozważ celowość naniesienia odcinków niepewności pomiaru amplitudy drgań. Zapisz swoją decyzję wraz z krótkim uzasadnieniem w Dzienniku pomiarów.

- Zorganizuj i wyskaluj oś rzędnych wykresu w taki sposób, by odcinki niepewności $u(T)$ były na niej dobrze widoczne. Uzasadnij krótko następujące stwierdzenie: „Naniesienie niepewności pomiaru okresu drgań jest konieczne dla rozstrzygnięcia hipotezy”.

- Na podstawie wykresu rozstrzygnij hipotezę badawczą. Swoją argumentację zapisz w Dzienniku pomiarów.

Doświadczenie 2

Dla zainteresowanych

Weryfikacja niezależności okresu drgań masy na sprężynie od amplitudy drgań oraz oszacowania niepewności pomiaru okresu drgań masy na sprężynie

Problem badawczy

1. Celem głównym eksperymentu jest weryfikacja wyniku uzyskanego w doświadczeniu 1., z wykorzystaniem innej procedury pomiaru i opracowania wyniku.
2. Celem ubocznym jest weryfikacja oszacowania niepewności pomiaru okresu drgań, dokonanego w doświadczeniu 1. oraz ocena przydatności stopera o dokładności 0,01 s w tym doświadczeniu.

Hipoteza

1. Okres drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie T jest niezależny od amplitudy A jego drgań.
2. Dokładność stopera jest zbyt duża jak na potrzeby tego pomiaru.

Co będzie potrzebne

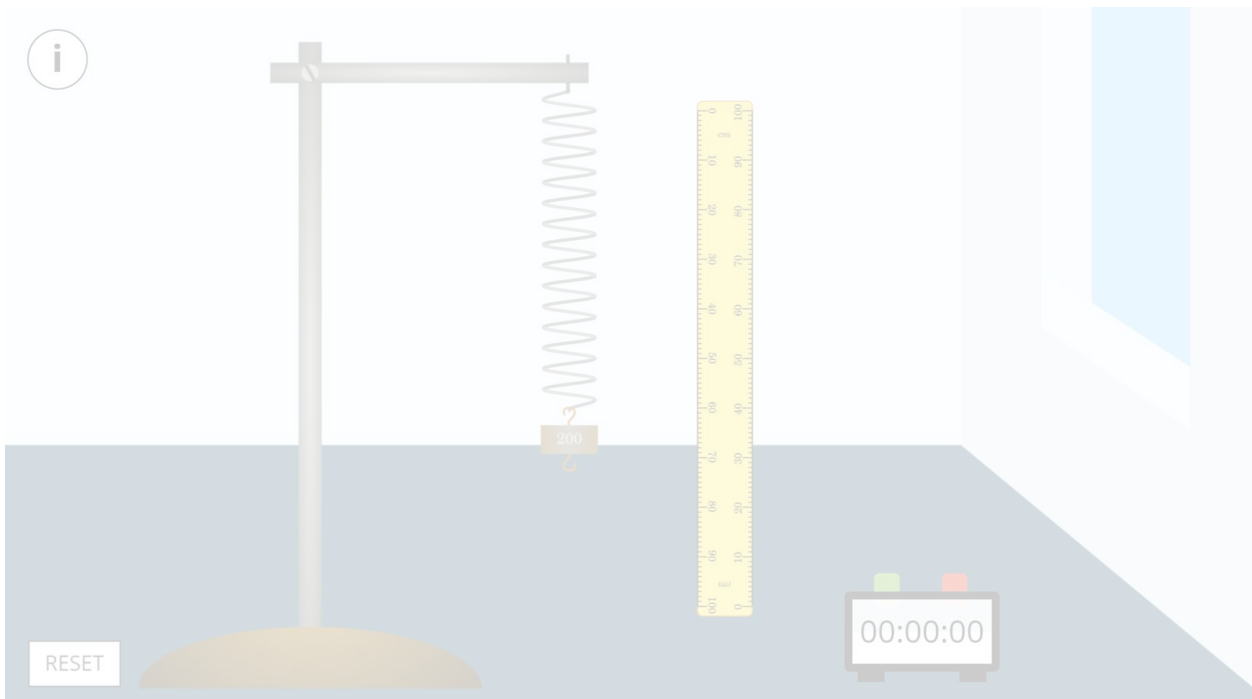
Przede wszystkim potrzebna będzie współpraca. Doświadczenie nie jest trudne, ale może okazać się żmudne - prawidłowe jego wykonanie wymaga przeprowadzenia dużej liczby pomiarów. Niech to Cię nie zniechęci - zmobilizuj grupę koleżanek i kolegów do udziału w eksperymencie. Im liczniejsza grupa, tym lepiej.

Każdy uczestnik będzie korzystał z tego samego, typowego wyposażenia Wirtualnego laboratorium. Zadania uczestników w zakresie pomiarów będą takie same, a wyniki opracujecie wspólnie.

Instrukcja

Polecenie 4

- Wybierzcie wartość n - liczby pełnych okresów drgań ciężarka, po których mierzący zatrzyma stoper i odczyta czas t . Wartość ta musi być jednakowa dla wszystkich; dodatkowo pożądanym byłoby przyjęcie takiej samej wartości jak w doświadczeniu 1. Porównanie wyników będzie wtedy bardziej wiarygodne.
- Ustalcie, ile razy każdy uczestnik zmierzy czas t i na tej podstawie wyznaczy okres drgań T . Ta liczba, oznaczmy ją symbolem k , musi być jednakowa dla wszystkich. Im jest większa, tym lepiej i tym bardziej znaczące statystycznie będą Wasze wyniki. Przyzwoite minimum to $k = 12$.
- Przydzielcie każdemu uczestnikowi inną amplitudę drgań ciężarka. Wykorzystajcie, w miarę równomiernie, maksymalny zakres amplitud, na jakie pozwala Wirtualne laboratorium.
- Opracujcie wspólne dla wszystkich tryby pracy, by Wasze wyniki były możliwie *powtarzalne*. Ich *niezależność* zapewnicie uzgadniając, że do czasu zakończenia pomiarów przez wszystkich mierzących, pozostali nie wymieniają między sobą żadnych informacji o swojej pracy. Te i podobne zabiegi – zastanówcie się sami nad innymi możliwościami – podniosą wiarygodność Waszych rozstrzygnięć i wniosków.
- Każdy uczestnik przeprowadza serię k pomiarów. Wynikiem każdego pomiaru jest czas t trwania n okresów drgań układu oraz obliczony na jego podstawie T – okres drgań układu. W każdym pomiarze uczestnik ustawia przydzieloną mu amplitudę drgań.
Wyniki uczestnik wpisuje do swojej Tabeli pomiarów, wraz z ewentualnym komentarzem do któregośkolwiek z pomiarów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4HpyB9Fq>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Izochronizm drgań masy na sprężynie

Doświadczenie 2

Tabela pomiarów uczestnika

Uczestnik:

Data pomiaru:

DD-MM-RRRR

Pomiary wykonane dla amplitudy drgań $A =$

Liczba okresów drgań w jednym pomiarze $n =$

Liczba wykonanych pomiarów $k =$

Lp.

t (s)

T (s)

Komentarz

--	--	--	--

Wartość średnia:	$T_{\text{sr}} =$	
Odchylenie standardowe:	$s_T =$	
Niepewność pomiarowa:	$u(T) =$	

Podsumowanie

Każdy uczestnik opracowuje swoje wyniki. Wyznacza średnią wartość okresów $T_1, T_2, \dots, T_k$, ich rozrzut (odchylenie standardowe), s_T oraz niepewność standardową uzyskanej średniej $u(T)$. Przydatne może być skorzystanie z informacji w e-materiałach „W jakim celu niektóre pomiary powtarza się wielokrotnie i jaki jest ich wynik?” oraz „Wynik serii pomiarów powtarzalnych i jego niepewność standardowa”.

Zbiorczy wynik powinien powstać, to oczywiste, przy bezpośrednim udziale możliwie dużej liczby uczestników pomiarów.

Polecenie 5

1. Obliczcie okres drgań T_0 badanego układu, wynikający z wartości jego parametrów – masy i współczynnika sprężystości – podanych w instrukcji Wirtualnego laboratorium.

2. Wpiszcie do Tabeli zbiorczej informacje ogólne o pomiarach oraz wyniki pomiarów każdego uczestnika. Najlepiej będzie zrobić to w kolejności wzrastających amplitud – pomoże to zauważyć albo wykluczyć zależność okresu drgań od amplitudy.

3. Przygotujcie – na kartce lub w programie graficznym – poziomą oś „okresów drgań”.

- Nanieście na środku osi punkt odpowiadający okresowi T_0 ; poprowadźcie pionową linię przez ten punkt.

- Wyskalujcie oś w sekundach w taki sposób, by zmieściły się nad nią wszystkie pomiary z odcinkami niepewności o długości równej $2u(T)$. W razie potrzeby zajrzyjcie do e-materiału „Przedstawianie niepewności pomiarowych w formie graficznej”.

- Nanieście swoje wyniki, jeden nad drugim, w postaci poziomych odcinków, nad przygotowaną osią, w kolejności rosnących amplitud.

4. Na podstawie wykresu oraz tabeli rozstrzygnijcie punkt 1. hipotezy badawczej; zapiszcie rozstrzygnięcie, wraz z argumentacją, w Tabeli zbiorczej.

Izochronizm drgań masy na sprężynie

Doświadczenie 2

Tabela zbiorcza wyników pomiarów

Data sporządzenia: DD-MM-RRRF

Liczba uczestników:

Liczba okresów drgań w jednym pomiarze $n =$

Liczba wykonanych pomiarów $k =$

Oczekiwany okres drgań $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} =$

Lp.	A (cm)	T (s)	$u(T)$ (s)	Komentarz

Rozstrzygnięcia, uzasadnienia, komentarze

Ćwiczenie 2

Zainicjuj dyskusję wśród uczestników pomiaru na temat punktu 2. hipotezy badawczej. Zapisujcie argumenty wysuwane za jej przyjęciem lub za odrzuceniem w Tabeli zbiorczej. Jeśli dojdziecie do wspólnego, jednoznacznego stanowiska, przedstawcie je. Jeśli nie, przedstawcie podstawowe rozbieżności poglądów, których nie udało się usunąć.

===== Alternatywa WCAG

Zostaje czołówka:

Izochronizm, to własność układu drgającego polegająca na niezależności okresu drgań od amplitudy. W dołączonym do tego e materiału wirtualnym laboratorium możesz

wykonać pomiary, dzięki którym samodzielnie potwierdzisz lub obalisz hipotezę mówiącą o izochroniczności drgań ciężarka na sprężynie.

Polecenie powiązane z filmem edu

Polecenie 6

Zanim rozpoczniesz pracę w laboratorium proponujemy Ci obejrzenie filmu nagranego podczas rzeczywistych pomiarów. Celem eksperymentu jest zbadanie, czy amplituda drgań masy na sprężynie wpływa na okres drgań.

Nauczyciel fizyki objaśnia postępowanie, zaś uczeń wykonuje pomiary czasu trwania 10 okresów drgań ciężarka na sprężynie, dla trzech różnych amplitud ciężarka.

Film edu z audiodeskrypcją

Ula i Witek, przeczytawszy wstępne informacje o izochronizmie drgań, obejrzeli film i zanotowali wyniki pomiaru dziesięciu okresów drgań dla trzech różnych amplitud: małej, średniej i dużej. Po krótkiej wymianie spostrzeżeń i poglądów uzgodnili wspólne stanowisko: przeprowadzone pomiary oraz zaprezentowane w filmie wyniki nie pozwalają stwierdzić, czy masa drgająca na sprężynie to układ izochroniczny czy nie. Wskaż argumenty, które powinni przedstawić za takim wnioskiem.

- ☐ Wykonanie pomiarów dla trzech różnych amplitud jest niewystarczające.
- ☐ Wykonanie pomiarów dla trzech różnych amplitud jest nadmiarowe.
- ☐ Amplitudy nastawiano orientacyjnie, bez korzystania z linijki. Należało te amplitudy zmierzyć.
- ☐ Zmierzono czas trwania dziesięciu drgań, podczas gdy celem było zbadanie zależności okresu drgań od amplitudy.
- ☐ Wprawdzie dwa spośród trzech zmierzonych czasów są jednakowe, to trzeci jest od nich większy. Nie można więc stwierdzić, czy okres drgań jest stały.
- ☐ Dwa spośród trzech zmierzonych czasów są jednakowe a trzeci jest od nich większy. Różnica jest niewielka – poniżej jednej dziesiątej sekundy. Nie wiemy jednak, czy można tę różnicę pominąć, czy też należy ją uwzględnić.

W laboratorium przedstawiono stół, po prawej stronie którego widnieje okno. Na stole umieszczony jest statyw laboratoryjny. Z poziomego ramienia statywu zwisa w kierunku prawym sprężyna. Do jej dolnego końca przymocowany jest odważnik o kształcie walca, symbolizowany przez prostokąt. Odważnik powoduje, że sprężyna jest nieco rozciągnięta. Na prawo od sprężyny umieszczona jest linijka, wyposażona w dwie skale, obie w zakresie od zera do stu centymetrów. Dłuższe znaczniki, umieszczone co dziesięć centymetrów, są opisane. Krótsze znaczniki, umieszczone co centymetr, są nieopisane. Skala na lewym brzegu linijki ma zero u góry; skala na brzegu prawym ma zero u dołu. Dalej na prawo, na stole stoi elektroniczny stoper z dwoma guzikami sterującymi i widoczną sześciocyfrową skalą. Dwie pierwsze cyfry służą do wyświetlania minut, dwie kolejne do wyświetlania sekund a dwie ostatnie do wyświetlania setnych części sekundy. Lewy, zielony guzik włącza lub wyłącza stoper; prawy czerwony guzik zeruje jego wskazania. Przycisk opisany symbolem znaku zapytania w lewym górnym rogu ekranu wyświetla instrukcję postępowania; przycisk „RESET” w lewym dolnym rogu ekranu przywraca stan wyjściowy Wirtualnego laboratorium. Linijkę można uchwycić i przesuwać w kierunkach góra-dół oraz prawo-lewo. Odważnik na sprężynie można uchwycić, przesunąć do góry (sprężyna ściska się aż do granic możliwości) lub w dół (sprężyna się rozciąga aż odważnik dotknie stołu) i puścić. Odważnik wykonuje drgania harmoniczne o amplitudzie równej początkowemu wychyleniu. Amplituda drgań pozostaje niezmienna – w Wirtualnym laboratorium opory ruchu nie występują.

= = = koniec opisu wirtualnego laboratorium

Polecenie 7

Uporządkuj opisane czynności eksperymentalne tak, by stanowiły instrukcję postępowania w Wirtualnym laboratorium.

Przesunąć linijkę w pionie, by zero wybranej skali trafiło na górny lub dolny brzeg odważnika.



Zanotować nastawioną wartość A lub wpisać ją do tabeli wyników.



Puścić odważnik.



Chwycić odważnik i przesunąć go w górę lub w dół do żądanej wartości amplitudy drgań A .



Zapisać w tabeli wyników nastawioną amplitudę oraz zmierzony czas t .



Włączyć stoper w chwili gdy odważnik osiągnie łatwe do zarejestrowania, specyficzne położenie (na przykład maksymalne wychylenie w dół).



Po osiągnięciu tego samego specyficznego położenia wyłączyć stoper.



Przesunąć linijkę w poziomie, by znalazła się ona tuż przy prawym bądź lewym brzegu odważnika.



Polecenie 8

Uzupełnij poniższe informacje o rozdzielczości linijki i niepewności pomiaru amplitudy za jej pomocą.

Rozdzielczość używanej linijki wynosi . Przyjmuje się w takiej sytuacji, że niepewność pojedynczego pomiaru początkowego wychylenia ciężarka, czyli amplitudy jego drgań A , jest równa rozdzielczości linijki. Na tej podstawie można określić niepewność takiego pomiaru zgodnie z wyrażeniem $u(A) = \frac{\Delta A}{\sqrt{3}}$.

1 decymetr

1 centymetr

1 metr

standardową

standardowa

graniczną

1 milimetr

graniczna

Polecenie 9

W wirtualnym laboratorium zmierzono czasy trwania pięciu okresów drgań t dla pięciu różnych amplitud A . Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 1. Obliczono także wartość okresu drgań T .

Tabela 1. Wyniki pomiaru okresu drgań masy na sprężynce dla różnych amplitud

Lp.	A (cm)	t (s)	T (s)
1	10	7,02	1,404
2	20	7,16	1,432
3	30	6,95	1,390
4	40	6,96	1,392
5	50	6,97	1,394

Przyjęto jednakowe wartości niepewności granicznej pomiaru czasu $\Delta t = 0,4$ s.

Wskaż właściwe uzupełnienie informacji o niepewności standardowej pomiaru okresu drgań.

Niepewność standardowa pomiaru jednego okresu drgań $u(T) =$

☐ 0,046 s

☐ 0,04 s

☐ 0,08 s

☐ 0,23 s

☐ 0,4 s

Polecenie 10

Wskaż najbardziej trafne uzupełnienia notatki przedstawiającej wynik badania wraz z jego uzasadnieniem.

Przed przystąpieniem do pomiarów można było przyjąć trzy najprostsze hipotezy badawcze.

Prawdziwa okazała się hipoteza, że wraz ze wzrostem amplitudy okres drgań masy na sprężynce

☐

maleje.

☐

nie zmienia się.

☐

wzrasta.

Przemawia za tym fakt, że zmierzone okresy drgań

☐

są jednakowe.

☐

różnią się niewiele.

☐

są różne.

☐

różnią się o mniej niż standardowa niepewność pomiaru.

☐

różnią się o więcej niż standardowa niepewność pomiaru.

===== koniec Alternatywy WCAG

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Prawda czy fałsz?

Kiedy spełnione jest prawo Hooke'a, okres drgań ciężarka na sprężynie jest tym większy, im większa jest amplituda drgań ciężarka. P ☐ / F ☐

Kiedy spełnione jest prawo Hooke'a, okres drgań ciężarka na sprężynie jest tym większy, im większa jest masa ciężarka. P ☐ / F ☐

Kiedy spełnione jest prawo Hooke'a, okres drgań ciężarka na sprężynie jest tym większy, im mniejsze jest przyspieszenie grawitacyjne. P ☐ / F ☐

Ćwiczenie 2



W laboratorium na Ziemi wykonujemy eksperyment, w którym mierzymy okres pionowych drgań ciężarka zawieszonego na pionowej sprężynie. Spośród poniższych wielkości lub właściwości wybierz te, od których zależy okres drgań ciężarka na sprężynie.

☐ Materiał, z którego wykonana jest sprężyna

☐ Masa ciężarka

☐ Prędkość początkowa w pionie, nadana ciężarkowi

Ćwiczenie 3



Sprężyny A i B mają identyczne wymiary, ale są wykonane z różnych materiałów. Przez to współczynnik sprężystości sprężyny A jest większy niż współczynnik sprężystości sprężyny B. Uzupełnij luki literami "A" i "B", aby uzyskać poprawne stwierdzenia.

1. Rozciągamy obie sprężyny o taką samą długość. Aby to zrobić, większą siłę należy przyłożyć do sprężyny .

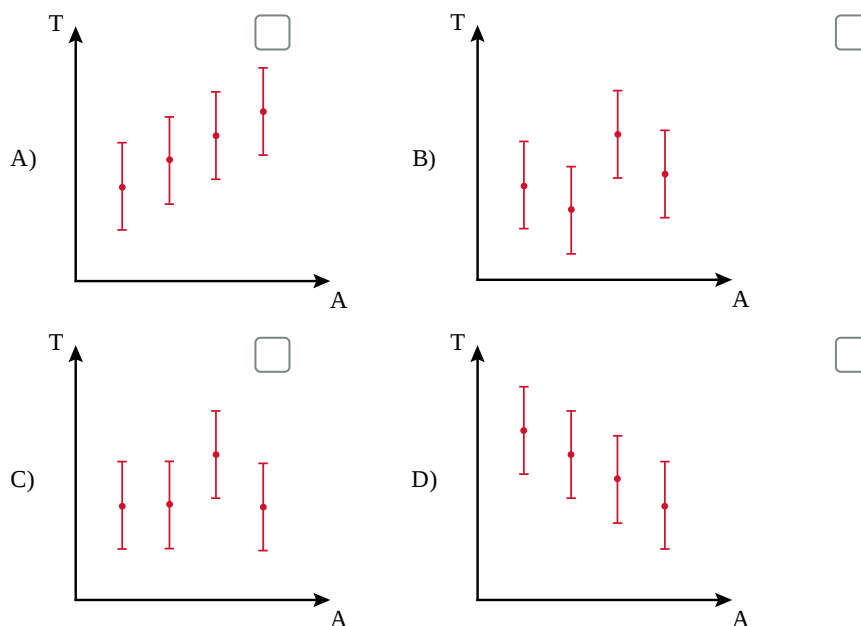
2. Ściskamy obie sprężyny o taką samą długość. Aby to zrobić, większą siłę należy przyłożyć do sprężyny .

3. Wieszamy obie sprężyny na statywie w pewnym laboratorium na Ziemi. Zawieszamy na obydwu sprężynach identyczne ciężarki. Bardziej wydłuży się sprężyna .

Ćwiczenie 4



Uczniowie wykonywali doświadczenie, w którym mierzyli okres drgań ciężarka na sprężynie dla różnych amplitud drgań. Poniższe wykresy okresu od amplitudy: $T(A)$, przedstawiają wyniki pomiarów, wraz z niepewnościami, dla czterech takich eksperymentów. Niektóre pomiary udały się uczniom lepiej, a niektóre gorzej. Wskaż, które z nich wykazują zgodność z tezą, że okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od amplitudy.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 5



Poniżej podano kilka wypowiedzi uczniów. Wskaż, które z nich są poprawne i uzasadnij dlaczego.

Nauczyciel prowadził lekcję o zależności okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy. Podczas tej lekcji wykonane zostało doświadczenie opisane na końcu części „Warto przeczytać” tego e-materiału. Po lekcji w głowach uczniów zrodziły się następujące wątpliwości:

a) *Jeśli okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od amplitudy, to przecież mógłbym wziąć sprężynę o długości swobodnej 20 cm i nadać ciężarkowi amplitudę drgań 1 km. Zachowanie ciężarka w tej sytuacji na pewno byłoby inne, niż gdyby amplituda wynosiła 1 cm.*

Prawda ☐ / Fałsz ☐

b) *Jak to możliwe, że okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od przyspieszenia grawitacyjnego? Przecież gdybyśmy próbowali wykonać nasz eksperyment w stanie nieważkości na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej - po zawieszeniu ciężarka na sprężynie, ta w ogóle by się nie rozciągnęła, bo nie ma grawitacji. Nie byłoby więc mowy o drganiach. Skoro tak, to gdy przyspieszenie grawitacyjne $g=0$, nie możemy w ogóle mówić o okresie drgań.*

Prawda ☐ / Fałsz ☐

c) *Wykonaliśmy ten eksperyment dla 4 różnych amplitud drgań i uzyskaliśmy zgodne okresy. Jednak to jeszcze nie dowodzi, że okres drgań nie zależy od amplitudy. Może gdybyśmy wybrali piątą amplitudę i powtórzyli eksperyment, otrzymalibyśmy inną wartość okresu.*

Prawda ☐ / Fałsz ☐

Ćwiczenie 6



Uczniowie przeprowadzili doświadczenie w wirtualnym laboratorium dołączonym do e-materiału pt. *Czy okres drgań ciężarka na sprężynie zależy od masy ciężarka?*

Używając jednego z dostępnych w laboratorium ciężarków, wykonali oni pomiary czasu trwania okresu drgań, dla czterech różnych amplitud. Poniższa tabela przedstawia wyniki tych pomiarów.

Nr pomiaru	Amplituda drgań, A [cm]	Okres drgań, T [s]	Niepewność okresu drgań, $u(T)$ [s]
1	5	1,32	0,02
2	10	1,34	0,02
3	15	1,35	0,02
4	20	1,34	0,02

Wykonaj wykres okresu od amplitudy $T(A)$. Możesz go sporządzić odręcznie na papierze milimetrowym lub skorzystać arkusza kalkulacyjnego na komputerze. Nanieś na wykres wszystkie punkty pomiarowe wraz z odcinkami oznaczającymi niepewności pomiarowe. Odpowiedź: Czy wykonane przez uczniów pomiary potwierdzają tezę mówiącą o niezależności okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy?

Ćwiczenie 7



Na pewnej sprężynie wisi ciężarek. Kiedy jest on wychylony o 3 cm z położenia równowagi, to wartość siły sprężystości jest równa 0,1 N. Oblicz współczynnik sprężystości sprężyny. Wynik podaj z dokładnością do 3 cyfr znaczących.

Odp.: $k =$ N/m.

Ćwiczenie 8



Oblicz okres drgań ciężarka o masie $m=75$ g, drgającego na sprężynie o współczynniku sprężystości równym $k=15$ N/m. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odp. $T =$ s.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krzysztof Lorek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czy okres drgań ciężarka na sprężynie jest zależny od amplitudy?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 13) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności. IV. Drgania. Uczeń: 5) doświadczalnie: a) demonstruje niezależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wyjaśnia, od czego zależy okres drgań wahadła na sprężynie, 2. wykonuje doświadczenie w wirtualnym laboratorium, na podstawie którego weryfikuje doświadczalnie tezę, że okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od amplitudy, 3. rozwiązuje zadania dotyczące ciężarka znajdującego się na sprężynie.
Strategie i metody nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna
Formy zajęć:	wykład, doświadczenie w wirtualnym laboratorium, doświadczenie
Środki dydaktyczne:	WL_I, ciężarki szkolne (np. 50g), sprężyny, statywy, stopery lub telefony komórkowe ze stoperami, centymetry lub miarki zwijane, papier milimetrowy
Materiały pomocnicze:	„Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki” T.Dryński
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Na poprzedniej lekcji nauczyciel prosi uczniów, by w ramach pracy domowej zapoznali się z wirtualnym laboratorium dołączonym do tego e-materiału oraz przypomnieli sobie wiadomości z analizy niepewności pomiarowych, potrzebne do wykonania tego eksperymentu w klasie. Na lekcję uczniowie mają przynieść po jednym arkuszu A4 papieru milimetrowego.	
Faza realizacyjna:	

- Nauczyciel zwraca uwagę uczniów na to, że okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od amplitudy drgań, a zatem wykres okresu od amplitudy $T(A)$ powinien być prostą poziomą. Nauczyciel tłumaczy sposób ścisłej weryfikacji tej tezy, z uwzględnieniem niepewności pomiarowych.
- Nauczyciel dzieli klasę na grupy 4-osobowe. Każda grupa otrzymuje statyw, ciężarek, sprężynę, miarkę i stoper (zamiast stopera można polecić uczniom, żeby korzystali ze stoperów w swoich telefonach komórkowych). Każda grupa ma przymocować sprężynę do statywu i ma za zadanie zmierzyć stoperem okres drgań ciężarka dla trzech różnych wychyleń początkowych, mierzonych miarkami. Następnie każdy uczeń ma za zadanie nanieść punkty pomiarowe na swój wykres, wraz z odcinkami oznaczającymi niepewności pomiaru okresu i zweryfikować tezę, że okres drgań ciężarka na sprężynie nie zależy od amplitudy. Nauczyciel komentuje i zapisuje na tablicy, jak zmierzyć okres oraz jakie niepewności pomiarowe okresu przyjąć.
- Uczniowie wykonują eksperyment, a nauczyciel chodzi po klasie i w razie potrzeby pomaga w wykonywaniu doświadczenia lub nanoszeniu punktów pomiarowych na wykres.

Faza podsumowująca:

- Nauczyciel przedstawia całej klasie pracę ucznia, na której najlepiej widać że hipoteza badawcza została potwierdzona.

Praca domowa:

Zadania 6, 7, 8 z zestawu ćwiczeń w celu utrwalenia wiadomości.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Doświadczenie w wirtualnym laboratorium uczniowie mogą wykonać po lekcji w celu utrwalenia zdobytych wiadomości.