



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Pakiet nr 8: Procesy falowe – od huśtawki do tsunami – instrukcje dla uczniów

dr Małgorzata Wysocka-Kunisz

*Institut Fizyki,
Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy
Jana Kochanowskiego w Kielcach,
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*

Wersja UJK/1.0

Niniejszy tekst w odniesieniu do ćwiczeń realizowanych na uczelni dotyczy realizacji pakietu na UJK. Materiał będzie aktualizowany w miarę poszerzania bazy aparaturowej pracowni uczelnianych.



- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów


Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP

Przy wykonywaniu wielu ćwiczeń konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności i przestrzeganie zasad bezpieczeństwa. Przy posługiwaniu się źródłami zasilania sieciowego, łatwopalnymi materiałami (np. denaturat lub nafta), grzałkami, gorącymi cieczami występuje zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia. Przy wykonywaniu ćwiczeń w pracowniach należy przestrzegać obowiązującego w nich regulaminu BHP. Wykonywanie niektórych doświadczeń w domu jest możliwe, ale tylko po konsultacji z nauczycielem i pod nadzorem osoby dorosłej.

W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących zasad:

- 1) Nie wolno włączać zasilania sieciowego ani uruchamiać przyrządów doświadczalnych bez zgody prowadzącego zajęcia.
- 2) Elementy zestawów ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach, szczególną uwagę zwracając na poprawność połączeń obwodów elektrycznych.
- 3) Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi). W razie potrzeby stosować rękawice, odzież ochronną lub inne niezbędne środki ochrony osobistej.
- 4) Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z:
 - a) grzejnikami i ciałami podgrzаныmi do wysokiej temperatury,
 - b) cieczami łatwopalnymi i odczynnikami chemicznymi,
 - c) ostrymi narzędziami lub przedmiotami - w miarę potrzeby stosować rękawice ochronne,
 - d) przedmiotami ciężkimi, kruchymi albo łatwo tłukącymi się,
 - e) laserem - nie dopuścić do wprowadzenia wiązki światła do nieosłoniętego oka,
 - f) izotopami promieniotwórczymi - preparaty należy prawidłowo umieszczać pod licznikiem.
- 5) Doświadczenia należy wykonywać w pomieszczeniach, w których jest zapewniona właściwa wentylacja.
- 6) O powstałych w czasie wykonywania ćwiczeń wątpliwościach należy informować prowadzącego zajęcia.

 Taka ikonka znajduje się przy ćwiczeniach wymagających zachowania ostrożności.

Okres wahadła

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Mocna nitka lub cienki sznurek, ciężarek (metalowe nakrętki, kulka z plasteliny, metalowa kulka z dziurką lub haczykiem), stoper lub zegarek z sekundnikiem, przymiar metrowy lub metr krawiecki, kątomierz lub ekierka.

Przebieg ćwiczenia

I. Sprawdzenie, czy okres wahadła zależy od masy ciężarka.

- Przygotowujemy sznurek o długości ok. 1,1 m.
- Przywiązujemy nakrętkę do sznurka lub mocujemy kulkę z plasteliny.
- Wieszamy wahadło tak, aby mogło się swobodnie wahać.
- Wyznaczamy długość l nitki (od punktu zawieszenia do połowy wysokości nakrętki lub kulki).
- Odchylamy wahadło od pionu o mały kąt, ok. 20° , i puścimy.
- Mierzmy trzykrotnie przy użyciu stopera czas t potrzebny na wykonanie przynajmniej dwudziestu pełnych wahań. Wyniki zapisujemy w tabeli 1.
- Dokładamy dodatkowe nakrętki lub zwiększamy masę plasteliny. Pomiary wykonujemy dla trzech różnych mas wahadła.
- Obliczamy wartość średnią czasu trwania dwudziestu wahań t_{sr} i okres drgań wahadła.

Tabela 1.

Mierzona wielkość	Pomiar I dla masy m	Pomiar II dla masy $m_2 > m_1$	Pomiar III dla masy $m_3 > m_2$
l (m)			
t_1 (s)			
t_2 (s)			
t_3 (s)			
t_{sr} (s)			
$T = t_{sr} / 20$ (s)			

Obliczenia

Czy okres drgań zależy od masy ciężarka?

II. Sprawdzenie, czy okres drgań wahadła zależy od kąta jego maksymalnego wychylenia.

- Wykonujemy wahadło i wyznaczamy jego długość l .
- Odchylamy wahadło od pionu o mały kąt, ok. 20° , i puszczone.
- Mierzmy trzykrotnie czas t przynajmniej dwudziestu pełnych wahanć. Wyniki zapisujemy w tabeli 2. Pomiary wykonujemy jeszcze dla dwóch innych kątów z przedziałów podanych w tabeli. Kąty określamy w przybliżeniu (z pomocą kątomierza lub ekierki).
- Obliczamy wartość średnią czasu trwania dwudziestu wahanć t_{sr} i okres drgań wahadła.

Wyniki

Tabela 2.

Mierzona wielkość	Pomiar I $10^\circ < \alpha_{\max} < 25^\circ$	Pomiar II $30^\circ < \alpha_{\max} < 45^\circ$	Pomiar III $50^\circ < \alpha_{\max} < 70^\circ$
l (m)			
t_1 (s)			
t_2 (s)			
t_3 (s)			
t_{sr} (s)			
$T = t_{sr} / 20$ (s)			

Obliczenia

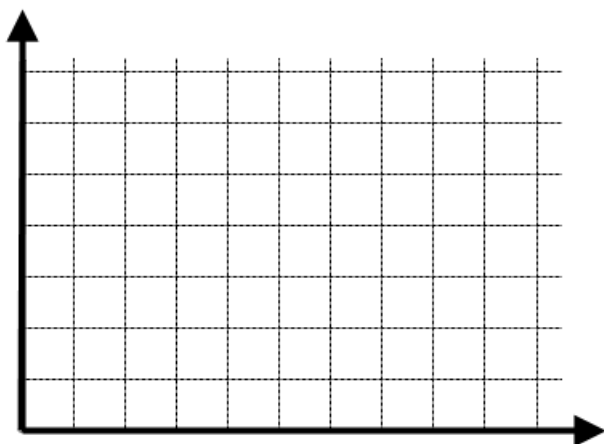
Czy okres drgań wahadła zależy od kąta jego maksymalnego wychylenia?

III. Sprawdzenie, czy okres drgań wahadła zależy od długości wahadła.

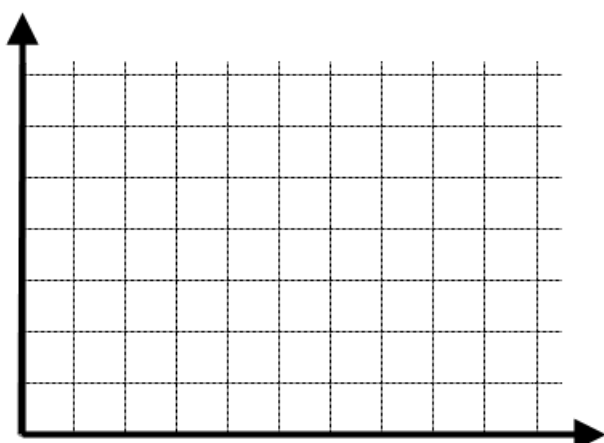
- Przy ustalonej masie wahadła i kącie odchylenia ok. 20° wykonujemy trzykrotne pomiary dwudziestu pełnych drgań wahadła dla każdej z podanych w tabeli jego długości.
- Obliczamy wartość średnią czasu trwania dwudziestu wahaniec t_{sr} i okres drgań wahadła $T_{dośw.}$.
- Obliczamy okres drgań wahadła matematycznego ze wzoru $T_{teor.} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

Mierzona wielkość	$l = 25 \text{ cm}$	$l = 50 \text{ cm}$	$l = 75 \text{ cm}$	$l = 100 \text{ cm}$	$l = 125 \text{ cm}$	$l = 150 \text{ cm}$
$t_1 \text{ (s)}$						
$t_2 \text{ (s)}$						
$t_3 \text{ (s)}$						
$t_{sr} \text{ (s)}$						
$T_{dośw.} = t_{sr} / 20 \text{ (s)}$						
$T_{teor.} \text{ (s)}$						

- Określamy niepewności pomiarów prostych l i t , przyjmując wartość działki elementarnej przyrządów pomiarowych.
- Rysujemy poniżej lub na papierze milimetrowym wykres zależności $T_{dośw.}(l)$ zaznaczając poszczególne punkty pomiarowe wraz z ich niepewnościami.



- Rysujemy wykres $T_{teor.}(l)$ i dyskutujemy otrzymane rezultaty.



Od czego zależy okres drgań wahadła?

Czy dla małych wychyleń wahadła (niewielkich amplitud) okres wahań wahadła zależy od amplitudy?

Zjawisko to nosi nazwę

Na podstawie otrzymanego wykresu odczytaj długość wahadła potrzebną do zastąpienia zegarka z sekundnikiem wykonanym przez siebie wahadłem, tak aby móc zmierzyć czas z dokładnością 1 sekundy .

Ta długość wahadła to

Przyspieszenie ziemskie

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Cienki sznurek lub mocna nitka o długości około 2 m, ciężka metalowa kulka o średnicy ok. 2 cm (z przewierconym otworem lub z haczykiem) lub ciężarek z zestawu do mechaniki, stoper, suwmiarka, przymiar metrowy.

Przebieg ćwiczenia

- Mierzmy średnicę d kulki (lub wysokość ciężarka) za pomocą suwmiarki. Pomiar powtarzamy trzykrotnie.
- Przywiązujemy nitkę do kulki, a następnie wieszamy wahadło tak, aby mogło się swobodnie wahać.
- Wyznaczamy kilkakrotnie długość l nitki (łącznie z haczykiem).
- Odchylamy wahadło od pionu o mały kąt (do ok. 15°) i puszczone.
- Mierzmy czas t potrzebny na wykonanie dwudziestu pełnych wahań przy użyciu stopera. Pomiar powtarzamy trzykrotnie. Wyniki zapisujemy w tabeli.

Mierzona wielkość	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III	Wartość średnia
d (mm)				
l (m)				
t (s)				
$T = t/20$ (s)				
$L = d+l$ (m)				
g (m/s ²)				

- Określamy niepewności pomiarów prostych d , l i t , przyjmując za nie wartość działki elementarnej przyrządów pomiarowych.

$$\Delta d =$$

$$\Delta l =$$

$$\Delta t =$$

- Wyznaczamy wartości średnie d , l i t , ze związku:

$$x_{\bar{s}r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Obliczenia

- Określamy niepewności wartości średnich.

Za niepewności wartości średnich przyjmujemy niepewności pojedynczego pomiaru bezpośredniego, jeśli uzyskane wyniki nie różnią się od wartości średniej więcej niż o wartość niepewności pojedynczego pomiaru. W przypadku większych różnic za miarę niepewności przyjmujemy niepewność maksymalną określoną ze wzoru:

$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$$

$$\Delta d_{\bar{s}r} =$$

$$\Delta l_{\bar{s}r} =$$

$$\Delta t_{\bar{s}r} =$$

- Obliczamy długość wahadła: $L = l + \frac{1}{2}d$ i jej niepewność (dla wartości średnich).

$$L_{\bar{s}r} =$$

$$\Delta L_{\bar{s}r} =$$

- Obliczamy wartość g ze wzoru: $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ (dla wartości średnich).

Obliczenia

- Szacujemy niepewność pomiaru metodą najmniej korzystnego przypadku (NKP) lub uproszczoną metodą logarymiczną (UML). Odpowiadamy na pytanie, jakie czynniki wpływają na wartość niepewności pomiarowej i jakie są sposoby jej zmniejszenia?

Obliczenia

Drgania własne układu

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

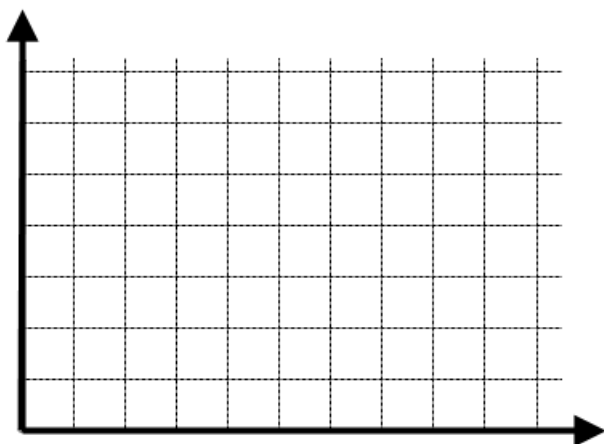
Sprężyna, odważniki, statyw, stoper.

Przebieg ćwiczenia

- Zawieszamy sprężynę na statywie, a na niej odważnik dobrany tak, aby wydłużenie sprężyny nie przekraczało 2 cm.
- Wychylamy odważnik z położenia równowagi i po puszczeniu go wyznaczamy trzykrotnie za pomocą stopera czas dziesięciu pełnych pionowych drgnień.
- Powtarzamy pomiary po zwiększeniu obciążenia sprężyny odważnikami o masie kolejno: dwukrotnie, czterokrotnie i dziewięciokrotnie większej. Wyniki zapisujemy w tabeli.

Masa odważników	m	2m	4m	9m
Czas 10 drgań t_1				
Czas 10 drgań t_2				
Czas 10 drgań t_3				
Średni czas 10 drgań t_{sr}				
Okres drgań $t_{sr}/10$				

- Określamy niepewność pomiaru okresu drgań.
- Zaznaczamy punkty pomiarowe wraz z ich niepewnościami na wykresie zależności okresu drgań własnych od pierwiastka kwadratowego z masy układu.



- Wykorzystując znajomość zależności liniowej okresu drgań od pierwiastka kwadratowego z masy układu: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, obliczamy wartość współczynnika k , wiedząc, że współczynnik kierunkowy wykreślonej prostej, czyli tangens kąta, pod jakim nachylona jest do osi poziomej, równy jest $\frac{2\pi}{\sqrt{k}}$.

Obliczenia

Składanie drgań

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

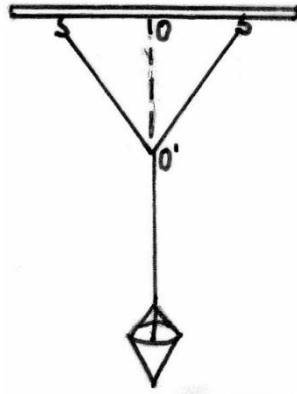
Wahadło w kształcie lejka z cienkiej blachy o podwójnym zawieszeniu, statyw z metalową poprzeczką i dwoma haczykami, suchy piasek, tektura o wymiarach ok. 25 cm x 100 cm, gąbka, woda.

Przebieg ćwiczenia

- Wahadło zawieszamy na dwóch nitkach (Rysunek poniżej), będących przedłużeniem powierzchni bocznej stożka tworzącego wahadło.
- Pod otworem lejka umieszczamy początek tekturki przetartej gąbką zwilżoną lekko wodą.
- Nasypujemy do lejka piasku zatykając palcem otwór wahadła.
- Wprawiamy wahadło w ruch drgający, zdejmujemy palec zatykający otwór, a tekturkę przesuwamy ruchem jednostajnym, prostopadle do płaszczyzny wahań.

Obserwacje

Wykresem zależności wychylenia od czasu w ruchu drgającym jest
Przedstaw ją na rysunku.



- Wprawiamy w ruch wahadło z piaskiem (rysunek powyżej) zawieszone w O w jednym kierunku, a w O' w kierunku do niego prostopadłym. Obserwujemy ślady na kartonie.
- Skracamy sznurek zawieszony w O' zmieniając okres drgań i za każdym razem obserwujemy złożenie drgań.

Obserwacje

Narysuj otrzymane krzywe.

Uzupełnij

Otrzymujemy krzywe Lissajous. Doświadczenie potwierdza, że złożone ruchy okresowe dają się przedstawić jako ruch wypadkowy ruchów

Ruch harmoniczny prosty

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Gramofon (tarcza obrotowa), dwa ekrany, dwa źródła światła, drewniana kulka, modele wektorów.

Przebieg ćwiczenia

Część I

- Na obrotowe ramię gramofonu nakładamy drewnianą kulkę.
- Obok gramofony ustawiamy dwa ekrany (wzajemnie do siebie prostopadłe).
- Oświetlamy tarczę dwiema równoległymi wiązkami światła tak, aby na ekranach widoczny był wyraźny cień kulki.
- Włączamy gramofon i obserwujemy ruch cienia kulki na ekranach.

Obserwacje

Opisz co widzisz na ekranach?

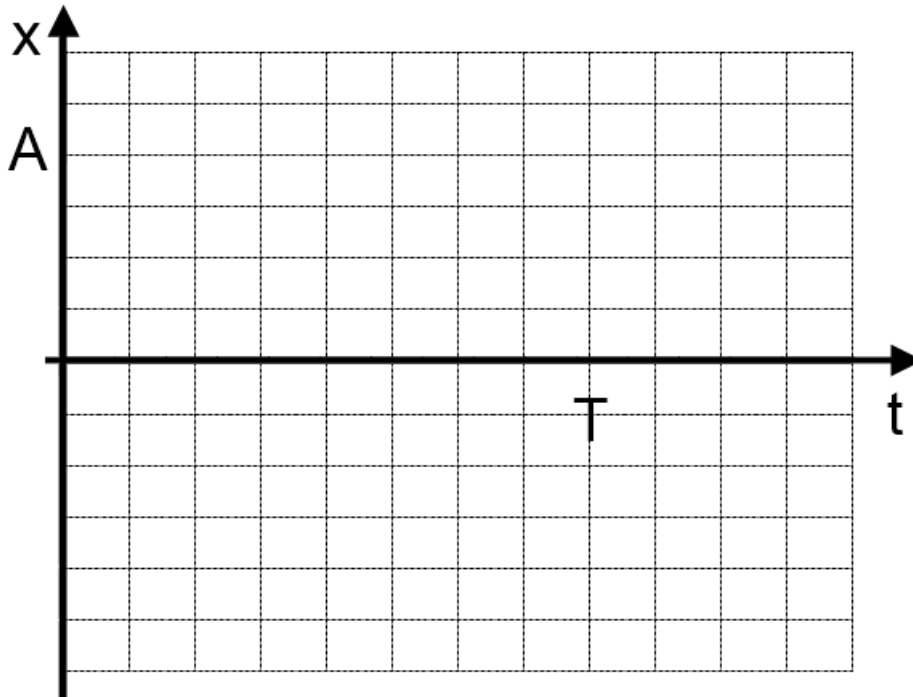
Uzupełnij

Ruchy cienia kulki są ruchami o amplitudzie równej

.....

Spróbuj narysować wykres przedstawiający chwilowe położenia kulki $x(t)$ w trakcie jej jednego obiegu $t=T$ (podziel go na osiem części).

Potraktuj kulkę jako punkt materialny poruszający się po okręgu, a jej cień na ekran jako rzut chwilowego położenia na oś OX kartezjańskiego układu współrzędnych.



Część II

Pozostawiamy teraz jedno źródło światła i obserwujemy ruch cienia na jednym ekranie.

- Do kulki doczepiamy wektor, przedstawiający prędkość kulki w ruchu po okręgu.
- Włączamy gramofon i na ekranie obserwujemy ruch cienia wektora prędkości.
- Następnie doczepiamy wektor przedstawiający występujące w rozważanym ruchu po okręgu przyspieszenie dośrodkowe.

Obserwacje

Napisz, w których miejscach wektor prędkości liniowej i przyspieszenia dośrodkowego mają największą i najmniejszą wartość.

Rezonans mechaniczny

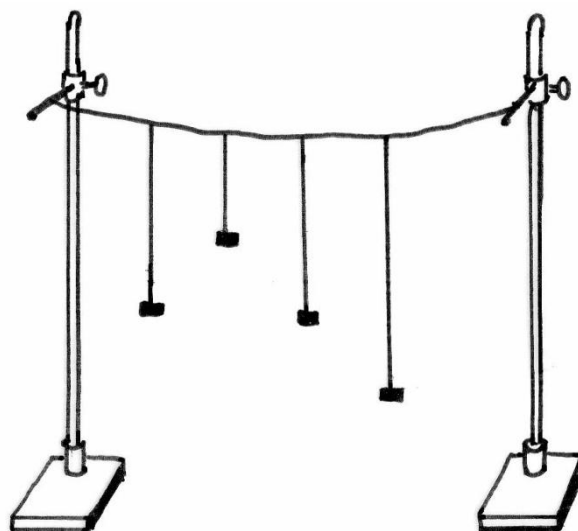
Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Przyrząd do pokazu rezonansu mechanicznego lub sprężysty sznurek (np. tzw. szpagat), cztery kulki z plasteliny o średnicy ok. 2 cm lub duże, jednakowe nakrętki, nitka, dwa ciężkie statywy, linijka.

Przebieg ćwiczenia

- Ustawiamy przyrząd do rezonansu mechanicznego na stole.
lub
- Kawałek sznurka o długości ok. 60 cm mocno napinamy pomiędzy dwoma statywami.
- Na sznurku wieszamy w odległości ok. 7 cm od siebie cztery kulki z plasteliny na nitkach o długości odpowiednio: 25 cm, 15 cm, 25 cm i 35 cm.



- Pierwszą z kulek (na nitce 25 cm) wychylamy z położenia równowagi i pozwalamy jej się wahać.
- Obserwujemy wszystkie kulki.
- Następnie wychylamy kulkę na nitce o długości 15 cm, a później następne i za każdym razem obserwujemy odpowiednio długo wszystkie kulki.

Obserwacje

Jeżeli wprowadzimy w drgania jedno z dwóch wahadeł o jednakowej długości:

Jeżeli wprowadzimy w drgania wahadło o długości 15 cm:

Na czym polega zjawisko rezonansu?

Rezonans mechaniczny I

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Przyrząd do pokazu zjawiska rezonansu mechanicznego z zamontowanymi na osi obrotu trzema metalowymi prętami różnej długości, zakończonymi metalowymi krążkami.

Przebieg ćwiczenia

- Wprawiamy huśtawkę w energiczne drgania o zmiennej częstotliwości i obserwujemy zachowanie metalowych prętów.

Obserwacje

Opisz, jak zachowują się metalowe pręty.

Fala sprężysta poprzeczna

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Wąż gumowy o długości około 5 metrów, kawałek kolorowej tasiemki lub sznurka, uchwyt przy ścianie (możemy wykorzystać klamkę u drzwi lub nogę od stołu).

Przebieg ćwiczenia

Wersja I

- Przymocujemy gumowy wąż do uchwytu przy ścianie.
- Przywiązujemy kolorową tasiemkę w połowie długości węża.
- Naciągamy lekko wąż trzymając go jedną ręką, a drugą (trzymając dłoń prostopadle) uderzamy go. Obserwujemy wąż.
- Następnie uderzamy w wąż rytmicznie w stałych odstępach czasu i obserwujemy, co się dzieje.

Wersja II

- Jeden koniec węża wkładamy np. pod nogę od stołu.
- Układamy wąż na podłodze, nie napinając go.
- Poruszamy (krótkim szarpnięciem) wolny koniec węża w kierunku pionowym, a prostopadłym do węża i obserwujemy zachowanie węża.
- Poruszamy wolny koniec w kierunku poziomym, prostopadłym do węża. Powtarzamy ruchy zmieniając ich częstotliwość.

Obserwacje

Opisz, jak przemieszcza się powstały na wężu impuls, a jak porusza się przywiązana do węża tasiemka.

Fala sprężysta podłużna

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Sprężyna „slinky”, kij (np. od szczotki), kawałek sznurka lub plastelina, dwa krzesła (dwa statywy) lub dwoje uczniów.

Przebieg ćwiczenia

Wersja I

- Sprężynę rozciągamy pomiędzy dwoma uczniami tak, aby jej ogniwa były w odległości kilku centymetrów od siebie.
- Na jednym końcu sprężyny ściskamy kilka jej ogniw, a potem puuszczamy je swobodnie.
- Obserwujemy sprężynę.

Wersja II

- Sprężynę nasuwamy na kij, który kładziemy na krzesłach.
- Przymocowujemy jeden koniec sprężyny i lekko ją naciągamy.
- Na drugim końcu sprężyny ściskamy kilka jej ogniw, a potem puuszczamy je swobodnie.
- Następnie wykonujemy rytmiczne ruchy wzdłuż kija i obserwujemy sprężynę.

Obserwacje

W jaki sposób przemieszcza się odkształcenie fragmentu sprężyny (impuls falowy)?

Fala podłużna i poprzeczna

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Przyrząd do modelowania jednowymiarowej fali (możemy również wykonać go samodzielnie).

Przygotowanie przyrządu.

- Do gumki modelarskiej przywiązujemy co 5 cm nici o długości około 30 cm.
- W miejscach połączeń mocujemy jednakowe ciężarki z zestawu do mechaniki.
- Naciągamy lekko gumkę, a jej końce zaczepiamy do pionowych wsporników (statywów) podtrzymujących poziomą listwę.
- Wolne końce nici, po uformowaniu pętelek, zawieszamy na drewnianej listwie umieszczonej na wspornikach (statywach).

Przebieg ćwiczenia

- Lekko uderzamy w skrajny ciężarek prostopadle do kierunku wyznaczonego przez napiętą gumkę i obserwujemy zachowanie ciężarków.
- Po ustaniu drgań uderzamy ponownie skrajny ciężarek teraz w kierunku wyznaczonym przez gumkę (w stronę sąsiedniego ciężarka) i obserwujemy przyrząd.

Obserwacje

Opisz, co obserwujesz w pierwszym i drugim przypadku.

Fala sprężysta na wodzie

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Wanienka do pokazu fal na wodzie z akcesoriami, dwa krzesła, lub przyrząd do pokazu fal na wodzie z pełnym wyposażeniem, korek, woda.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Do wanienki nalewamy wody do około 1,5-2 cm wysokości.
- Na powierzchnię wody w wanience wrzucamy korek i obserwujemy powierzchnię wody patrząc na nią z góry.
- Wprawiamy korek w okresowy ruch drgający, zanurzając go raz głębiej, raz płycej w wodzie. Obserwujemy powierzchnię wody i korek patrząc na nie z boku.

Obserwacje

Na powierzchni wody obserwujemy

.....

.....

Narysuj i nazwij to, co widzisz na powierzchni wody.

Patrząc z boku na jej powierzchni obserwujemy

.....

.....

Fala na wodzie

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Wanienka do pokazu fal na wodzie z akcesoriami, dwa krzesła, żarówka w obudowie do cienioprojektacji lub przyrząd do pokazu fal na wodzie z pełnym wyposażeniem, woda.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Do wanienki nalewamy wody do wysokości 1,5–2 cm.
- Z wysokości ok. 15 cm puszczaemy krople wody z kroplomierza i obserwujemy powierzchnię wody w wanience lub nakładamy końcówkę z pojedynczym, ostrym zakończeniem (źródło punktowe) i włączamy przyrząd.
- Następnie uderzamy w wodę płaską listwą lub linijką (nie zanurzając jej głęboko) równoległe do krótszego boku wanienki lub zmieniamy końcówkę na długą, płaską i obserwujemy powierzchnię wody.
- Umieszczamy w wodzie, przy końcu wanienki półkolistą przeszkodę. Przeszkoda powinna wystawać kilka milimetrów nad powierzchnię wody.
- Przy drugim końcu uderzamy rytmicznie powierzchnię wody linijką ustawioną równoległe do krótszego boku wanienki lub włączamy przyrząd z płaską końcówką.
- Dobieramy częstotliwość uderzeń tak, aby obserwować fale odbite od przeszkody.

Obserwacje

Jak rozchodzi się zaburzenie i jaki jest kształt deformacji na powierzchni wody w pierwszej części doświadczenia?

Narysuj i nazwij powstającą falę.

Uzupełnij zdania:

Jeśli źródłem fali jest drgająca linijka, to grzbiety i doliny takiej fali będą się układały wzdłuż linii, równoległych do Tak powstałą falę nazywamy falą Rozchodzi się ona po powierzchni wody tylko w kierunku.

Fala płaska natrafiwszy na przeszkodę, ulega, zmieniając rozchodzenia się fali.


Fale na wodzie

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Wanienka do demonstracji fal (duże płaskie naczynie z przezroczystym dnem) z dodatkowym wyposażeniem, grafoskop, ekran, lub przyrząd do pokazu fal na wodzie z pełnym wyposażeniem, woda.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Obserwacja fal wytworzonych na powierzchni wody przez dwa źródła punktowe – interferencja fal.
- Obserwacja fal wytworzonych na powierzchni wody przez liniowy układ źródeł punktowych.
- Obserwacja zmiany kształtu fali płaskiej i kolistej na przeszkodzie – dyfrakcja fali.
- Obserwacja zmiany kształtu powierzchni falowych fali po przejściu przez przeszkodę (jedną szczelinę, układ szczelin).

Wyniki

Opisz na czym polega interferencja fal wytworzonych przez dwa źródła punktowe?

Spróbuj naszkicować co zaobserwowałeś na powierzchni wody.

Narysuj falę płaską przed i za przeszkodą.

Narysuj falę kolistą przed i za przeszkodą.

Narysuj zmiany kształtu powierzchni falowych fali po przejściu przez układ szczelin.

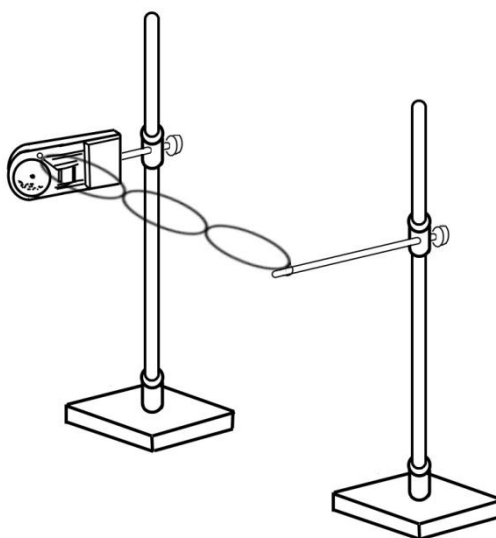
Fala stojąca

Cel ćwiczenia, opis

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Dzwonek elektryczny z młoteczką (zdemontowany), sznurek, źródło zasilania, dwa statywy lub aparat Meldego do generowania fali stojącej z oprzyrządowaniem (generator do wytwarzania drgań o różnej częstotliwości, linka), linijka.



Przebieg ćwiczenia

- Odkręcamy osłonę dzwonka.
- Przytrzymujemy dzwonek w łapkach statywu.
- Do młoteczka dzwonka przywiązujemy sznurek i trzymając w kierunku prostopadłym do drgań młoteczka rozciągamy poziomo pomiędzy dzwonkiem, a drugim statywem.
- Lekko napinamy sznurek i mierzymy jego długość.
- Włączamy dzwonek i obserwujemy sznurek.
- Mierzymy na sznurku odległość pomiędzy węzłami (miejscami, które się nie wychylają z położenia równowagi).

lub

- Włączamy aparat Meldego, obserwujemy drgania na lince i dokonujemy pomiaru odległości pomiędzy węzłami.

Obserwacje

Naszkić wygląd sznurka podczas doświadczenia. Zachowaj odpowiednią skalę.

Długość sznurka wynosi

odległość pomiędzy węzłami wynosi

Zaznacz na rysunku węzły (W) i strzałki (S).

Czy potrafisz określić długość fali?

Uzupełnij

Odległość między węzłami równa jest długości fali.

Długość fali wynosi

Kamerton

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Kamerton z rysikiem, szklana szybka, świeca, zapałki.

 Wysoka temperatura, możliwość poparzenia.

Przebieg ćwiczenia

- Pokrywamy szklaną szybkę cienką warstwą sadzy nad płomieniem świecy.
- Uderzamy w kamerton z rysikiem.
- Przykładamy rysik do okopconej szybki i przesuwamy go wzdłuż niej, równoległe do drgającego pręta.

Wynik

Narysuj obraz powstający na okopconej szybce.

Uzupełnij

Kamerton jest źródłem fali dźwiękowej, zwanej Falista linia zakreślana przez rysik obrazuje, które wykonuje źródło wydające ton.

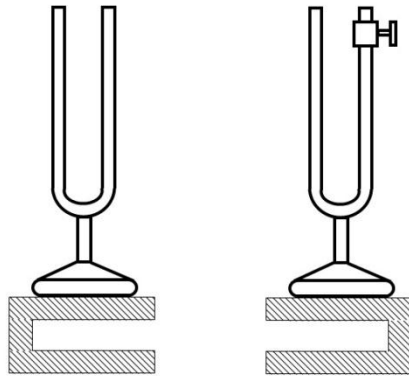
Rezonans akustyczny

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Dwa identyczne kamertony (wydające ten sam ton) na pudełkach rezonansowych, młoteczek, metalowy uchwyt do nałożenia na widełki kamertonu.



Przebieg ćwiczenia

- Kamertony ustawiamy w niewielkiej odległości, otworami w pudełkach do siebie.
- Pobudzamy jeden z kamertonów do drgań.
- Następnie wygaszamy drgania, przytrzymując jego widełki ręką i słuchamy, co się dzieje.
- Powtarzamy czynności, po nałożeniu na drugi kamerton metalowej nakładki.

Obserwacje

Opisz, co słyszysz.

Obserwowane zjawisko nazywamy Po nałożeniu metalowej nakładki (zmieniamy okres drgań widełek) zjawisko

Dźwięk w próżni

Cel ćwiczenia

.....

Niezbędne przedmioty i materiały

Budzik z zewnętrznym młoteczką lub minutnik, pompa próżniowa z kloszem.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Dzwoniący budzik wstawiamy pod klosz pompy próżniowej i wypompowujemy powietrze spod klosza. Słuchamy dźwięku budzika.

Wynik

Opisz przebieg doświadczenia.

Uzupełnij

Fale o częstotliwościach zawartych w granicach od 20 Hz do 20000 Hz nazywamy

.....

Dźwięki są falami, bo kierunek drgań cząsteczek ośrodka jest

Dlaczego nie słyszymy wybuchów zachodzących na Słońcu?

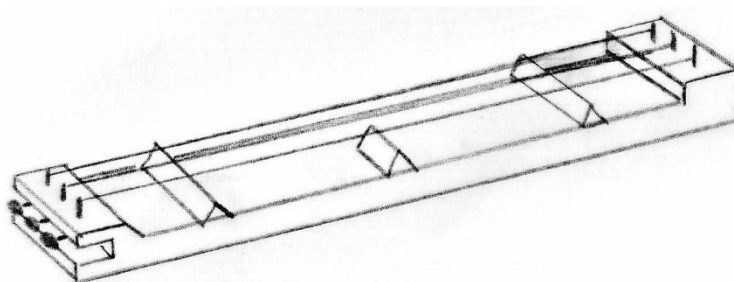
Drgania strun

Cel ćwiczenia

.....

Polychord to przyrząd, który w najprostszym wykonaniu stanowi podłużna deska o szerokości około 10 cm i długości 80 cm, wzdłuż której rozpięte są struny. Inna wersja zawiera drewniane pudło z otworami, w którym rezonuje zawarte w nim powietrze, wzmacniając drgania strun.


Z jednej strony struny zamocowane są na stałe, z drugiej przyczepione są do wkrętek, na które możemy struny nawijać, zmieniając w ten sposób ich naprężenie. Struny podparte są na pryzmatycznych podstawkach o mosiężnych



krawędziach. Dwie podstawki są nieruchome, trzecia daje się przesuwać i w ten sposób zmieniać długość napiętej struny.

Niezbędne przedmioty i materiały

Polychord ze strunami.

 Ostre przedmioty, możliwość skaleczenia.

Przebieg ćwiczenia

- Sprawdzamy, jak wychylenie struny, jej naprężenie, długość i grubość wpływa na wydawany przez nią dźwięk.

Obserwacje

Słuchając wydawanych przez struny dźwięków możemy stwierdzić, że im krótsza jest struna, tym dźwięk, jaki wydaje jest **niższy, wyższy** (*skreśl nieprawidłową odpowiedź*).

Opisz pozostałe spostrzeżenia:

Struna silniej napięta

Grubsza struna

Wydawany dźwięk **zależy, nie zależy** od tego, z jakiego materiału wykonana jest struna.

Długość fali akustycznej

Cel ćwiczenia, opis

Przyrząd do demonstracji fal akustycznych składa się z piszczałki do wytwarzania fal i rury rezonansowej podobnej do rury Kundta. Piszczałka i rura są zamontowane na wspólnej podstawie. Piszczałka o średnicy 10 mm i długości 105 mm jest typem piszczałki krytej wargowej, którą pobudzamy do drgań gruszką gumową. Zamyka ją tłoczek o długości 100 mm z podziałką. Przesuwając tłoczek zmieniamy długość słupa powietrza w piszczałce. Podziałka na tłoczku jest tak wykonana, że odczytując wskazanie na krawędzi piszczałki otrzymujemy bezpośrednio długość słupa powietrza – czynną długość piszczałki. Długość fali równa się czterokrotnej długości piszczałki. Najdłuższa fala, jaką może wytworzyć piszczałka wynosi 32 cm. Rura rezonansowa jest rurą szklaną o średnicy 2 cm i długości 40 cm. Do rury wkłada się tłok korkowy osadzony na pręcie. Bez tłoka rura jest rezonatorem otwartym o stałej długości; po wsunięciu tłoka staje się rezonatorem zamkniętym na jednym końcu i może mieć różne długości w zależności od położenia tłoka.

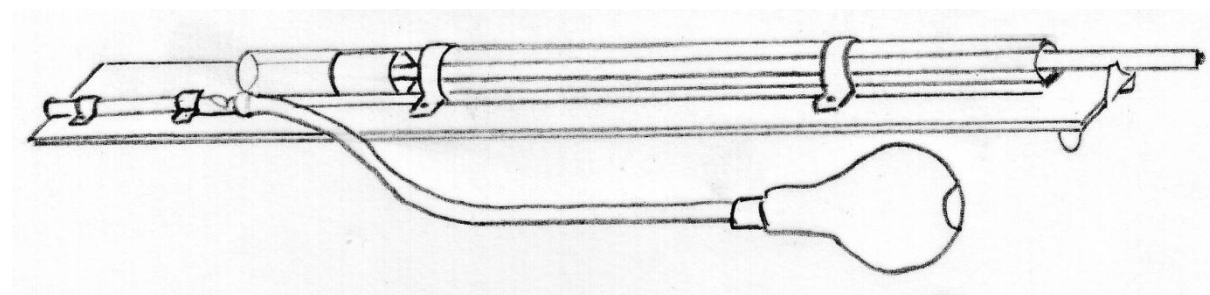
W rurze rezonansowej możemy wzbudzić drgania falą, wytworzoną przez piszczałkę, o ile częstotliwość drgań własnych słupa powietrza w rurze, równa jest częstotliwości drgań fali dźwiękowej piszczałki.

W rurze rezonansowej powstaje fala stojąca na skutek nakładania się fali biegnącej i odbitej. Fala ta w rurze zamkniętej ma węzeł na końcu zamkniętym, a strzałkę na końcu otwartym. Liczba węzłów i strzałek zależy od długości rury i częstotliwości drgań wzbudzonych. Długość rury równa jest nieparzystej wielokrotności $\frac{1}{4}$ długości fali.

Fala stojąca w rurze otwartej na obu tych końcach strzałki. Długość otwartej rury rezonansowej równa jest parzystej wielokrotności $\frac{1}{4}$ długości fali.

Niezbędne przedmioty i materiały

Przyrząd do demonstracji fal akustycznych.



Przebieg ćwiczenia

I. Wytwarzanie fal akustycznych o różnych długościach i wykazanie zależności wysokości dźwięku od częstotliwości drgań, a więc i od długości fali ($f = \frac{v}{\lambda}$).

- Wdmuchujemy do piszczałki powietrze za pomocą gruszki gumowej.
- Odczytujemy na skali tłoczka długość piszczałki.
- Obliczamy długość fali dźwiękowej (w cm) i częstotliwość drgań, wstawiając do wzoru długość fali dźwiękowej w cm/s.
- Zmieniamy położenie tłoczka i słuchamy wydawanych przez piszczałkę dźwięków.
- Uzupełniamy tabelę:

Odczyt na skali piszczałki a	Długość fali dźwiękowej $\lambda = 4 \cdot a$	Częstotliwość drgań $f = \frac{v}{\lambda}$

Obliczenia

II. Wyznaczenie długości fali dźwiękowej. Pokazanie powstawania fali stojącej w rurze wypełnionej powietrzem – zamkniętej na jednym końcu lub obustronnie otwartej. Demonstracja zjawiska rezonansu.

- Wsypujemy do rury suchy proszek korkowy i rozprowadzamy go równomiernie po ścianie na całej długości.
- Umieszczamy tłok wewnątrz rury na samym jej początku.
- Wdmuchujemy powietrze do piszczałki. Jeżeli proszek nie drga, przesuwamy tłok powoli w głąb rury dotąd, dopóki nie trafimy na takie miejsca, w których tworzy się fala stojąca.
- Wyliczamy odległość między węzłami i obliczamy długość fali. Uzupełniamy tabelę.
- Obracamy rurą i powtarzamy czynności. Stwarzamy warunki, w których zachodzi rezonans.

Odległość między węzłami	Długość fali	Długość słupa powietrza	Liczba $\frac{1}{4}$ długości fali

- Doświadczenie powtarzamy zmieniając długość fali w piszczałce.

Odległość między węzłami	Długość fali	Długość słupa powietrza	Liczba $\frac{1}{4}$ długości fali

- Wyjmujemy tłok i powtarzamy wszystkie czynności szukając rezonansu w rurze obustronnie otwartej. Uzupełniamy tabelę.

Odległość między węzłami	Długość fali	Długość słupa powietrza	Liczba $\frac{1}{4}$ długości fali

III. Wykazanie, że w przypadku rezonansu długość fali w rurze jest taka sama, co i w piszczałce (częstotliwości w obu falach jednakowe – warunek rezonansu).

- Ustawiamy tłoczek w piszczałce w określonym miejscu np. na działce 5, ustalamy jej długość czynną, a tym samym długość fali wytworzoną przez piszczałkę.
- Obliczamy długość rury, w której zmieści się nieparzysta liczba ćwiartek fali. W naszym przykładzie będzie to długość rury: 5 cm, 15 cm, 25 cm i 35 cm.
- Umieszczamy w tych miejscach tłok rury rezonansowej i wdmuchujemy do piszczałki powietrze.
- Sprawdzamy, czy proszek ułoży się w charakterystyczny dla fali stojącej sposób, a tym samym, czy spełniony jest warunek rezonansu.
- Dla rury otwartej obustronnie, długość rury dzielimy przez liczbę parzystą. W naszym przykładzie 40 cm dzielimy przez np. 8. Otrzymujemy ilość ćwiartek ($\frac{1}{4}$) długości fali, jaka może powstać w rurze.
- Ustawiamy tłoczek w piszczałce na działce 5 i sprawdzamy warunek rezonansu.

Prędkość dźwięku w powietrzu

Cel ćwiczenia

.....

Wyznaczenie prędkości fali dźwiękowej w powietrzu metodą Quinckego polega na wzbudzeniu drgań podłużnych słupa powietrza znajdującego się w szklanej rurze nad powierzchnią wody. Jeśli źródło drgań (głośnik podłączony do generatora) umieścimy u wylotu rury, to znajdujące się w rurze powietrze będzie wówczas wykonywać drgania wymuszone. Powstające u wylotu fale biegną do końca rury i tam się odbijają. W wyniku nałożenia (interferencji) fal padających i odbitych powstaje fala stojąca. Zmieniając długość słupa powietrza możemy uzyskać rezonans drgań wymuszonych, przejawiający się maksymalną amplitudą tych drgań. Warunkiem rezonansu jest zgodność częstotliwości drgań pobudzających z częstością drgań własnych słupa powietrza, zależnych od długości tego słupa. Jeżeli słup powietrza drga w rezonansie, to na powierzchni odbijającej jest miejsce zaniku drgań - węzeł fali stojącej, a u wylotu rury, w miejscu pobudzania drgań – strzałka tej fali.

Niezbędne przedmioty i materiały

Długa, szklana rura (z podziałką) o długości 1 m połączona węzłem gumowym ze zbiornikiem wody, pompka nożna połączona z drugiej strony węzłem gumowym ze zbiornikiem wody, zacisk, głośnik podłączony do generatora drgań akustycznych, termometr.

 Urządzenie zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Podłączamy głośnik do gniazd generatora oznaczonych symbolem „WY 2”
- Włączamy generator przesuwając dźwignię wyłącznika w pozycję „sieć”. Napięcie wyjściowe generatora ustawiamy za pomocą przełącznika klawiszowego oraz pokrętła umieszczonego pod miernikiem. Wciskamy klawisz oznaczony napięciem 7,75 V.
- Częstość generatora ustawiamy wybierając przełącznikiem skokowym jeden z podzakresów, a następnie przeprowadzamy płynną regulację za pomocą

wyskalowanego pokrętła. Pomiary przeprowadzamy dla trzech różnych częstotliwości generatora (np. 1000 Hz, 1500 Hz i 2000 Hz).

- Naciskamy pedał zacisku znajdujący się na węźle łączącym naczynia umożliwiając przepływ wody i pompujemy wodę do szklanej rury zwracając uwagę, aby nie przelać wody.
- Zwalniamy pedał i w trakcie opadania wody w rurze odczytujemy położenia, w których sygnał ulega wyciszeniu (miejsca węzłów). Pomiary prowadzimy do momentu zrównania się poziomów wody w rurze i zbiorniku. Dla jednej częstotliwości przeprowadzamy 3 serie pomiarów.
- Wyniki zapisujemy w tabeli:

Częstotliwość f (Hz)	Położenie kolejnych węzłów (cm)	Odległość między węzłami $\lambda/2$ (cm)	Wartość średnia odległości między węzłami $\lambda_{sr}/2$ (m)	Długość fali dźwiękowej λ_{sr} (m)
1000				
1500				
2000				

- Obliczamy wartość prędkości fali dźwiękowej ze wzoru $v = \lambda_{sr} \cdot f$ dla każdej częstotliwości.
- Obliczamy v_{sr} .
- Odczytujemy temperaturę powietrza t i obliczamy wartość prędkości fali dźwiękowej w powietrzu o temperaturze t ze wzoru $v_t = v_0 \sqrt{1 + 0,004t}$, gdzie $v_0 = 331 \frac{m}{s}$.
- Określamy niepewności pomiarowe pomiarów prostych i niepewność wyznaczenia v .

Obliczenia

Jak rozchodzi się światło?

Cel ćwiczenia

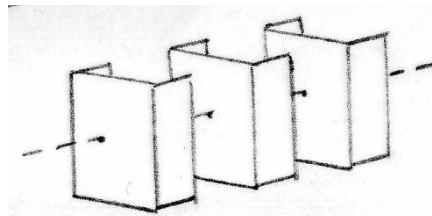
Niezbędne przedmioty i materiały

Karton z bloku technicznego, latarka, gruba igła, nitka. Można wykorzystać gotowe ekrany z dziurką z zestawów do optyki.

 Ostre narzędzia, zagrożenie skaleczeniem.

Przebieg ćwiczenia

- Wycinamy trzy prostokąty np. wielkości połowy kartki A4.
- Składamy kartony razem i przekłuwamy je w środku igłą.
- Zaginamy kartony, w tych samych odległościach (ok. 4 cm) od dwóch naprzeciwległych, krótszych krawędzi.
- Ustawiamy kartony na stole, jeden za drugim tak, aby otworki znajdowały się na jednej linii (żeby mieć pewność, przeciągamy przez otwory nitkę i naciągamy ją).



- Na wysokości otworów ustawiamy latarkę i włączamy ją.
- Wyłączamy światło i patrzymy przez trzy otwory jednocześnie na latarkę.
- Przesuwamy jeden z kartoników i patrzymy, czy w dalszym ciągu widać latarkę.

Obserwacje

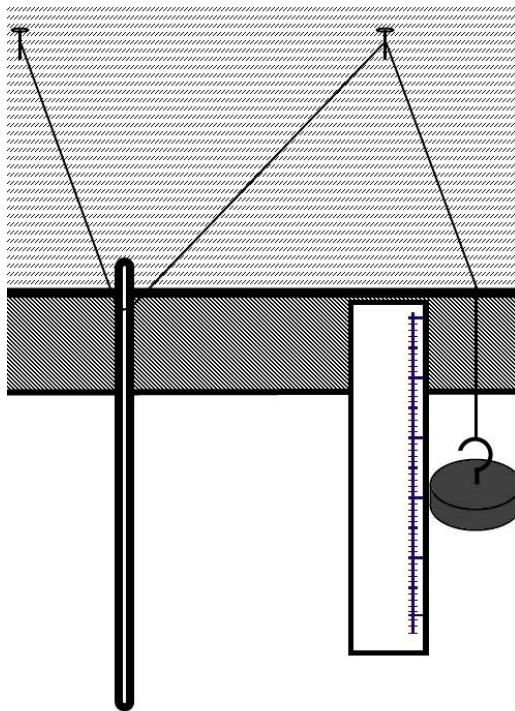
W jaki sposób rozchodzi się światło w ośrodku jednorodnym?

Odbicie światła

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Deska wielkości co najmniej ok. 15 cm x 25 cm, gwoźdźdiki, cienki pręt lub patyczek (np. do szaszłyków) krótka linijka, nitka, niewielki obciążnik (np. ciężarek z zestawu do mechaniki), kreda, kątomierz, młotek.



Przebieg ćwiczenia

- W deskę leżącą dłuższym bokiem wzdłuż krawędzi stołu wbijamy dwa gwoźdźdiki w odległości ok. 10 cm od krawędzi i ok. 15 cm od siebie (Rysunek powyżej).
- Na końcu nitki wiążemy pętelkę i zaczepiamy ją o pierwszy z gwoźdźdików.
- Nitkę przerzucamy przez drugi gwoźdźdik i przywiązujemy do końca nitki niewielki odważnik, który układamy tak, aby zwiisał swobodnie ze stołu.
- Wzdłuż nitki z odważnikiem przyczepiamy do stołu krótką linijkę (prostopadle do jego krawędzi).

- Nitkę pomiędzy gwoździkami odchylamy przy pomocy cienkiego pręta tak, by trzymany pionowo pręt był styczny do krawędzi stołu. W ten sposób naprężona nitka zaczepiona pomiędzy dwoma gwoździami symbolizować będzie promień świetlny, a krawędź deski – powierzchnię graniczną między dwoma ośrodkami.
- Przesuwamy pręt wzdłuż krawędzi stołu (deski) i obserwujemy położenie ciężarka.
- Mierzmy kąty pomiędzy normalną do krawędzi (możemy ją narysować kredą) a obiema nitkami w przypadku, gdy obciążnik znajduje się w najniższym punkcie.
- Czynności powtarzamy trzykrotnie.

Wyniki

Pomiar	Kąt będący odpowiednikiem kąta padania	Kąt będący odpowiednikiem kąta odbicia
1		
2		
3		


Jakie wnioski można wyciągnąć na podstawie otrzymanych wyników?

Optyka geometryczna

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Laserowy zestaw do optyki geometrycznej, tablica magnetyczna, linijka, kątomierz, flamaster do tablicy.

-  Urządzenie zasilane napięciem 230 V. Praca z laserem - wprowadzenie wiązki światła do oka, grozi utratą wzroku.

Przebieg ćwiczenia

- I. Pokazanie prostoliniowości biegu promieni świetlnych.
 - Rysujemy na tablicy dowolne dwa punkty (rysując kropkę) w odległości kilkudziesięciu centymetrów od siebie.
 - Włączamy zasilacz do źródła prądu i pozostaw w laserze (przełączając przycisk na obudowie lasera lub zasłaniając metalową przesłoną) świecący jeden promień świetlny.
 - Kierujemy promień lasera tak, aby połączyć narysowane przez siebie punkty.
 - Przyczepiamy laser do tablicy magnetycznej przy jej lewej pionowej krawędzi, przełączamy przycisk (lub odsłaniamy przesłonę) pozostawiając wiązkę pięciu promieni świetlnych i obserwujemy ich bieg.

Obserwacje

Co zaobserwowałeś? Narysuj rysunek.

W jaki sposób rozchodzi się światło lasera w ośrodku jednorodnym?

II. Badanie biegu promienia świetlnego po odbiciu od granicy dwóch ośrodków.

- Na środku tablicy magnetycznej przyczepiamy tarczę Kolbego (planszę z kołem z opisanymi wewnątrz koła kątami), a na jej środku wzdłuż linii poziomej zwierciadło płaskie z powierzchnią odbijającą skierowaną do góry.
- Włączamy laser z jednym promieniem świetlnym i kierujemy go na zwierciadło w punkt w środku tarczy.
- Dokonujemy pomiarów kątów odbicia dla różnych kątów padania i uzupełniamy tabelę.

Wyniki

Pomiar	Kąt padania	Kąt odbicia
1		
2		
3		
4		
5		

Uzupełnij

Kąt zawarty między kierunkiem promienia padającego a normalną do powierzchni granicznej dwóch ośrodków nazywamy

Kąt między normalną do tej powierzchni a promieniem odbitym nazywamy

Jaki wniosek możesz wyciągnąć na podstawie zebranych w tabeli wyników?

III. Obserwacja biegu promieni świetlnych po odbiciu od wklęsłego i wypukłego zwierciadła sferycznego.

- Na środku tablicy magnetycznej przyczepiamy tarczę Kolbego, a na jej środku przyczepiamy wzdłuż linii pionowej zwierciadło wklęsłe z powierzchnią odbijającą skierowaną w lewą stronę.
- Przyczepiamy wzdłuż lewej krawędzi tablicy magnetycznej laser, włączamy pięć promieni świetlnych i kierujemy go na zwierciadło w taki sposób, aby promienie lasera były równoległe do prostej poziomej (jednocześnie głównej osi optycznej zwierciadła). Obserwujemy bieg promieni po odbiciu od zwierciadła.
- Zamieniamy zwierciadło na wypukłe i obserwujemy bieg promieni lasera po odbiciu od zwierciadła.

Obserwacje

Napisz co zaobserwowałeś.

Narysuj bieg promieni równoległych odbijanych od zwierciadeł wklęsłego i wypukłego.

IV. Obserwacja załamania światła na granicy dwóch ośrodków przezroczystych i wyznaczenie względnego współczynnika załamania światła.

- Na środku tablicy magnetycznej przyczepiamy tarczę Kolbego, a na jej środku wzdłuż linii poziomej półkrążek, powierzchnią płaską skierowaną do góry.
- Włączamy laser z jednym promieniem świetlnym i kierujemy go w punkt w środku tarczy na powierzchni krążka.
- Dokonujemy pomiarów kątów załamania dla różnych kątów padania i uzupełniamy tabelę.
- Obliczamy na kalkulatorze lub odczytujemy w tablicach wartości funkcji sinus dla poszczególnych kątów.
- Obliczamy stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania dla każdej pary kątów.
- Określamy niepewności zmierzonych kątów oraz sinusów tych kątów. Porównujemy otrzymane wyniki.
- Powtarzamy pomiary wiązką lasera na powierzchnię załamującą od strony szkła.

Pomiary od strony powietrza				
Kąt padania α	Kąt załamania β	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$
Pomiary od strony szkła				
Kąt padania α	Kąt załamania β	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$

Co możesz powiedzieć o względnym współczynniku załamania ośrodka drugiego względem pierwszego n_{21} na podstawie otrzymanych wyników?

V. Obserwacja biegu promienia świetlnego przy przejściu ze szkła do powietrza. Określenie kąta granicznego. Obserwacja zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.

- Na środku tablicy magnetycznej przyczepiamy tarczę Kolbego, a na jej środku wzdłuż linii poziomej półkrążek, powierzchnią płaską skierowaną do góry.
- Włączamy laser z jednym promieniem świetlnym i kierujemy go wzdłuż promienia krążka na powierzchnię załamującą od strony szkła w punkt w środku tarczy pod kątem padania bliskim 0° .
- Zmieniając położenie wiązki lasera (kątem padania) obserwujemy jak zmienia się kąt załamania oraz intensywność promienia załamanego i odbitego od powierzchni granicznej.
- Znajdujemy wartość kąta padania (kąta granicznego), dla którego kąt załamania wynosi 90° .
- Dalej zwiększamy kąt padania, tak by był większy od kąta granicznego i obserwujemy bieg promienia świetlnego po osiągnięciu powierzchni granicznej.
- Czynności powtarzamy trzykrotnie, za każdym razem znajdując wartość kąta granicznego.
- Wyniki zapisujemy w tabeli i obliczamy bezwzględny współczynnik załamania n_1 przyjmując, że $n_2 = 1$ (dla powietrza).
- Dokonujemy pomiarów kątów załamania dla różnych kątów padania i uzupełniamy tabelę.
- Szacujemy niepewność pomiaru kąta granicznego dla danej pary ośrodków. Porównujemy otrzymany wynik kąta granicznego i bezwzględnego współczynnika załamania z wartościami teoretycznymi.

Wyniki i obliczenia

α_{gr1}	α_{gr2}	α_{gr3}	$\alpha_{gr \acute{s}r}$	$\sin \alpha_{gr \acute{s}r} = \frac{1}{n_1}$	$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_{gr \acute{s}r}}$

VI. Obserwacja biegu promieni świetlnych w modelach światłowodów.

- Do tablicy magnetycznej przyczepiamy długą równoległościenną płytkę szklaną i laser (włączamy jedną wiązkę światła).
- Wprowadzamy wiązkę światła, tak by uległa całkowitemu wewnętrznemu odbiciu od ścian płytki i obserwujemy bieg promienia świetlnego.

Obserwacje

Narysuj bieg promienia w płytce równoległościennej (modelu światłowodu).

Napisz, gdzie mają zastosowanie światłowody.

VII. Obserwacja wiązki światła przy przejściu przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą.

- Na tablicy magnetycznej rysujemy poziomą linię i ustawiamy na niej model soczewki skupiającej, tak by narysowana linia biegła wzdłuż głównej osi optycznej soczewki.
- Kierujemy na soczewkę wiązkę promieni laserowych biegnących równoległe do głównej osi optycznej i obserwujemy kierunek promieni po przejściu przez soczewkę skupiającą.
- Zaznaczamy punkt, w którym promienie przecinają się.
- Czynności powtarzamy dla innych soczewek skupiających i rozpraszających. Dla soczewek rozpraszających zaznaczamy punkt, w którym przecinają się przedłużenia promieni załamanych.
- Obserwujemy również wiązki promieni równoległych po przejściu przez modele soczewek ocznych na tablicy magnetycznej z modelem oka. Obserwujemy oko człowieka prawidłowo widzącego, krótkowidza i dalekowidza. Dobieramy soczewki korygujące wady wzroku.
- Obserwujemy efekty wykorzystania różnych układów soczewek (modele lunet, aparatu fotograficznego).

Obserwacje

Przedstaw na rysunku schematycznym bieg promieni przez soczewkę skupiającą.

Przedstaw na rysunku schematycznym bieg promieni przez soczewkę rozpraszającą.

Jakie soczewki w okularach nosi krótkowidz, a jakie dalekowiedz? Uzasadnij odpowiedź.

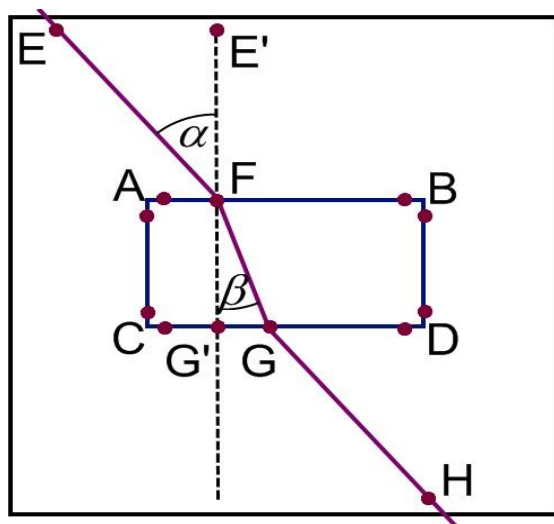
Napisz, jakich przyrządów użyją w swojej pracy: filatelista, biolog, fotograf, astronom, dentysta.

Współczynnik załamania szkła

Cel ćwiczenia

Niezbędne przedmioty i materiały

Podstawka ze styropianu wielkości kartki z zeszytu, szpilki krawieckie, płytka równoległościenna z zestawu do optyki geometrycznej (stolika optycznego), kartka papieru, ołówek, linijka.



Przebieg ćwiczenia

- Na podstawkę ze styropianu kładziemy kartkę z zeszytu.
- Mocujemy płytkę równoległościenną do podstawki, wbijając przy jej rogach po dwie szpileczki tak, aby łepki szpilek przytrzymały płytkę (Rysunek powyżej).
- Wbijamy po jednej stronie płytki szpilki F, E (F tuż przy krawędzi płytki, E dość daleko od niej) tak, by linia łącząca je tworzyła kąt $\alpha = 40-50$ stopni z prostopadłą do krawędzi AB płytki.
- Patrzymy na szpilki F, E przez płytkę od strony krawędzi CD, równolegle do powierzchni kartki z takiego kierunku, żeby ich obrazy się pokryły.
- Wbijamy dwie następne szpilki G, H tak, aby wydawało nam się, że wszystkie cztery szpilki znajdują się na jednej prostej (szpilkę G tuż przy krawędzi płytki, a H możliwie daleko od niej).

- Obrysowujemy płytkę oraz zaznaczamy symbolami E, F, G, H położenia odpowiadających im szpilek.
- Usuwamy szpilki i płytkę. Na kartce rysujemy wyznaczony szpilkami bieg promienia świetlnego oraz prostą prostopadłą do krawędzi AB w punkcie F. Punkt przecięcia prostopadłej z krawędzią CD oznaczamy G'.
- Konstruujemy trójkąty prostokątne EFE' oraz GFG'.
- Mierzmy trzykrotnie długości boków EE', EF, GG', GF i zapisujemy je w tabeli.

Wyniki

Mierzony odcinek	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III	Wartość średnia
EE'				EE' _{śr} =
EF				EF _{śr} =
GG'				GG' _{śr} =
GF				GF _{śr} =

- Obliczamy współczynnik załamania korzystając ze wzoru

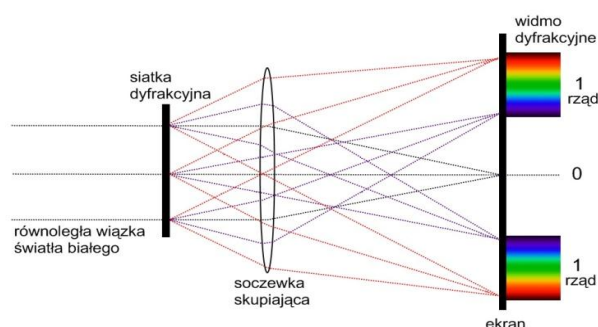
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{EE'}{EF}}{\frac{GG'}{GF}} = \frac{EE' \cdot GF}{EF \cdot GG'} \quad (\text{wykorzystaj wartości średnie}).$$

- Obliczamy niepewność pomiaru (np. uproszczoną metodą logarytmiczną).

Długość fali świetlnej

Cel ćwiczenia

Siatka dyfrakcyjna składa się z dużej liczby wzajemnie równoległych i równo oddalonych od siebie szczelin. Odległość pomiędzy środkami sąsiadujących szczelin nazywamy stałą siatki. Światło padające na siatkę ulega ugięciu (dyfrakcji) na każdej szczelinie, która to z kolei staje się źródłem drgań i wysyła promienie we wszystkich kierunkach. Promienie ugięte nakładają się (interferują ze sobą). Warunek wzmocnienia promieni ugiętych na siatce dyfrakcyjnej ma postać: $k\lambda = d\sin\varphi$, gdzie: d oznacza stałą siatki, a k to rząd widma. W przypadku światła zawierającego kilka długości fali lub wszystkie (światło białe), maksimum k -tego rzędu dla każdej długości fali występuje przy innym kącie φ . Maksimum zerowego rzędu, dla wszystkich długości fal występuje przy $\varphi = 0$. Dla światła białego obserwujemy białe, niezabarwione centralne maksimum zerowego rzędu, a po obu jego stronach widma dyfrakcyjne pierwszego, drugiego i dalszych rzędów. Widma mają postać tęczywch pasm. Dla światła monochromatycznego maksima dyfrakcyjne wszystkich rzędów mają tę samą barwę.



Chcąc wyznaczyć długość fali świetlnej posługujemy się zestawem składającym się z lampy rtęciowej, której widmo powstałe po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną będzie widoczne na ekranie. Dla rozpatrywanej linii widmowej obliczamy średnią odległość obserwowanego prążka $x_{\dot{s}r} = \frac{x_l + x_p}{2}$, a po określeniu odległości siatki l od ekranu, możemy wyznaczyć $\sin\varphi = \frac{x_{\dot{s}r}}{\sqrt{x_{\dot{s}r}^2 + l^2}}$. Po


podstawieniu otrzymanych zależności do wzoru na warunek wzmocnienia i odpowiednim przekształceniu otrzymujemy:

$$\lambda = \frac{d \cdot x_{\dot{s}r}}{k \cdot \sqrt{x_{\dot{s}r}^2 + l^2}} .$$

Jeśli mamy siatkę dyfrakcyjną o nieznannej stałej d możemy najpierw posługując się światłem o znanej długości fali (światło lasera) wyznaczyć stałą siatki, a następnie przejść do wyznaczania długości fali świetlnej badanego widma lampy kwarcowej.

Niezbędne przedmioty i materiały

Ława optyczna, siatka dyfrakcyjna, lampa rtęciowa, laser, przymiar milimetrowy.

-  Urządzenie zasilane napięciem 230 V. Praca z laserem - wprowadzenie wiązki światła do oka grozi utratą wzroku. Lampy rtęciowa może się przegrzać i musi być chłodzona wentylatorem; należy ściśle stosować się do instrukcji.

Przebieg ćwiczenia

- I. Wyznaczanie stałej siatki dla znanej długości fali światła laserowego ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$).
- Ustawiamy siatkę dyfrakcyjną na drodze wiązki światła laserowego i mierzymy odległość l siatki od ekranu.
 - Określamy odległość prążków na obrazie dyfrakcyjnym po prawej (x_p) i po lewej (x_l) stronie prążka centralnego, dla dwóch dowolnie wybranych rzędów widma k za pomocą podziałki milimetrowej. Odczytane wartości wstawiamy do tabeli wyników.

Lp	x_p (cm)	x_l (cm)	$x_{\acute{s}r}$ (cm)	l (cm)	k	d (nm)

- Obliczamy $x_{\acute{s}r} = \frac{x_l + x_p}{2}$.
- Wyznaczamy stałą d siatki dyfrakcyjnej z warunku na położenie maksimów interferencyjnych: $d = \frac{\lambda \cdot k \cdot \sqrt{x_{\acute{s}r}^2 + l^2}}{x_{\acute{s}r}}$.

Obliczenia

II. Wyznaczanie długości fali badanego widma lampy rtęciowej.

- Włączamy wentylator lampy rtęciowej.
- Włączamy lampę rtęciową, ustawiając wyłącznik czasowy na 15 min (wskaźnik na czerwonej kresce) i czekamy około 5 min aż do nagrzania się lampy.
- Ustawiamy ekran w pewnej odległości (l) od siatki dyfrakcyjnej, a ostrość obrazu soczewką umieszczoną na wysięgniku obudowy lampy.
- Mierzmy za pomocą podziałki milimetrowej położenie x_p i x_l wybranych linii widmowych (dla kilku barw) na obrazie dyfrakcyjnym. Pomiary wykonujemy dla dwóch rzędów widm i dla trzech odległości siatki od ekranu. Wyniki umieszczamy w tabeli.

barwa	x_p (cm)	x_l (cm)	x_{sr} (cm)	l (cm)	k	λ (nm)

- Wyznaczamy długości fali odpowiadające barwie wybranych prążków, korzystając z warunku na położenie maksimów interferencyjnych. Wykorzystujemy obliczoną wartość stałej siatki dyfrakcyjnej d :

$$\lambda = \frac{d \cdot x_{sr}}{k \cdot \sqrt{x_{sr}^2 + l^2}}$$

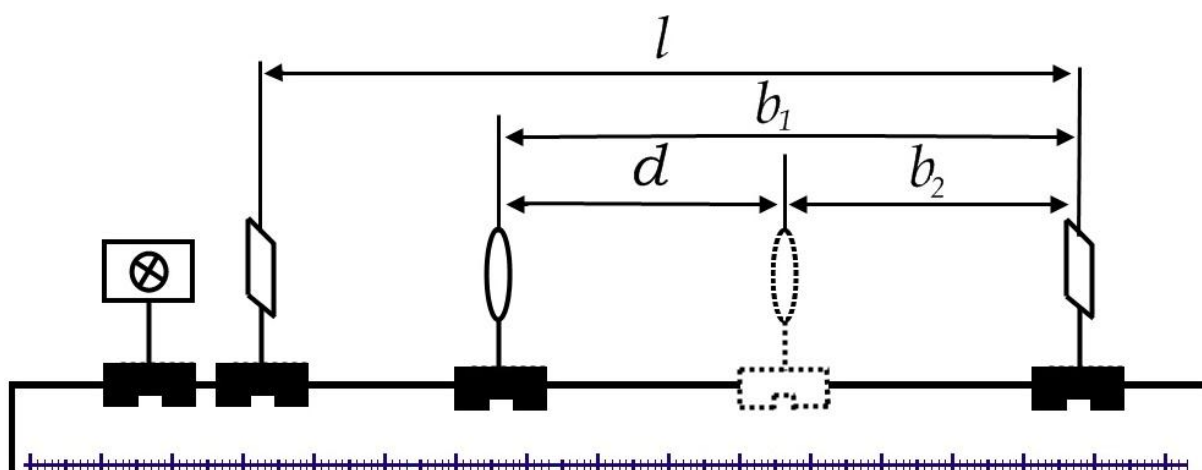
- Określamy niepewności pomiarowe pomiarów prostych i niepewność wyznaczenia d i λ .

Obliczenia

Ogniskowa soczewki

Cel ćwiczenia, opis

W metodzie Bessela posługujemy się zestawem przedstawionym na rysunku poniżej.



Przesuwamy soczewkę wzdłuż ławy optycznej, aby znaleźć dwie odległości soczewki od ekranu b_1 i b_2 , dla których będziemy obserwować ostry obraz. W jednym położeniu obraz jest powiększony, a w drugim pomniejszony. Odległości pomiędzy ekranem a soczewką, przy których jest obserwowany ostry obraz, wyznaczamy z równania soczewki $\frac{1}{l-b} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, gdzie l jest ustaloną odległością między przedmiotem a ekranem. Równanie jest równaniem kwadratowym ze względu na b i posiada dwa rozwiązania b_1 i b_2 , pod warunkiem, iż $l > 4f$. Mierząc odległość między położeniami soczewki $d = b_1 - b_2$, w których jest obserwowany ostry obraz przedmiotu, możemy wyznaczyć ogniskową soczewki ze wzoru:

$$f = \frac{l^2 - d^2}{4l} = \frac{1}{4} \left(l - \frac{d^2}{l} \right).$$

Niezbędne przedmioty i materiały

Ława optyczna, źródło światła, soczewka, ekran, przedmiot.

 Źródło światła zasilane napięciem 230 V.

Przebieg ćwiczenia

- Na jednym końcu ławy umieszczamy oświetlony przedmiot, a na drugim ekran; ich odległość l musi być większa od $4f$.
- Umieszczamy soczewkę na saneczkach i przesuujemy je do chwili uzyskania obrazu powiększonego na ekranie i odczytujemy tę pozycję względem dowolnego znacznika na saneczkach.
- Przesuwamy soczewkę bliżej ekranu, aż do uzyskania na nim obrazu zmniejszonego. Odczytujemy znaną pozycję.
- Znajdujemy odległość d między obu pozycjami.
- Mierzmy odległość między przedmiotem i ekranem.
- Pomiary wykonujemy trzykrotnie i dla trzech różnych soczewek.
- Wyniki umieszczamy w tabeli:

Rodzaj soczewki	Obraz powiększony	Wartość średnia b_{1sr}	Obraz zmniejszony	Wartość średnia b_{2sr}	Odległość l	l_{sr}	$d = b_{1sr} - b_{2sr}$	Odległość ogniskowa
	Odległość soczewki od przedmiotu b_1		Odległość soczewki od przedmiotu b_2					
								$f_1 =$

								$f_2 =$

								$f_3 =$

- Obliczamy ogniskową soczewki ze wzoru $f = \frac{1}{4} \left(l - \frac{d^2}{l} \right)$.
- Określamy niepewności pomiarowe.

Obliczenia

Notatki

Notatki

Notatki