



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 4: Światło, dźwięk, powietrze, próżnia

dr Janusz Krywult

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

Wersja UJK/1.2

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

Spis treści

Opis doświadczeń realizowanych na uczelni	3
1. Dźwięk i powietrze	4
2. Prędkość dźwięku w powietrzu	6
3. Prędkość dźwięku w ośrodku materialnym	8
4. Doświadczenie Younga, wersja akustyczna	10
5. Jak bzyka bzyczek?	12
6. Ciśnienie dźwięku	14
7. Polaryzacja światła przez odbicie	16
8. Zobaczyć niewidzialne	18
9. Pierścienie Newtona	20
10. Im dalej tym ciemniej	22
11. Jak świecą ciała	24
Opis ćwiczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach	26
1. Telefon	26
2. Efekt Dopplera	27
3. Rezonator Helmholtza	29
4. Odbicie fali dźwiękowej	31
5. Zakres słyszalności ucha	33
6. Telefon II	35
7. Rezonans akustyczny pomieszczenia	36
8. Rozpraszanie dźwięku	38
9. Ptaszki - mikrofon kierunkowy	39
10. Plamka Poissona	40
11. Widmo mowy	41
12. Promieniowanie podczerwone	42
13. Noktowizor I	43
14. Diamenty i „kryształy”	44
15. Mikroskop z kropli wody	46
16. Camera obscura	47
17. Szukamy spolaryzowanego światła	48
18. Polaryzacja światła w atmosferze	49
19. Odbicie dyfuzyjne	50
20. Ciało doskonale czarne	51
21. Zobaczyć powietrze	52
22. Nikt nie jest doskonały	53
23. Soczewka Fresnela	54
Literatura	55

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) zasilaczami i urządzeniami zasilanymi napięciem 230V,
 - b) zastosowanym akumulatorem jako źródło napięcia,
 - c) grzejnikami i ciałami podgrzаныmi do wysokiej temperatury,
 - d) odczynnikami chemicznymi, roztworami wodnymi CuSO_4 i cieczami łatwopalnymi
 - e) ostrymi narzędziami lub przedmiotami, opiłkami żelaza - w miarę potrzeby stosować rękawice ochronne,
 - f) przedmiotami ciężkimi, kruchymi albo łatwo tłukącymi się.
- 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.

Opis zajęć realizowanych na uczelni

U.7.1. Dźwięk i powietrze

Cel ćwiczenia:

Sprawdzenie rozchodzenia się dźwięku w ośrodku gazowym o różnej gęstości.

Wymagana wiedza ucznia:

Pojęcie fali dźwiękowej, źródła dźwięku, rozchodzenie się dźwięku.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Pompa próżniowa z kloszem, brzęczyk, uchwyt brzęczyka, bateria elektryczna, kontraktron, magnes.

Wprowadzenie:

Dlaczego słyszymy? Mamy uszy to po pierwsze. Po drugie gdzieś jest źródło dźwięku, jakiś drgający obiekt. Tylko czy to wystarczy? W doświadczeniu sprawdzimy jaką rolę w procesie słyszenia odgrywa powietrze.

Przebieg ćwiczenia:

- Pod kloszem pompy próżniowej umieść brzęczyk z podłączoną baterią i wyłącznikiem kontraktronowym. Kontraktron powinien znajdować się blisko klosza.
- Zbliź magnes do kontraktronu. Zapamiętaj natężenie dźwięku brzęczyka.
- Uruchom pompę próżniową. Zwróć uwagę czy w miarę spadku ciśnienia powietrza pod kloszem zmienia się odbierane przez Ciebie natężenie dźwięku brzęczyka.
- Wpuść powietrze pod klosz pompy.



Rys. 1. Pompa próżniowa z kloszem

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że gdy pod kloszem jest powietrze to wyraźnie słyszysz dźwięk brzęczyka. W miarę jak spada ciśnienie powietrza brzęczyk jest słyszany coraz słabiej. Wynika z tego, że powietrze uczestniczy w przekazywaniu dźwięku. Jest to nierozdzielnie związane z samą naturą dźwięku. Gdyż jest ono przemieszczającym się przez dowolny ośrodek materialny zaburzeniem, następujących po sobie zagęszczeniach i rozrzedzeniach, w naszym przypadku powietrza.

U.7.2. Prędkość dźwięku w powietrzu

Cel ćwiczenia:

Zjawisko rezonansu akustycznego i wyznaczenie prędkości dźwięku w powietrzu.

Wymagana wiedza ucznia:

Ruch harmoniczny, okres, częstotliwość, amplituda fali akustycznej, rezonans.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Rura o długości około 2m, generator dźwięku, głośnik.

Wprowadzenie:

Otoczające nas fale dźwiękowe przemieszczają się w powietrzu. Mają różne częstotliwości, ale łączy je taka sama wartość prędkości z jaką się rozchodzą. W doświadczeniu wyznaczymy jaką prędkość ma fala dźwiękowa w tak zwanych warunkach normalnych.

Przebieg ćwiczenia:

Zmierz odległość l między głośnikiem i krążkiem zamykającym rurę.

- Podłącz generator do głośnika zamontowanego na końcu rury.
- Uruchom generator i ustaw częstotliwość na około 60 Hz.
- Powoli zwiększaj częstotliwość. Znajdź taką, przy której wystąpi rezonans. Wtedy wydobywający się dźwięk jest najgłośniejszy.
- Zapisz w Tabeli wartość częstotliwości.
- Dalej powoli przestrajając generator znajdź następny rezonans i zanotuj częstotliwość.



Rys. 1. Rura z zamontowanym głośnikiem

Wykonaj trzy takie pomiary. Pamiętaj by nie opuścić po drodze żadnego rezonansu. Wykorzystując otrzymane wartości uzupełnij poniższą tabelę.

Nr	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali [m]	Prędkość dźwięku $c = f \cdot \lambda$ [m/s]
1.		$2 \cdot l =$	
2.		$1 \cdot l =$	
3.		$3/2 \cdot l =$	

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W naszym doświadczeniu rura jest zamknięta z jednego końca głośnikiem, a z drugiego sztywnym krążkiem. Drgania membrany głośnika powodują powstanie w rurze fali. Dobiega ona do drugiego jej końca, odbija się i podąża z powrotem do głośnika. Odpowiednio dobierając częstotliwość generatora doprowadzamy do rezonansu. Wtedy obie fale nakładają się na siebie i powstaje fala stojąca.

Najniższa częstotliwość przy której jest rezonans zachodzi wtedy, gdy w długości l rury odłoży się $1/2$ długości fali, $l = \lambda/2$. Kolejne rezonanse są dla $l = 1\lambda$ i $l = 3/2\lambda$. Stąd już tylko krok do obliczenia prędkości dźwięku, gdyż wynosi ona $c = f \cdot \lambda$.

U.7.3. Prędkość dźwięku w ośrodku materialnym

Cel ćwiczenia:

Zjawisko rezonansu akustycznego i wyznaczenie prędkości dźwięku w wacie.

Wymagana wiedza ucznia:

Ruch harmoniczny, okres, częstotliwość, amplituda fali akustycznej, rezonans,.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Rura o długości około 2m, generator dźwięku, głośnik, wata celulozowa.

Wprowadzenie:

Otoczające nas fale dźwiękowe przemieszczają się w różnych ośrodkach. W doświadczeniu wyznaczmy ile wynosi prędkość dźwięku w ośrodku jakim jest zwykła wata celulozowa.

Przebieg ćwiczenia:

Zmierz odległość l między głośnikiem i krążkiem zamykającym rurę.

- Wprowadź watę do rury rezonansowej. Postraj się by wypełniła ją równomiernie. Zamknij rurę krążkiem.
- Podłącz generator do głośnika zamontowanego na końcu rury.
- Uruchom generator i ustaw częstotliwość na około 60 Hz.



Rys. 1. Rura z zamontowanym głośnikiem

- Powoli zwiększaj częstotliwość. Znajdź taką, przy której wystąpi rezonans. Wtedy wydobywający się dźwięk jest najgłośniejszy.
- Zapisz w Tabeli wartość częstotliwości.
- Dalej, powoli przestrajając generator znajdź następny rezonans i zanotuj częstotliwość.

Wykonaj trzy takie pomiary. Pamiętaj by nie opuścić po drodze żadnego rezonansu. Wykorzystując otrzymane wartości uzupełnij poniższą tabelę.

Nr	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali [m]	Prędkość dźwięku $c = f \cdot \lambda$ [m/s]
1.		$2 \cdot l =$	
2.		$1 \cdot l =$	
3.		$3/2 \cdot l =$	

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Podstawowe zasady są takie same jak w doświadczeniu wyznaczającym prędkość dźwięku w powietrzu. Różnica leży w innym ośrodku wypełniającym rurę. Wata jest luźnym materiałem, którego przestrzenie między włóknami celulozy zajmuje powietrze. Drgania takiej struktury są inne. Efektem jest nieznaczne zmniejszenie prędkości rozchodzącej się w nim fali akustycznej.

U.7.4. Doświadczenie Younga, wersja akustyczna

Cel ćwiczenia:

Badanie fali akustycznej i zjawiska interferencji.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala akustyczna, amplituda, częstotliwość, długość fali, spójność fal, interferencja fal.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

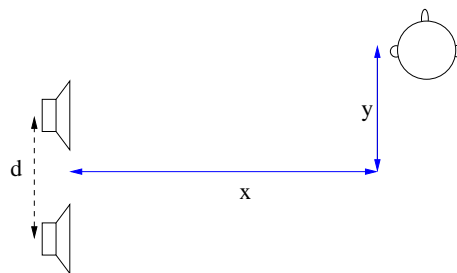
Dwa głośniki, generator dźwięku, linijka, metr.

Wprowadzenie:

Dźwięk jest falą i jak każda fala może interferować. W optyce decydujące znaczenie w określeniu natury światła miało doświadczenie Younga. Teraz wykonamy jego akustyczną wersję. Śladami XIX-to wiecznych fizyków odbiornikiem fali dźwiękowej będzie Twoje ucho.

Przebieg ćwiczenia:

- Podłącz głośniki do generatora dźwięku.
- Umieść je na skraju stołu. Tak by były oddalone od siebie o $d = 0,5$ m.
- Uruchom generator dźwięku i ustaw go na częstotliwość $f = 4000$ Hz.
- Oddal się od linii głośników na odległość $x = 1,5$ m i skieruj jedno ucho w kierunku głośników, drugie możesz zatkać palcem.
- Powoli przemieszczaj się, równoległe do linii ustawienia głośników. Zwracaj uwagę na natężenie odbieranego dźwięku.
- Druga osoba będzie notować w Tabeli położenia Twojego ucha w chwili, gdy słyszysz dźwięk o maksymalnym natężeniu.



Rys. 1. Schemat doświadczenia

Mając zapisane w Tabeli wyniki wylicz częstotliwość dźwięku i porównaj ją z wartością jaką ustawiłeś w generatorze.

Nr	y [m]	Rząd m	Długość fali $\lambda = \frac{y}{m \cdot x} \cdot d$ [m]	Częstotliwość $f = c/\lambda$ [Hz]
1.		2		
2.		1		
3.		0		
4.		1		
5.		2		

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W naszym doświadczeniu głośniki były źródłem dwóch fal o takich samych fazach i częstotliwościach. Przesuwając ucho słyszałeś, że natężenie dźwięku się zmienia. Jest to spowodowane interferencją fali akustycznej pochodzącej z dwóch różnych źródeł.

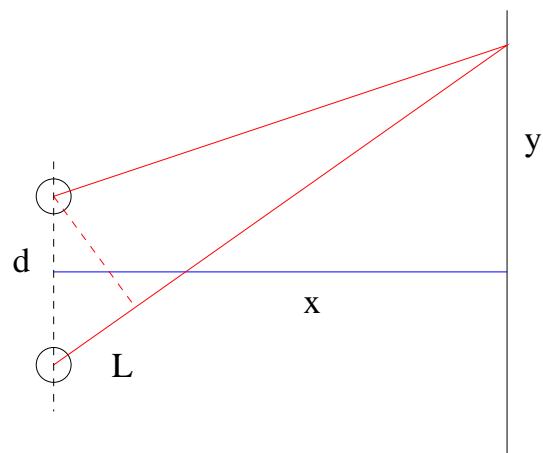
W pewnych położeniach y nakładające się fale mają takie same fazy i następuje wyraźnie słyszane wzmocnienie dźwięku. W innych położeniach fazy są przeciwne i dźwięk jest cichszy.

Pierwsze maksimum natężenia dźwięku występuje wtedy, gdy na odległość L jest równa długości fali λ . Następne, gdy jest od niej dwa razy dłuższa, i tak dalej.

W związku z tym miejsca, w których słyszałeś głośne dźwięki są położone w odległości y od linii przechodzącej pomiędzy głośnikami

$$y_m = m \cdot \lambda \frac{x}{d}$$

gdzie $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ opisuje miejsca kolejnych maksimów interferencji.



Rys. 2. Geometria doświadczenia Younga

U.7.5. Jak bzyka bzyczek?

Cel ćwiczenia:

Analiza częstotliwości emitowanych przez różne źródła dźwięku.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala akustyczna, źródła dźwięku, częstotliwość, amplituda fali dźwiękowej.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

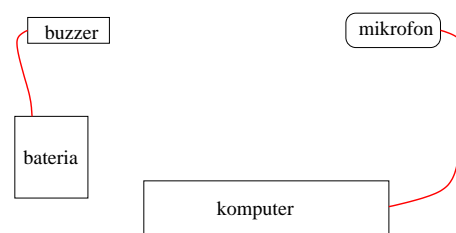
Komputer, mikrofon, program analizatora dźwięku, brzęczyk.

Wprowadzenie:

Otoczają nas różne źródła dźwięku. Inaczej brzmią skrzypce i ryk łosia. W doświadczeniu postaramy się sprawdzić co odpowiada za tę słyszana przez nas różnorodność.

Przebieg ćwiczenia:

- Podłącz mikrofon do komputera i uruchom program analizatora dźwięku. Jeżeli korzystasz z programu SpecAn_2v8.exe to w opcji *Vertical scale* wybierz opcję *square-root compressed*.
- Podłącz buzzer do baterii i zbliż go do mikrofonu.
- Obserwuj przebieg sygnału akustycznego na ekranie analizatora.
- Zapisz w Tabeli częstotliwości o maksymalnym natężeniu sygnału dźwiękowego.
- Powtórz pomiary z innymi źródłami dźwięku.



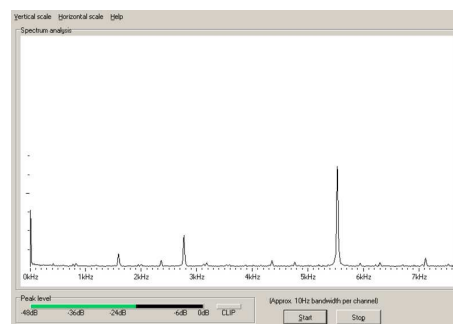
Rys. 1. Schemat połączenia

Nr	Źródło dźwięku	Dominujące częstotliwości, f [Hz]
1.		
2.		
3.		

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Prawdopodobnie na ekranie zobaczyłeś kilka wysokich pików. Ich położenia na poziomej osi pokazują częstotliwości. Wysokość piku natomiast informuje o natężeniu fali o danej częstotliwości. W ten sposób można poddać analizie dowolny sygnał dźwiękowy: muzykę, mowę, szum morza.

W przypadku mojego bzyzka otrzymałem trzy ostre i wysokie piki odpowiadające częstotliwością 1,6 kHz, 2,8 kHz oraz 5,6 kHz. Oraz trochę szumu i jakiś sygnał poniżej 100 Hz. Pochodzi on od zakłóceń. Na pewno jego źródłem nie jest buzzer. Przy swoich rozmiarach nie jest w stanie wygenerować nic silnego w tym zakresie częstotliwości. Takie są prawa fizyki.



Rys. 2. Widmo mojego bzyzka

U.7.6. Ciśnienie dźwięku

Cel ćwiczenia:

Obserwacja oddziaływania fali akustycznej na przedmioty.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala akustyczna, amplituda, częstotliwość fali dźwiękowej, zjawisko rezonansu.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

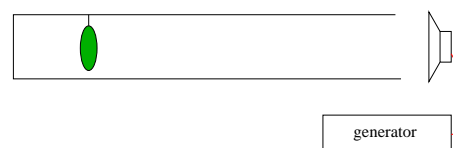
Głośnik, generator dźwięku, rura z tarczą Rayleigha.

Wprowadzenie:

Fala akustyczna jest rozchodzącym się w powietrzu zaburzeniem o następujących po sobie rozrzedzeniach i zagęszczeniach. Jeżeli napotykają one na swej drodze przeszkodę to mogą wprowadzić ją w drgania. Dzięki temu np. słyszymy. Teraz postaramy się zobaczyć jak dźwięk może wpłynąć na niewielką tarczę. Po raz pierwszy wprowadził ją do badań lord Rayleigh.

Przebieg ćwiczenia:

- Ustaw głośnik u wylotu rury z tarczą Rayleigha.
- Podłącz głośnik do generatora dźwięku.
- Powoli przestrajaj generator.
- Uważnie obserwuj zachowanie się tarczy.
- Sprawdź przy jakich częstotliwościach tarcza się porusza. Zanotuj je w Tabeli.
- Zbadaj czy ruch tarczy zależy od natężenia dźwięku.



Rys. 1. Schemat połączenia

Nr	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali $\lambda = c/f$ [m]
----	------------------------	----------------------------------

1.

2.

3.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Jak zauważyłeś przy pewnych częstotliwościach fali dźwiękowej krążek się obraca. Pytanie dlaczego?

Otóż fala dźwięku związana jest z ruchem cząsteczek powietrza. Przesuwają się one z określoną częstotliwością raz w jedną a raz w drugą stronę. Ten ruch powietrza powoduje powstanie dwóch sił działających na tarczę. Starają się one ustawić go prostopadle do nadchodzącej fali. Działające siły są wprost proporcjonalne do natężenia dźwięku. Dlatego zaobserwowałeś, że z jego wzrostem krążek silniej się skręca.

Drugą sprawą jest występowanie tego zjawiska w ściśle określonej częstotliwości. Tu mamy do czynienia z powstaniem w rurze fali stojącej. Jeżeli tarcza znajduje się w miejscu, w którym fala stojąca ma strzałkę to działają na niego największe siły.

W rzeczywistości krążek można zamocować swobodnie, bez rury. Jednak w tym przypadku nawet niewielkie ruchy powietrza uniemożliwiają obserwację interesującego nas zjawiska. Najlepiej sprawdź to w domu sam.

Używając tarczy Rayleigha można też zmierzyć prędkość cząsteczek powietrza drgających w fali akustycznej. Jest z tym jednak trochę więcej zachodu.

U.7.7. Polaryzacja światła przez odbicie

Cel ćwiczenia:

Poznanie zjawiska polaryzacji, sposoby otrzymywania światła spolaryzowanego.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala świetlna, amplituda fali, polaryzacja.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Przyrząd do polaryzacji światła, polaryzator.

Wprowadzenie:

Światło ulega odbiciu. Mam pytanie. Czy zmieni się coś gdy ulegnie ono odbiciu od powierzchni szkła? Sprawdźmy to w kolejnym doświadczeniu.

Przebieg ćwiczenia:

- Ustaw źródło światła tak by strumień światła równomiernie oświetlał powierzchnię dolnej płytki przyrządu Norrenberga.
- Przechyl górną płytkę pod kątem $\alpha = 57^\circ$ do pionowej osi przyrządu.
- Tak ustaw dolną płytkę aby w górnej widzieć odbite od obu powierzchni światło.
- Obracaj górną płytkę wokół osi pionowej przyrządu i obserwuj natężenie przechodzącego przez nie światła.
- Teraz ustaw płytki równoległe i w bieg światła odbitego od górnej płytki wstaw polaryzator i obracaj nim wokół jego osi.
- Obserwuj zmianę natężenia światła.



Rys. 1. Przyrząd Norrenberga

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że pewnych położeniach elementów przyrządu przechodzące przez niego światło przyciemniało. Odpowiedzialność za to bierze polaryzacja. Światło odbite od dolnej płytki zostaje spolaryzowane. Górna płytka też polaryzuje światło. Gdy kierunki płytek są prostopadłe to następuje silne wygaszenie światła.

Jeżeli na drodze światła ustawimy inny polaryzator to również nastąpi silne jego osłabienie. Potwierdza to, że mamy do czynienia ze spolaryzowaną falą.

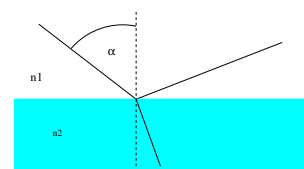
Stopień polaryzacji zależy od kąta α padania światła na powierzchnię. Dla zwykłego szkła osiąga on maksimum gdy α wynosi około 57° . Jest to kąt Brewstera.

Nie wszystkie substancje dają ten efekt. Nie występuje on przy odbiciu od powierzchni metalicznych.

Wzory nam nie straszne:

W roku 1812 Brewster odkrył, że jeżeli kąt pomiędzy promieniem załamanym a odbitym wynosi 90° to wiązka odbita jest maksymalnie spolaryzowana. Gdy światło przechodzi z ośrodka o współczynniku załamania n_1 do ośrodka o współczynniku załamania n_2 to wartość kąta padania α przy którym otrzymamy najsilniej spolaryzowaną wiązkę wynosi

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{n_2}{n_1}$$



Rys. 2. Polaryzacja przez odbicie

U.7.8. Zobaczyć niewidzialne

Cel ćwiczenia:

Obserwacja wpływu ośrodka na polaryzację światła.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala świetlna, amplituda fali, polaryzacja światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

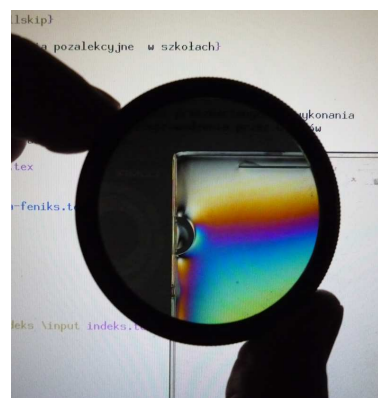
Monitor lub telewizor LCD, kawałki przezroczystych materiałów (linijka, pudełko na płyty CD, celofan, szkło, itp.), polaryzator.

Wprowadzenie:

W doświadczeniu wykorzystamy spolaryzowane światło i spróbujemy zobaczyć co się kryje we wnętrzu przepuszczających światło ciał.

Przebieg ćwiczenia:

- Uruchom monitor LCD.
- Obserwuj przez polaryzator jasno oświetlony ekran LCD.
- Obracając polaryzator zwróć uwagę na zmiany jasności przechodzącego przez niego światła.
- Ustaw polaryzator w takim położeniu by doprowadzić do zaciemnienia pola widzenia.
- Między ekranem i polaryzatorem umieść przezroczystą część pudełka na płyty CD i poruszaj nią.
- Obserwuj zachodzące zmiany.
- Powtórz obserwacje z innymi materiałami.



Rys. 1. Obraz naprężeń we wnętrzu przedmiotu

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Skrzyżowanie kierunków polaryzatorów dało nam całkowicie ciemne pole widzenia. Po umieszczeniu między nimi pudełka CD pojawiły się barwne obszary. Pojawienie się jasnych obszarów świadczy o tym, że kierunek polaryzacji przechodzącego światła uległ zmianie. Pojawiły się też barwy. To z kolei jest związane z tym, że wprowadzona przez ośrodek zmiana kierunku polaryzacji zależy od długości fali.

W ten sposób można badać niejednorodności materiałów. Na przykład występujące w nich naprężenia mechaniczne, tak jak to ma miejsce w pobliżu brzegów pudełka.

U.7.9. Pierścienie Newtona

Cel ćwiczenia:

Poznanie interferencji światła i jednego z jej przejawów, którym są pierścienie Newtona.

Wymagana wiedza ucznia:

Odbicie światła, długość i amplituda fali, interferencja światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

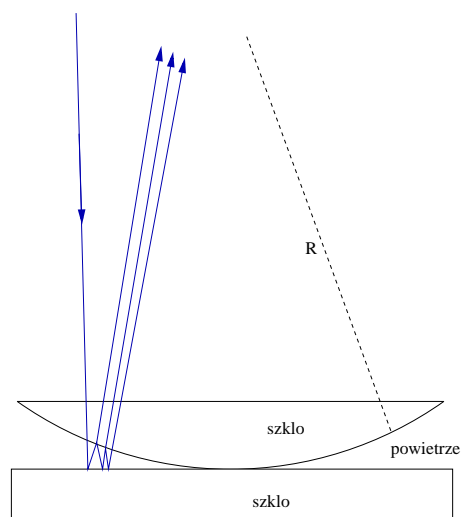
Soczewki, płytka szklana, lupa, czarny karton.

Wprowadzenie:

Wbrew nazwie zostały odkryte w XVII w. przez Roberta Hooke'a. Jednak to Newton zbadał je dokładnie i jemu zawdzięczają swą nazwę. Mimo to na pełne wyjaśnienie zjawisko czekało przeszło 150 lat.

Przebieg ćwiczenia:

- Umyj wodą z płynem do mycia naczyń powierzchnie szklanej płytki i soczewki.
- Połóż szklaną płytkę na czarnym kartonie.
- Do kawałka szkła przyłóż wypukłą stronę soczewkę i oświetl ją z boku.
- Przez lupę obserwuj miejsce styku obu przedmiotów.
- Zwróć uwagę na kształt i barwę powstającej figury.
- Powtórz obserwacje używając soczewek o różnym promieniu krzywizny.



Rys. 1. Schemat doświadczenia

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

W miejscu styku widać czarny krążek. Otoczony jest on współśrodkowymi pierścieniami. Jak zdążyłeś zauważyć odległości między kolejnymi pierścieniami stają się coraz mniejsze.

Część padającej wiązki światła odbija się wielokrotnie od powierzchni szklanej płytki i soczewki. Po czym promienie odbite interferują z wiązką padającą. W ten sposób powstają obszary minimów i maksimów, które przyjmują kształt zaobserwowanych koncentrycznych pierścieni. Centralna część jest ciemna gdyż w tym miejscu odległość między przedmiotami jest znacznie mniejsza od długości padającej fali.

W miarę oddalania się od punktu styku obu przedmiotów rośnie odległość między powierzchniami. Co sprawia, że pierścienie się zagęszczają i słabną.

W świetle białym pierścienie są kolorowe. Przy czym część czerwona jest położona dalej od punktu styku. Dlaczego?

U.7.10. Im dalej tym ciemniej

Cel ćwiczenia:

Obserwacja zależności natężenia oświetlenia od odległości od źródła światła.

Wymagana wiedza ucznia:

Źródła światła, natężenie oświetlenia.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

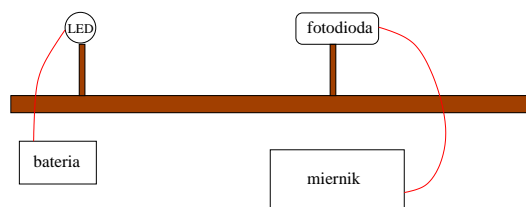
Dioda świecąca LED, bateria, miernik uniwersalny, fotodioda, ława optyczna.

Wprowadzenie:

Im dalej tym ciemniej. Sprawdźmy to nieco trywialne stwierdzenie w stosunku do światła rozchodzącego się od małego źródła.

Przebieg ćwiczenia:

- Ustaw źródło światła i fotodiodeę na ławie optycznej.
- Podłącz LED do baterii.
- Połącz fotodiodeę z miernikiem i ustaw zakres na $200 \mu\text{A}$.



Rys. 1. Schemat doświadczenia

- Umieść fotodiodeę w odległości 5 cm od źródła światła.
- Zgaś światło w pomieszczeniu i odczytaj na mierniku wartość fotoprądu. Wynik zapisz w Tabeli.
- Następnie oddal fotodiodeę o 2,5 cm i powtórz pomiar. Czynności te wykonaj dla odległości wynoszących: 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 cm.

Nr	Odległość $l[\text{cm}]$	Natężenie prądu $i[\mu\text{A}]$
1.	2,5	
2.	5,0	
3.	7.5	

Na papierze milimetrowym zaznacz punkty z Tabeli. Na osi X odłóż odległość fotodiody od źródła światła. Na osi Y natężenie fotoprądu. Postaraj się połączyć punkty gładką linią.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że natężenie fotoprądu spada w miarę oddalania się od źródła światła. Widać to wyraźnie na zrobionym wykresie. Spadek jest bardzo szybki. Jeżeli źródło światła jest małe w stosunku do odległości to natężenie światła spada z kwadratem odległości. Dwa razy dalej jest cztery razy słabsze.

Wzory nam nie straszne:

Spróbujmy potraktować żarówkę jako punkt świecący we wszystkich kierunkach. Wtedy ilość światła, która dochodzi do miejsca odległego o r od źródła rozkłada się równomiernie na powierzchni całej kuli o takim promieniu. Załóżmy, że światło nie jest pochłaniane przez powietrze. Wtedy przez każdą z sfer o dowolnym promieniu przechodzi tyle samo światła. Pole powierzchni kuli wynosi $4\pi r^2$ więc światło rozkłada się na coraz to większej powierzchni. W efekcie natężenie światła maleje z odległością jak $\frac{1}{r^2}$.

U.7.11. Jak świecą ciała

Cel ćwiczenia:

Badanie widma różnych źródeł światła.

Wymagana wiedza ucznia:

Źródła światła, sposoby świecenia ciał. Pryzmat, rozszczepienie światła białego.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Spektroskop, żarówka, świetlówka, neonówka, diody świecące: czerwona, żółta, zielona, biała.

Wprowadzenie:

Świecenie ciał może zachodzić na skutek różnych procesów. Najprostszym jest emisja światła przez rozgrzane przedmioty. Również gorące gazy, na skutek efektów kwantowych mogą emitować promieniowanie. Podobny typ zjawisk jest wykorzystywany w diodach półprzewodnikowych LED. W doświadczeniu sprawdzimy jakie są podobieństwa i różnice w świetle pochodzącym z różnych źródeł.

Przebieg ćwiczenia:

- Podłącz żarówkę do źródła prądu.
- Przez spektroskop obserwuj widmo jej światła.
- Zwróć uwagę na barwy i ich natężenie.

Powtórz obserwacje z innymi źródłami światła. Staraj się zanotować jak najwięcej informacji dotyczących obserwowanych widm, np. barwy i ich natężenie, prążki.



Nr	Źródło światła	Charakterystyczne cechy widma
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Każdy sposób emisji światła zostawia swój ślad w rozchodzącym się świetle. Jak zauważyłeś żarówka daje widmo ciągłe. Obserwujemy zmieniające się natężenia fal o różnych długościach. Dominuje kolor żółty i czerwony, natomiast niebieskiego jest niewiele.

Świecenie diody elektroluminescencyjnej związane jest z poruszaniem się elektronów w kryształach półprzewodnika. Tu widmo jest zdominowane określoną barwą. W świetle diody zielonej nie ma barwy niebieskiej.

W przypadku neonówki widzimy pojedyncze linie. Każdy gaz pobudzony do świecenia ma charakterystyczny dla siebie układ takich linii. Trochę inna jest sytuacja w przypadku świetlówki/żarówki energooszczędnej. Tak naprawdę świecą tu pary rtęci. W spektroskopie można zobaczyć kilka jej linii. Ponieważ świecenie to jest bardzo intensywne w ultrafioletowej części widma wewnątrz świetlówki pokryte jest specjalną substancją, luminoforem. Pochłania on promienie ultrafioletowe i wypromieniowuje je w zakresie światła widzialnego. Odpowiednio dobierając jego skład możemy starać się otrzymać światło bardzo zbliżone do przyjemnego dla oka światła zwykłych żarówek.

Opis ćwiczeń na zajęcia pozalekcyjne w szkołach

S.7.1. Telefon

Cel ćwiczenia:

Pokazanie przenoszenia dźwięku przez różne ośrodki materialne, drgania membran.

Wymagana wiedza ucznia:

Amplituda, prędkość fali. drgania.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Dwa okrągłe plastikowe pudełka o średnicy około 10 cm (np. po serkach), po 3 m cienkiego sznurka, drutu, żyłki wędkarskiej.

Wprowadzenie:

Fala akustyczna przenoszona jest przez różne ośrodki materialne. Efektywność tego procesu w dużym stopniu zależy od rodzaju materiału i jego własności. Dźwięki łatwo przenoszone są przez ośrodki twarde i sprężyste.

Przebieg ćwiczenia:

W środku dna każdego z pudełek zrób igłą mały otwór. Przez otworki przewlec sznurek. Na końcach sznurków znajdujących się po stronie wewnętrznej pudełek zrób dużą pętelkę. Możesz też przywiązać sznurek do małych guzików, około 0.5 cm. Zwiększysz w ten sposób wytrzymałość połączenia.

- Dwie osoby biorą po jednym pudełku i oddalają się na odległość równą długości sznurka. Sznurek powinien być napięty.
- Jedna z osób mówi do pudełka, a druga przykłada ucho do swojego. W pudełku wyraźnie słyszy słowa koleżanki/kolegi.



Rys. 1. Telefon z drutu

Spróbuj zastosować różnego rodzaju sznurki: nylonowy, konopny, żyłkę wędkarską, drut np. miedziany. Uważaj, gdyż drut jest łatwo zaplątać. Sprawdź również jak na działanie telefonu wpływa grubość zastosowanego sznurka.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Jeżeli wykonałeś kilka eksperymentów z różnymi rodzajami sznurka, żyłek i drutu to z pewnością zauważyłeś, że skuteczność telefonu zależy od użytego materiału. Związane jest to procesem przenoszenia dźwięku.

W przypadku sztywnego i o dużej sprężystości materiału dźwięk przenosi się nawet na duże odległości. Gdy zastosujemy np. sznurek konopny to zasięg będzie znacznie mniejszy. Wynika to ze strat jakie zachodzą w trakcie wędrówki fali przez ośrodek. Drgające elementy ocierają o siebie powodując straty. Energia akustyczna zamienia się na ciepło. Podobnie jest z naszym „mikrofonem” i „słuchawką” ich skuteczność też zależy od materiału, z którego są one wykonane oraz jego sprężystości.

S.7.2. Efekt Dopplera

Cel ćwiczenia:

Doświadczalna obserwacja efektu Dopplera.

Wymagana wiedza ucznia:

Prędkość fali, źródła dźwięku, efekt Dopplera.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Brzęczyk*, bateria elektryczna, przewody elektryczne.

Wprowadzenie:

Wszystko jest w ruchu. I nic nie stoi na przeszkodzie by również poruszały się źródła dźwięku. Sprawdźmy czy ruch ten wpływa na odbierany przez nas sygnał dźwiękowy.

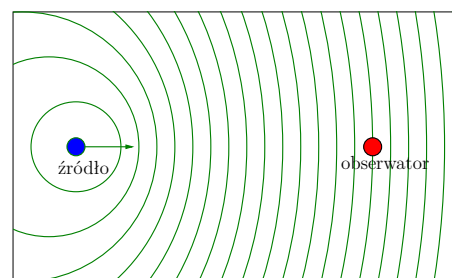
Przebieg ćwiczenia:

Podłącz brzęczyk do źródła zasilania. Sprawdź jak on brzmi, gdy przysuniesz go do ucha, a jak gdy odsuniesz go na odległość wyciągniętej ręki.

- Energicznie odsuwaj i przysuwaj brzęczyk do ucha. Możesz też zataczać nim okręgi przed sobą.
- Zwróć uwagę na natężenie i wysokość odbieranego dźwięku.
- Spróbuj też szybko zbliżać i oddalać się od nieruchomego brzęczyka.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Brzęczyk umieszczony blisko ucha słyszymy głośniej niż gdy jest dalej. Natężenie słyszanej dźwięku zależy od odległości. Jednak w obu przypadkach wysokość tonu jest taka sama. Poruszając brzęczykiem zauważyłeś, że dodatkowo zmienia się częstotliwość dźwięku. Gdy źródło zbliża się do ucha słyszymy wyższy ton. Natomiast niższy w przypadku jego oddalania się. Jak zaobserwowałeś efekt ten jest taki sam w przypadku, gdy źródło jest nieruchome, a porusza się odbiornik, czyli Twoje ucho. Teraz pora na wyjaśnienie. Dla ułatwienia załóżmy, że poruszamy się my, a źródło jest nieruchome. Ze źródła rozchodzi się fala dźwiękowa. Na rysunku 1. maksima rozchodzącej się fali obrazują współśrodkowe okręgi. Do nieruchomego odbiornika w ciągu np. jednej sekundy dociera pewna liczba grzbietów fal. Jeżeli teraz odbiornik będzie poruszał się w kierunku źródła to dotrze do niego w tym samym czasie więcej grzbietów.



Rys. 1. Efekt Dopplera

* Pod nazwą buzzer kupisz go za kilka złotych w sklepie z elementami elektronicznymi. Wybierz model na napięcie pracy kilku volt i z wewnętrznym generatorem.

Oznacza to, że odebraliśmy sygnał o większej częstotliwości. Oddalający się odbiornik rejestruje mniej maksimów, zarejestrowany sygnał ma mniejszą częstotliwość niż nieruchome źródło. Efekt Dopplera można obserwować we wszystkich rodzajach fal.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.3. Rezonator Helmholtza

Cel ćwiczenia:

Poznanie zjawiska rezonansu akustycznego.

Wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Cienkościenna butelka 0.5 litra np. po wodzie mineralnej, papier, klej, nożyczki.

Wprowadzenie:

Tytuł ćwiczenia brzmi bardzo poważnie. Dalej będzie mniej obco. Zajmiemy się dźwiękiem powstającym w butelce i zjawiskami odpowiedzialnymi za jego powstanie.

Przebieg ćwiczenia:

Przyłóż wylot szyjki pustej butelki do ust i spokojnie dmuchaj wzdłuż otworu. Usłyszysz dźwięk. Spróbuj kilku ustawień butelki i siły z jaką dmuchasz by otrzymać jednolicie brzmiący ton. Nie każda butelka daje ładny dźwięk.

- Nalej do butelki trochę wody, tak by pokryła dno warstwą ok. 2 cm, i dmuchaj ponownie. Powtórz te czynności kilka razy. Zwróć uwagę na wysokość dźwięku wydobywającego się z butelki.
- Teraz zwiń papier w rurkę o długości około 1.5 cm i nałóż ją na szyjkę butelki. Musi ona szczelnie łączyć się z nią, połączenie warto uszczelnić np. plasteliną. Możesz też wykorzystać jakąś krótką rurkę o odpowiednich rozmiarach*.

Porównaj dźwięk z nałożoną rurką i bez niej. Jakie są różnice?

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Jeżeli słyszymy dźwięk to znaczy, że coś musi drgać. Na pewno przyczyną jest strumień powietrza wychodzący z ust. Uderza ono w ściankę szyjki butelki i zaczyna drgać. Ale czy tylko on?

Najpierw pora na pewną analogię. Z pewnością pamiętasz doświadczenie, w którym ciężarek był zawieszony na sprężynie. Okres jego drgań zależał od masy ciężarka, większa masa to dłuższy okres, i „sprężystości” sprężyny. Jeżeli była ona elastyczna to okres się wydłużał.

Tu jest podobnie. Tylko zapytasz co „sprężynuje”? Zakręć pustą butelkę i ściśnij ją. Nalej trochę wody i ponów próbę. Powtórz to napelniając stopniowo butelkę. Zauważyłeś, że za każdym razem coraz trudniej jest ją ścisnąć. Naszą sprężyną jest powietrze zawarte w butelce. Im jest go mniej tym ta powietrzna sprężyna jest twardsza. Skutkuje to wyższym tonem dźwięku. Natomiast odpowiednikiem ciężarka jest masa powietrza wypełniająca szyjkę butelki. Zaobserwowałeś, że po nałożeniu rurki na szyjkę butelki dźwięk się obniżył.

* Wykorzystałem element mocujący sitko w baterii umywalki. Tylko nie zdemoluj domu.

Dłuższa rurka to większa objętość i równocześnie masa drgająca w szyjce. Skutkuje to niższą częstotliwością dźwięku.

Jak widzisz o częstotliwości dźwięku decyduje objętość powietrza zamkniętego w butelce i w jej szyjce. Strumień powietrza, który wydmuchujesz uderza o szyjkę butelki i zaczyna drgać. Jedną spośród wielu częstotliwości pobudza nasz rezonator Helmholtza do drgań i za sprawą rezonansu akustycznego głośno słyszymy ten jeden wyróżniony dźwięk.

Przypuszczam, że codziennie spotykasz się rezonansem akustycznym. Większość kolumn głośnikowych ma z tyłu obudowy otwór z niewielkim tunelem. Jest to właśnie rezonator Helmholtza. Odpowiednio dobrane parametry głośnika, objętość obudowy i rozmiar otworu zapewniają polepszenie odtwarzania niskich częstotliwości, basów.

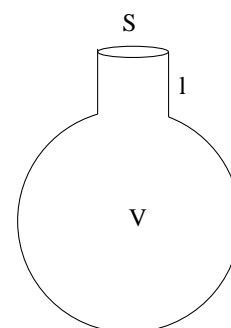
Wzory nam nie straszne:

W przybliżeniu częstotliwość rezonansową f [Hz] rezonatora Helmholtza możesz obliczyć ze wzoru

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{lV}}$$

gdzie: $c=344\text{m/s}$ – prędkość dźwięku, $S[\text{m}^2]$ – powierzchnia przekroju szyjki, $l[\text{m}]$ – długość szyjki, $V[\text{m}^3]$ – objętość

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak



Rys. 1. Rezonator Helmholtza

S.7.4. Odbicie fali dźwiękowej

Cel ćwiczenia:

Poznanie zjawiska odbicia fali akustycznej.

Wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, głośniki*, metr.

Wprowadzenie:

W tym doświadczeniu sprawdzimy jak zachowuje się fala dźwiękowa, gdy napotka na swej drodze dużą i ciężką przeszkodę.

Przebieg ćwiczenia:

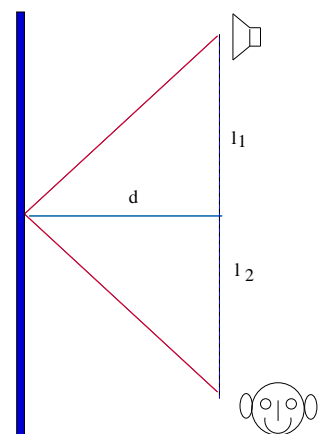
W pokoju lub pracowni fizycznej wybierz ścianę na której nie ma mebli i zawieszonych obrazów. Odłącz i odłóż jeden z głośników lub zakryj go grubą tkaniną, np. ręcznikiem. Uruchom program generatora dźwięków i ustaw częstotliwość na około 2000 Hz. Teraz podnieś głośnik na wysokość głowy i stojąc 1,5m od ściany skieruj jego oś prostopadłe na nią. Przemierzając się za głośnikiem sprawdź w jakim położeniu słyszysz najgłośniej odbity dźwięk.

Do dalszej części doświadczenia poproś kogoś o pomoc. Osoba ta będzie trzymać głośnik skierowany do ściany pod kątem ostrym. Natomiast Ty staraj się odnaleźć miejsce, w którym najlepiej słycać odbity dźwięk. Powtórz to dla kilku kątów, ale tak by za każdym razem głośnik był skierowany na ten sam punkt na ścianie (Rys. 1).

Fizyka kocha liczby więc teraz pora na pomiary. Ponownie skieruj głośnik pod różnymi kątami do ściany i za każdym razem mierz odległości l_1 i l_2 . Zmierz też odległość d głośnika od ściany. Wyniki zapisz w Tabeli.

Nr	l_1	l_2	l_1/d	l_2/d
1.				
2.				
3.				
4.				

$d =$



Rys. 1. Schemat doświadczenia

Czas: 30 minut

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Fala akustyczna napotykając ścianę uległa odbiciu. W doświadczeniu zrobiłeś kilka pomiarów. Uzupełnij teraz Tabelę o iloczyny l/d . Są one miarą kąta pomiędzy kierunkiem

* Możesz też wykorzystać brzęczyk.

padającej na przeszkodę fali a prostopadłą do ściany. Jak możesz zobaczyć ich wartości dla każdego ustawienia głośnika niewiele się różnią. Jaki z tego wniosek? Jest to kolejne prawo przyrody, które poznałeś: wartości kąta padania i odbicia fali akustycznej są takie same. Z pewnością są różnice w obliczonych wartościach l/d , ale pamiętaj, że pomiary odległości, które robiłeś nie są zbyt dokładne.

Mam jeszcze propozycję. Ołówkiem na kartce papieru zrób wykres, na którym zaznacz położenia głośników, swojego ucha oraz łączące je linie. Przyjmij, że 1 metr to 10 cm. Czy możesz z niego wyciągnąć wnioski dotyczące kątów padania i odbicia fali dźwiękowej?

Wykresy są bardzo wygodne szczególnie jeżeli szukamy nieznanymi zależności. Nie będą dowodem, ale pozwalają zobaczyć to co jest ukryte w gąszczu liczb. Naprawdę warto. Zawsze.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.5. Zakres słyszalności ucha

Cel ćwiczenia:

Wymagana wiedza ucznia:

Podstawowy.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, program generatora dźwięku, słuchawki.

Wprowadzenie:

Świat dźwięków postrzegamy głównie dzięki słuchowi. Odbieramy dźwięki wysokie i niskie, bardzo słabe i silne. W tym doświadczeniu sprawdzimy jaki zakres częstotliwości możesz słyszeć.

Przebieg ćwiczenia:

Po pierwsze maksymalnie zmniejsz głośność karty dźwiękowej komputera. Teraz podłącz słuchawki i uruchom program generatora dźwięków*. W generatorze ustaw częstotliwość na 2000Hz. Powoli zwiększaj głośność do jej akceptowalnego poziomu. Nie może być on zbyt wysoki!

Zacniemy od najniższych częstotliwości. Na początek ustaw w generatorze 10Hz. Powoli zwiększaj częstotliwość i zwróć uwagę, kiedy usłyszysz pierwsze dźwięki. Zanotuj tę częstotliwość. Zwiększając dalej częstotliwość zwróć uwagę na odczuwane przez Ciebie natężenie dźwięku. Gdy zbliżysz się do górnej granicy słyszalności dźwięki staną się coraz cichsze, aż całkowicie zanikną. Zapisz częstotliwość przy, której przestałeś słyszeć sygnał.

By dokładniej określić obie granice słyszalności 10-krotnie przestrajaj generator od częstotliwości niskich do wysokich i od wysokich do niskich, za każdym razem zapisując graniczne częstotliwości.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Z wykonanych pomiarów masz 10 granic. Oblicz wartości średniej arytmetycznej dla każdej z nich. W tym prostym doświadczeniu udało Ci się określić jaki zakres częstotliwości odbiera Twoje ucho. Zapisz te wyniki i zachowaj w bezpiecznym miejscu. Gdy po latach powtórzysz to doświadczenie zobaczysz jak z wiekiem zmienia się ten zakres. Jest to normalny proces fizjologiczny.

Słuch jest bardzo czułym zmysłem. Jego dolny próg czułości jest tylko 100 razy większy od cieplnego szumu cząsteczek powietrza atmosferycznego. Bardzo szkodzą mu głośne dźwięki. Dbaj o uszy.

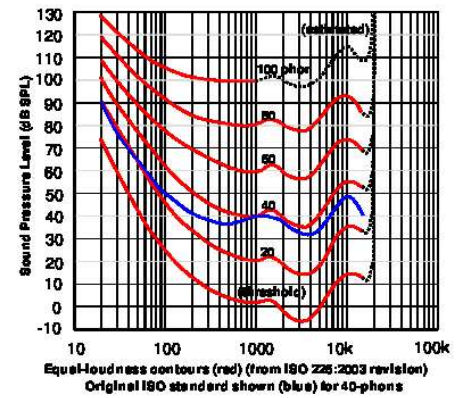
W tym prostym pomiarze jest kilka ciekawych rzeczy na które musimy zwrócić uwagę. Sprawa pierwszą jest ustalenie granicy słyszenia. Może zauważyłeś, że łatwiej jest określić graniczną częstotliwość, gdy sygnał zanika. Dlatego tego rodzaju pomiary warto powtarzać podchodząc do poszukiwanej granicy z obu stron.

* Na przykład może to być program *siggen.exe*.

Drugą sprawą jest odczuwalne natężenie dźwięku. Przez cały czas poziom głośności w komputerze był niezmienny, mimo to odczuwałeś, że niektóre częstotliwości są głośniejsze. Wiąże się to z czułością częstotliwościową ucha. Jest ono bardziej czule na dźwięki o częstotliwościach średnich, w okolicach 3kHz.

Rysunek 2. przedstawia natężenia dźwięku potrzebne do otrzymania takiego samego odczuwalnego poziomu głośności. Przy małych jego poziomach (linie 0,10,20) różnice pomiędzy odczuwanym przez ucho natężeniem dźwiękiem o częstotliwości 3kHz i 40Hz wynosi ponad 1000 razy.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Przy dużym natężeniu dźwięku istnieje niebezpieczeństwo uszkodzenia słuchu.



Rys. 1. Krzywe słyszalności ucha

S.7.6. Telefon II

Cel ćwiczenia:

Wymagana wiedza ucznia:

Badanie rozchodzenia się dźwięku w rurach.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Dwa lejki, elastyczna rurka z tworzywa sztucznego o długości 3 m i średnicy około 1 cm, może to być wąż ogrodowy*

Wprowadzenie:

W akustyce stosowane są różne metody przesyłania dźwięku na odległość. Jedną z nich jest stosowanie rur. Metoda zastosowana w tym doświadczeniu była między innymi wykorzystywana na statkach do komunikacji mostka kapitańskiego z maszynownią.

Przebieg ćwiczenia:

Na oba końce węża nasuń cieńsze końce lejków. Rozciągnij wąż na całą jego długość. Poproś kogoś o pomoc. Jedna osoba mówi do swojego lejka, a druga słucha jego słów w swoim.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Fala dźwiękowa jest szeregiem następujących po sobie zagęszczeń i rozrzedzeń powietrza. Nie mając żadnych przeszkód dźwięk rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Tutaj ograniczyliśmy jego swobodę. Fala musi przemieszczać się w rurze. I może to czynić na dość duże odległości. Jednak w końcu dźwięk zaniknie. Głównym czynnikiem ograniczającym zasięg naszego telefonu są straty spowodowane tarciem drgającego powietrza o wewnętrzne ścianki rury. Jeżeli wykonamy je gładkie i z twardego materiału to zasięg może wynosić kilkanaście metrów.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

* Nie zwierzątko, tylko ten używany do podlewania roślinek.

S.7.7. Rezonans akustyczny pomieszczenia

Cel ćwiczenia:

Obserwacja zjawiska rezonansu akustycznego.

Wymagana wiedza ucznia:

Źródła dźwięku, odbicie, interferencja fal, zjawisko rezonansu.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, program generatora akustycznego, wzmacniacz, głośnik.

Wprowadzenie:

Jeżeli zamkniemy źródło dźwięku w pomieszczeniu to dochodzi do wielokrotnych odbić fal od jego ścian. Rozchodzące się fale oddziałują ze sobą. Rozchodzenie się fali akustycznej w pomieszczeniach zamkniętych jest ściśle związane z ich rozmiarami i kształtem. Niektóre częstotliwości są wzmacniane inne silnie tłumione.

Przebieg ćwiczenia:

Wybierz pomieszczenie o gładkich ścianach i małej liczbie mebli. W trakcie wykonywania doświadczenia okna i drzwi powinny być zamknięte.

- Podłącz wzmacniacz i głośniki do komputera i uruchom generator dźwięku.
- Ustaw częstotliwość na 20 Hz.
- Powoli przestrajaj generator w stronę coraz wyższych częstotliwości. W pewnym momencie usłyszysz głośny dźwięk. Zanotuj w Tabeli jaka jest częstotliwość. Postaraj się znaleźć kilka takich częstotliwości. Zmierz długość, szerokość i wysokość pomieszczenia.

Nr	f [Hz]	$\lambda/2$ [m]
1.		
2.		
3.		

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Moment, w którym usłyszałeś silny dźwięk związany jest z powstaniem w pomieszczeniu fali stojącej. Jest to efekt interferencji fal odbitych od powierzchni przeciwległych ścian lub podłogi i sufitu. Jeżeli pokój jest słabo wytłumiony, to możesz usłyszeć kilka takich rezonansów pomieszczenia.

Jeżeli potraktujemy pomieszczenie jak prostopadłościan to fale ułożą się jak na Rysunku 1. Mogą powstać trzy podstawowe fale stojące. Są one ściśle związane z rozmiarami pomieszczenia.

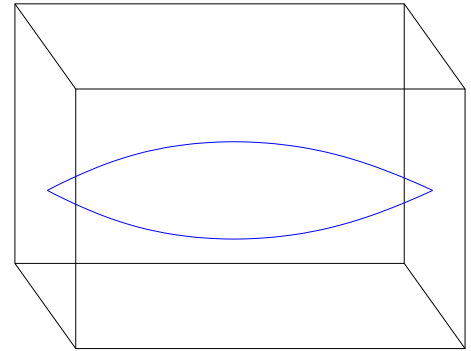
Główny rezonans zachodzi, gdy rozmiar pomieszczenia równa się połowie długości λ fali. A z kolei ona zależy od częstotliwości f dźwięku

$$\lambda = 340/f$$

W momencie rezonansu w pomieszczeniu powstała fala stojąca taka, że węzły fali znajdują się na dwu przeciwległych ścianach lub na podłodze i suficie.

Teraz oblicz połówki długości fal odpowiadające znalezionym w doświadczeniu częstotliwością i porównaj je z rozmiarami swojego pomieszczenia. Jaki wniosek wyciągasz z tego doświadczenia? Co się stanie, jeżeli w pomieszczeniu będą dywany, meble i inne przedmioty pochłaniające dźwięki?

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak



Rys. 1. Fala stojąca w pomieszczeniu. Długość pomieszczenia jest równa $1/2$ długości fali

S.7.8. Rozpraszanie dźwięku

Cel ćwiczenia:

Obserwacja rozpraszania fali akustycznej na przeszkodzie.

Wymagana wiedza ucznia:

Dźwięk, rozchodzenie się dźwięku, odbicie fali.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, program generatora dźwięku, głośniki, kawałek kartonu lub innego sztywnego materiału o wymiarach około 30×30 cm.

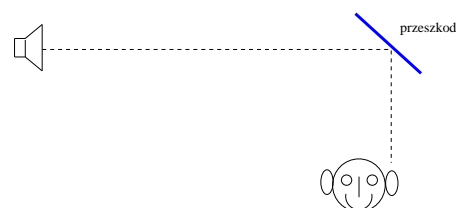
Wprowadzenie:

Fala akustyczna, gdy nie ma na swej drodze przeszkód, rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Sprawdźmy co się stanie gdy na jej drodze postawimy przeszkodę.

Przebieg ćwiczenia:

Podłącz głośniki do komputera. Jeden z nich odłącz lub odłóż na bok i zakryj grubym ręcznikiem. Drugi ustaw na brzegu stołu, Postaraj się by oś głośnika była skierowana na regał, miękkie i duży mebel. Chodzi o to by uniknąć zakłócających odbić. Uruchom generator.

- Ustaw częstotliwość na 2000 Hz oraz tak dobierz głośność by wyraźnie słyszeć dźwięk, ale by nie był on zbyt głośny, męczący.
 - Stań w odległości 2 m przed głośnikiem, a potem pod kątem 30, 60 i 90 stopni od jego osi.
 - Na słuch oceń natężenie dochodzącego do Ciebie dźwięku.
 - Teraz na osi głośnika ustaw pod kątem 45° przygotowany karton.
 - Sprawdź jakie jest natężenie dźwięku w tych samych miejscach.
- Powtórz czynności dla częstotliwości 200 Hz, 5000 Hz i 10000 Hz.



Rys. 1. Schemat doświadczenia

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Rozchodząca się w powietrzu fala dźwiękowa po napotkaniu na swej drodze przeszkody uległa odbiciu. Jak zauważyłeś natężenie odbitej fali zależy od jej częstotliwości. Po odbiciu wysokie dźwięki były lepiej słyszalne niż niskie. Dlaczego tak jest? Policzyć długość fali dla każdej częstotliwości ($\lambda = 340/f$) i porównaj ją z rozmiarami kartonu od którego odbijały się dźwięki. Jak zauważyłeś, jeżeli rozmiary przeszkody są wielokrotnie większe od długości fali, to odbija się ona lepiej. Przeszkód o małych rozmiarach fala „nie widzi”. Możesz to sprawdzić patrząc wprost na głośnik i umieszczając pomiędzy uchem a głośnikiem przedmioty o różnych rozmiarach.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.9. Ptaszki - mikrofon kierunkowy

Cel ćwiczenia:

Obserwacja odbicia dźwięku od powierzchni wklęsłego zwierciadła.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala akustyczna, rozchodzenie się dźwięku, prawo odbicia.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Wklęsłe zwierciadło z grzejnika promienistego („słoneczka”), możesz też wykorzystać antenę z zestawu satelitarnego, wzmacniacz, mikrofon, słuchawki.

Wprowadzenie:

W miarę oddalania się od źródła maleje natężenie dźwięku. Postaramy się usłyszeć odległe źródła. Wykorzystamy to skupianie fali akustycznej przez wklęsłe lustro.

Przebieg ćwiczenia:

W środku czaszy zwierciadła przymocuj mikrofon skierowany do jego wnętrza. Jeżeli zastosowałeś antenę satelitarną to umieść mikrofon w miejscu głowicy. Podłącz mikrofon i słuchawki do wzmacniacza. Skieruj lustro na odległe o kilka metrów źródło dźwięku i postaraj się tak skorygować położenie mikrofonu względem lustra by wyraźnie słyszeć źródło. Poproś dwie osoby by rozmawiały z sobą. Ustaw czaszę w ich kierunku i słuchaj sygnału ze wzmacniacza. Sprawdź przy jakiej maksymalnej odległości możesz słyszeć w słuchawkach ich głos. Zwróć uwagę na barwę odbieranych dźwięków.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

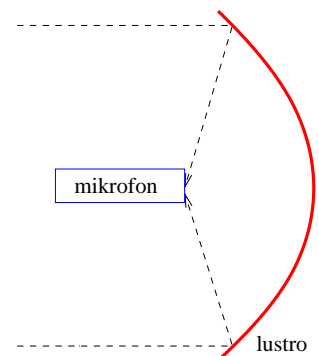
Fala dźwiękowa po odbiciu od wklęsłej powierzchni lustra ulega skupieniu. Umieszczając w jego ognisku mikrofon znacznie zwiększyliśmy jego czułość. Teraz możemy rejestrować nawet odległe źródła. Jest jeszcze jedna korzyść z zastosowania lustra. Oślania on mikrofon od części nieporządkanych sygnałów.

Myślę, że zwróciłeś uwagę na barwę odbieranego dźwięku. Brakuje w nich niskich częstotliwości. To za sprawą rozmiarów wklęsłej tarczy. Jest po prostu za mała w stosunku do długości fali i one jej „nie widzą”. Możesz wykorzystać większe lustro, np z anteny satelitarnej i sprawdzić tę zależność.

Wzory nam nie straszne:

Mikrofon należy umieścić w ognisku zwierciadła. Ogniskowa f zwierciadła wklęsłego jest równa połowie promienia r jego krzywizny, $f = r/2$.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Pamiętaj, że nie wolno podsłuchiwać ludzi bez ich zgody.



Rys. 1. Schemat układu

S.7.10. Plamka Poissona

Cel ćwiczenia:

Obserwacja ugięcia fali akustycznej na okrągłej przeszkodzie.

Wymagana wiedza ucznia:

Fala akustyczna, ugięcie dźwięku, interferencja fal.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, głośniki, program generatora dźwięku, dowolna płyta CD, taśma klejąca.

Wprowadzenie:

Fala dźwiękowa napotykać na przeszkodę ulega załamaniu. Sprawdźmy jak wpływa to na słyszalność dźwięku.

Przebieg ćwiczenia:

Ustaw jeden głośnik na skraju stołu. Podłącz go do komputera i uruchom program generatora dźwięku.

- Ustaw generator na 6000 Hz i parametry w programie tak, by dźwięk wydobywał się tylko z tego głośnika. Drugi ma milczeć.
- Zaklej taśmą klejącą otwór płyty CD.
- Weź ją w dwa palce i przyłóż do ucha.
- Ustaw się w odległości około 2 m od głośnika, tak by głośnik, płyta i Twoje ucho były w jednej linii.
- Powoli oddalaj płytę od ucha i słuchaj natężenia dźwięku.

Spróbuj powtórzyć doświadczenie z inną częstotliwością generatora i innym okrągłym przedmiotem (kilka z nich znajdziesz w kuchennej szafce).

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że nawet gdy przeszkoda jest blisko ucha to są takie położenia płyty gdzie słyszymy wzmocniony sygnał. Odpowiedzialność za to biorą na siebie dyfrakcja i interferencja. Pierwsza z nich sprawia, że na krawędzi przeszkody jaką dla dźwięku jest płyta fale ulegają zakrzywieniu. Część z nich odchylana jest w stronę środka przeszkody. Fale te następnie interferują. Jeżeli są w takiej samej fazie to następuje wzmocnienie. Słyszymy głośniejszy dźwięk.

Zaobserwowany przez Ciebie efekt po raz pierwszy był zauważony dla fal świetlnych. Nazwisko francuskiego fizyka, od którego pochodzi nazwa zjawiska, związane jest z jego sceptycznym podejściem do falowej teorii światła. Sprawdź w książkach lub internecie jakie losy miało to odkrycie.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.11. Widmo mowy

Cel ćwiczenia:

Obserwacja częstotliwości fal akustycznych mowy.

Wymagana wiedza ucznia:

Źródła dźwięku, mowa.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Komputer, program do analizy dźwięku, mikrofon.

Wprowadzenie:

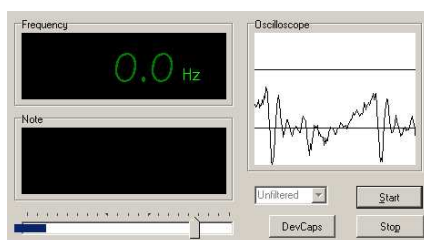
Mówimy, gdyż drgające elementy krtani modulują wychodzący z płuc strumień powietrza. Sprawdźmy z czego składają się poszczególne zgłoski.

Przebieg ćwiczenia:

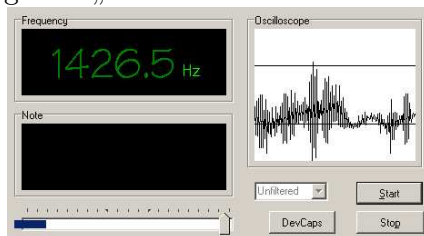
Podłącz mikrofon do komputera, załącz go i uruchom program do analizy dźwięku (np. tuner12.exe). Powiedz do mikrofonu jakieś zdanie, np. „Kocham pana panie Sułku”. Obserwuj w oknie programu pojawiające się wykresy. Sprawdź jak wyglądają obrazy różnych wypowiedzianych liter i zgłosek.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Litery i zgłoski, które są składnikami naszej mowy powstają w wyniku drgań strun głosowych. Jak zauważyłeś w trakcie wykonywania doświadczenia przebieg obrazujący naszą mowę bywa złożony. Tak jest w przypadku spółgłosek „ś”, „cz”, „dź”. Znacznie prostsze są przebiegi, które dają samogłoski „u”, „a”, „o”. To co otrzymałeś na ekranie programu nazywane jest widmem mowy. Analiza tego rodzaju wykresów jest stosowana w urządzeniach do rozpoznawania mowy.



Rys. 1. Widmo dźwięku samogłoski „a”



Rys. 2. Widmo dźwięku spółgłoski „ż”

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.12. Promieniowanie podczerwone

Cel ćwiczenia:

Obserwacja promieniowania podczerwonego.

Wymagana wiedza ucznia:

Światło widzialne, promieniowanie podczerwone.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Cyfrowy aparat fotograficzny, pilot do telewizora.

Wprowadzenie:

Świat postrzegamy w świetle widzialnym. Jednak fale elektromagnetyczne nie kończą się na nim. W doświadczeniu postaramy się zobaczyć niewidzialne.

Przebieg ćwiczenia:

To doświadczenie wykonamy w półmroku. Skieruj w stronę oczu diodę LED pilota telewizora i naciskaj różne przyciski. Z pewnością niczego nie zobaczyłeś. Weź teraz cyfrowy aparat fotograficzny, załącz go i skieruj pilot na jego obiektyw. Ponownie naciskaj przyciski. Tym razem na ekranie zobaczysz pojawiające się błyski.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Pora na wyjaśnienie. Nasze oczy widzą światło w zakresie długości fal od około 450 nm do 780 nm. W pilocie do telewizora zastosowano źródło świecące w zakresie podczerwieni. Jest ono niewidoczne dla oka. W aparacie elementem światłoczułym jest półprzewodnikowy element CCD. Zakres jego czułość jest szerszy i obejmuje również podczerwień. Właśnie ta właściwość sprawia, że widzimy błyski na ekranie aparatu. Możesz też sprawdzić jak zachowuje się w tej sytuacji aparat w telefonie komórkowym.

Przy okazji jedna praktyczna uwaga. W porze kanikuły często zakładamy okulary przeciwsłoneczne. Zastosowane w nich filtry powinny tłumić jaskrawe światło. Pamiętajmy, że znaczna część promieniowania Słońca jest w zakresie podczerwonym. Jeżeli filtr jest kiepskiej jakości to pochłania tylko fale z zakresu widzialnego, a przepuszcza podczerwień. W efekcie do oka dociera mniej tylko światła widzialnego. Źrenica oka nie przymyka się maksymalnie i do oka wpada silne promieniowanie podczerwone, których filtr nie usuwa. Skutkiem tego są bóle głowy i zaburzenia pracy oka.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.13. Noktowizor I

Cel ćwiczenia:

Obserwacja przedmiotów w podczerwieni.

Wymagana wiedza ucznia:

Promieniowanie podczerwone, źródła promieniowania podczerwonego.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

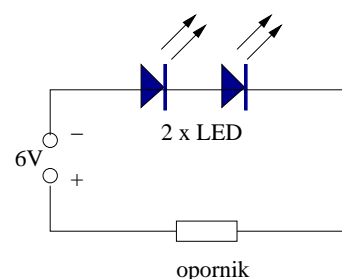
Cyfrowy aparat fotograficzny, dwie diody świecące LED na zakres podczerwieni*, bateria 6 V, opornik o wartości kilkuset Ω , drut, lutownica.

Wprowadzenie:

„Widzę ciemność” ktoś kiedyś wykrzyknął. Teraz postaramy się opanować mrok i widzieć w ciemności.

Przebieg ćwiczenia:

Połącz szeregowo diody opornik i baterię. Zwróć uwagę na polaryzację elementów. Poprawność połączenia łatwo sprawdzisz patrząc na diody przez aparat fotograficzny. Teraz udaj się w ciemne i zaciszne miejsce. Skieruj diody na otaczające Cię przedmioty i obserwuj je na ekranie aparatu. Jeżeli diody są małej mocy to musisz zbliżyć do przedmiotów oświetlacz i aparat.



Rys. 1. Schemat połączeń

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Wykorzystujemy tu czułość w zakresie podczerwonym przetwornika CCD, który jest w aparacie fotograficznym. Nasz noktowizor nie jest doskonały, ale w pełni pokazuje zasadę działania prawdziwych urządzeń tego typu. Możesz eksperymentować z liczbą diod, ich zasilaniem. Pamiętaj, że podłączenie do diody zbyt wysokiego napięcia grozi jej przepaleniem, Maksimum promieniowania przeciętnej diody przypada na długości fali wynoszącej ok. 900 nm.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Możliwość oparzenia lutownicą.

* Kupisz je za kilka złotych w sklepie z artykułami elektronicznymi

S.7.14. Diamenty i „kryształy”

Cel ćwiczenia:

Obserwacja załamania i rozszczepienia światła przez różne materiały.

Wymagana wiedza ucznia:

Załamanie światła, zjawiska odbicia, rozszczepienia światła białego.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Wyroby z różnego rodzaju szkła, ozdobne „kryształy”, biżuteria z diamentami :), źródło mocnego światła o niewielkich rozmiarach np. halogenowa lampka na biurko.

Wprowadzenie:

Światło na granicy różnych ośrodków ulega załamaniu i odbiciu. Czasami piękno tych efektów znacznie podnosi wartość samych materiałów. Teraz przyjrzymy się im okiem fizyka.

Przebieg ćwiczenia:

Poszukaj wokół siebie szklanych przedmiotów na powierzchni których wyszlifowano różne wzory. Mogą to być szklane puchary zdobyte w zawodach sportowych, kryształowe wazony zdobiące półki lub pierścionki. Umyj ich powierzchnię wodą z płynem do mycia naczyń i wysusz. Ustaw źródło światła i oglądaj wybrane przedmioty pod różnymi kątami i różnym kątem oświetlenia. Zwróć uwagę na pojawiające się odbicia i barwę światła.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że pod pewnymi kątami padania światła pojawiają się kolorowe promienie. Odpowiedzialność za to ponoszą zjawiska odbicia i załamania. Światło załamuje się za wyszlifowanych płaszczyznach. Działają one jak pryzmaty rozszczepiając białe światło na różki. Czasami widzimy też jasne odbicia od wyszlifowanych i wypolerowanych płaszczyzn. Niektóre przedmioty dają bardziej żywe efekty. Związane jest to z rodzajem materiału, z którego je wykonano.

Szkło o dużym współczynniku załamania silniej rozszczepia padające promienie. Powstają też wewnętrzne odbicia. Współczynnik załamania zwykłego szkła (kron) wynosi około $n = 1.5$, dla diamentu wartość ta sięga aż 2.4. Co oznacza, że światło przechodzące przez diament silniej odchyła się od swojego pierwotnego kierunku. I między innymi to sprawia jego wielką popularność w jubilerstwie. Przypatrując się uważnie powierzchni kilku „kryształów” zwróć uwagę na jakość szlif, jego wypolerowanie. W niektórych wyrobach szlifowane są tylko fragmenty reliefu. Pozostałe są odlewane.

Jest jeszcze jeden efekt związany z odbiciem światła na granicy ośrodków z powietrzem. Ilość odbitego światła zależy od współczynnika załamania materiału. Dla zwykłego szkła około 4% prostopadle padającego światła ulega odbiciu. Dla diamentu liczba ta wzrasta do 20%. Przy ukośnie padającym świetle odbicie jest jeszcze większe. Jak widzisz na skutek wielokrotnych odbić promień światła długo podróżuje w kryształach, a wychodząca część rozszczepia się na barwy tęczy.

Wzory nam nie straszne:

Jeżeli jesteś ciekawy ile wynosi współczynnik odbicia ε światła na granicy dwóch ośrodków o współczynnikach załamania n_1 i n_2 to podaję Ci gotowy wzór

$$\varepsilon = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Szkło powstaje w wyniku stopienia dwutlenku krzemu, zawartego w piasku, z tlenkami różnych metali. Zmieniając skład chemiczny szkła wpływamy na jego współczynnik załamania. Dodając tlenki ołowiu dostajemy szkło ołowiowe zwane też flint, o współczynnik załamania 1.6. Z tego gatunku szkła produkowane są tak zwane kryształy.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.15. Mikroskop z kropli wody

Cel ćwiczenia:

Budowa prostego „mikroskopu”.

Wymagana wiedza ucznia:

Soczewki skupiające, powiększenie lupy.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Cienki drut, długopis, woda.

Wprowadzenie:

Poznanie mikroświata rozpoczęło się w roku 1674 z chwilą wynalezienia przez Leeuwenhoek’a mikroskopu. Pójdziemy jego śladem i zbudujemy najprostszy mikroskop.

Przebieg ćwiczenia:

Na wkładzie do długopisu zawiń drut w małą pętelkę o średnicy około 2 mm. Zanurz palec w wodzie i spadającą z niego kroplę umieść w oczku pęteli. Teraz powoli zbliż kroplę do kartki papieru i zobacz powiększony obraz jej powierzchni. Wykonaj kilka wodnych soczewek o różnych średnicach i wielkościach kropli wody. Co możesz powiedzieć o zależności powiększenia od średnicy wodnej soczewki?

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Budując nasz „mikroskop” wykorzystaliśmy siły napięcia powierzchniowego. To one sprawiły, że otrzymaliśmy małą wodną soczewkę o idealnie gładkiej powierzchni. Soczewka jest skupiająca, więc daje powiększony obraz przedmiotów. Jesteś zainteresowany otrzymanym powiększeniem? Poniżej podaję wzór, który otrzymałem zakładając, że nasza kropla jest idealną kulą o średnicy d milimetrów

$$p = \frac{300}{d}$$

Tak naprawdę zrobiliśmy silnie powiększającą lupę. W mikroskopie muszą być co najmniej dwie soczewki, obiektyw i okular. Może uda Ci się zrobić wodny mikroskop?

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.16. Camera obscura

Cel ćwiczenia:

Budowa pierwowzoru współczesnych aparatów fotograficznych.

Wymagana wiedza ucznia:

Rozchodzenie się światła, dyfrakcja.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Pudełko kartonowe, o długości boków rzędu 10 cm, kalka kreślarska, folia aluminiowa, klej, igła.

Wprowadzenie:

Camera obscura, ciemnia optyczna, jest najprostszym instrumentem stosowanym do otrzymywania obrazów otaczających nas przedmiotów. Wynaleziono ją w XVII w. W przeszłości była szeroko stosowana przez dawnych mistrzów malarstwa. Czas jej świetności minął, ale nawet teraz jest wykorzystywana do robienia fotografii (fotografia otworkowa).

Przebieg ćwiczenia:

Wytnij jedną ściankę pudełka i zaklej ją kalką techniczną. W samym środku przeciwległej ścianki zrób otwór o średnicy około 1 cm. Zaklej go kawałkiem folii aluminiowej. Następnie igłą zrób w niej niewielki otwór. Skieruj otworek na jasno oświetlony przedmiot i patrz na ekran z kalki. Zobacysz na nim obraz przedmiotu. Dla zwiększenia jasności obrazu możesz zakryć głowę i ekran gęstą tkaniną. Tak też kiedyś robili pierwsi fotografowie. Sprawdź jak zmienia się jasność i jakość obrazów wraz ze zmianą średnicy otworka.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Na ekranie zobaczyłeś wyraźne i odwrócone obrazy przedmiotów. Światło rozchodzi się po liniach prostych. Przechodząc przez mały otwór pada na ekran i daje obraz położonych przed nim przedmiotów.

Eksperymentując z różnymi średnicami otworu zauważyłeś, jak wpływają one na jakość i jasność obrazów. Zbyt mała dziurka daje ciemny obraz. Gdy zanadto ją powiększymy to obraz będzie co prawda jasny, ale bardzo rozmazany. Zjawiska te związane są z dwoma czynnikami. Pierwszym jest ilość światła. Duży otwór przepuszcza go więcej. Drugim jest sama natura światła. Jest ono falą i ugina się silnie na małych obiektach. To efekt dyfrakcji rozmywa obraz.

Nie wchodząc w szczegóły wyprowadzeń podam Ci wzór na optymalną średnicę otworka. Zależy ona od jego odległości l od ekranu

$$d = 0.0375\sqrt{l}$$

Wymiary są w milimetrach. Tak przyjęta średnica daje obraz najbardziej bogaty w szczegóły, niestety dość ciemny.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.17. Szukamy spolaryzowanego światła

Cel ćwiczenia:

Obserwacja spolaryzowanego światła i jego źródeł.

Wymagana wiedza ucznia:

Polaryzacja światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Polaryzator*, monitor LCD komputera lub telewizor LCD.

Wprowadzenie:

Światło jest falą elektromagnetyczną. Teraz zbadamy zjawisko związane z kierunkiem drgań części elektrycznej tej fali.

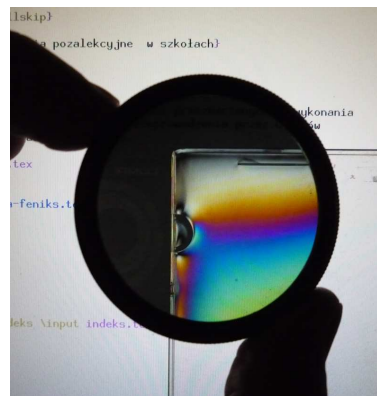
Przebieg ćwiczenia:

Doświadczenie najlepiej jest wykonać w półmroku. Ustaw ekran i ewentualne źródło światła tak by go nie oświetlało. Załącz monitor komputera lub telewizor LCD. Weź polaryzator i popatrz przez niego na ekran. Powoli obracaj polaryzator wokół osi i zwróć uwagę na zachodzące zmiany. Sprawdź jak wygląda obraz innych urządzeń w których stosowane są wyświetlacze ciekłokrystaliczne (telefon komórkowy, odtwarzacz mp3, ekran zegarka, kalkulatora).

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Obracając polaryzator zobaczyłeś zmianę jasności oglądanego ekranu ciekłokrystalicznego. W pewnym położeniu ekran silnie przygasa, a nawet staje się całkowicie czarny. Dlaczego? Jak już wiesz światło jest falą elektromagnetyczną. Miarzących drgających pól elektrycznego i magnetycznego. W naszym przypadku istotne jest pole elektryczne. Płaszczyzna jego drgań może być dowolna. Zwykle źródła światła, np żarówka wysyła światło niespolaryzowane. Jednak niektóre materiały pozwalają wydzielić z niego tylko tę część, która ma ściśle określony kierunek drgań pola elektrycznego. Jeżeli takie światło przeprowadzimy przez inny polaryzator to przy odpowiednim jego ustawieniu pochłonie on naszą spolaryzowaną wiązkę światła.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak



Rys. 1. Spolaryzowane światło ekranu LCD

* Możesz wykorzystać polaryzator z zestawu doświadczalnego Feniksa, lub filtr polaryzacyjny stosowany w fotografii.

S.7.18. Polaryzacja światła w atmosferze

Cel ćwiczenia:

Obserwacja światła rozproszonego w atmosferze Ziemi.

Wymagana wiedza ucznia:

Rozpraszanie światła, polaryzacja fali.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Polaryzator.

Wprowadzenie:

Światło Słońca, które dociera do Ziemi nie jest spolaryzowane. W jej atmosferze napotykając na swej drodze cząsteczki gazów ulega rozproszeniu. Czego efektem jest błękit nieba. Zachodzą też inne zjawiska. Przypatrz się jednemu z nich.

Przebieg ćwiczenia:

W pogodny dzień popatrz przez polaryzator na bezchmurne niebo. Powoli obracając polaryzator zwracaj uwagę na zmianę jasności nieba. Prowadź obserwacje w różnych rejonach nieba.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zauważyłeś, że z niektórych miejsc nieba dochodzi do nas światło spolaryzowane. Spróbujmy wyjaśnić jaki mechanizm prowadzi do polaryzacji docierającego do nas światła słonecznego. Sam fakt, że niebo jest błękitne świadczy o rozpraszaniu światła na cząsteczkach powietrza.

Jest jeszcze inny efekt. Światło jest falą elektromagnetyczną. Przechodząc przez powietrze wzbudza ona niektóre jego cząsteczki do drgań w kierunkach prostopadłych do kierunku rozchodzenia się światła. Drgająca materia promieniuje i to w kierunku prostopadłym do tego z którego światło podąża. To światło jest już spolaryzowane liniowo. Dlatego obserwując niebo przez polaryzator najgłębsze zaciemnienie otrzymujemy patrząc się w kierunku odległym o 90° od Słońca.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Nie wolno patrzeć na Słońce. Grozi to uszkodzeniem wzroku.

S.7.19. Odbicie dyfuzyjne

Cel ćwiczenia:

Obserwacja odbicia światła od różnych powierzchni.

Wymagana wiedza ucznia:

Zjawisko odbicia, rozpraszanie światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Kartki białego papieru o różnej powierzchni, gładkie i chropowate.

Wprowadzenie:

Gładka szklana tafla pokryta cienką warstewką srebra to dobrze nam znane lustro. Stojąc przed nim widzisz swe młode oblicze. A ja wygląda świat w kartce papieru? Czy można się w niej przeglądnąć?

Przebieg ćwiczenia:

Położ kartkę papieru na twardej i równej podkładce (np. książce). Ustaw ją prostopadle do kierunku patrzenia. Czy widzisz jakiegokolwiek odbicie? Teraz stań twarzą do okna i patrz na kartkę powoli ją pochylając. Co się stanie gdy będziesz się patrzył prawie stycznie do jej powierzchni. Zwróć uwagę na kształty i barwę obiektów.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Równe i błyszczące powierzchnie odbijają światło jak lustra. Powierzchnie szorstkie i białe odbijają światło we wszystkich kierunkach. Zachodzi to wyraźnie dla powierzchni o nierównościach porównywalnych z długością fali świetlnej. Tego rodzaju odbicie nazywamy dyfuzyjnym.

Możemy to szybko sprawdzić. Weź kryształek cukru. Jest on przezroczysty. Teraz na powierzchni stołu rozgnieć łyżeczką jeden z nich. Rozpada się ona setki małych kryształków. Stają się białe.

Jeżeli pochylimy powierzchnie szorstkie, to przy prawie stycznym padaniu promieni zobaczymy wyraźny obraz odbitych obiektów. Powierzchnia staje się dla światła mniej szorstka. Zauważyłeś, że obrazy mają czerwony odcień? Spowodowane jest to tym, że właśnie fala czerwona, o większej długości fali, najpierw przestaje „widzieć” nierówności powierzchni.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.20. Ciało doskonale czarne

Cel ćwiczenia:

Budowa modelu ciała doskonale czarnego.

Wymagana wiedza ucznia:

Zjawiska odbicia, i pochłaniania światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Bombka choinkowa lub kartonowe pudełko, czarny tusz kreślarski, latarka.

Wprowadzenie:

W fizyce opisujemy różne zjawiska, które nas otaczają. Stosujemy do tego celu matematykę. Jednak i ona byłaby bezsilna bez wprowadzonych przez nas modeli zjawisk. Pozwalają one uprościć konkretne zagadnienie i skupić się na jego podstawowych cechach. Jednym takich modeli jest ciało pochłaniające całość padającego na nie promieniowania. Zbudujemy model ciała doskonale czarnego. I zobaczymy jakie są tego wybrane konsekwencje.

Przebieg ćwiczenia:

Jeżeli masz bombkę choinkowa to dokładnie wypłucz jej wnętrze ciepłą wodą z płynem do mycia naczyń. Poczekać aż jej środek całkowicie wyschnie. Wlej do bombki trochę czarnego tuszu. Zatkaj palcem wylot i obracaj ją przez dłuższą chwilę we wszystkich kierunkach. Twoim celem jest równomierne pokrycie tuszem jej ścianek. Wylej tusz i poczekać za wyschnie. Jeżeli nie masz bombki to możesz pomalować na czarno wnętrze kartonowego pudełka. Nie zapomnij o wykonaniu w nim otworu o średnicy ok. 0,5 cm.

Popatrz do wnętrza tak otrzymanego modelu ciała doskonale czarnego. Poświeć do środka latarką. Co widzisz?

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Co zrobić żeby pochłonać światło padające na daną powierzchnię? Wystarczy zrobić ją czarną? Niestety, nawet czarny aksamit odbija około 0,5% padającego światła. Skoro część światła się odbija to trzeba je pochłonać. Właśnie w tym celu wykorzystaliśmy bańkę lub pudełko. Po wielokrotnych odbiciach fala zostanie całkowicie pochłonięta. Teraz nasze niepozorne czarne pudełko pochłania prawie całość wpadającego promieniowania.

Ciałem doskonale czarnym jest obiekt, który pochłania całość padającego na nie promieniowania i niczego nie odbija. W rzeczywistości nic takiego nie istnieje, ale taki model wprowadzony przez Maxa Planck'a pozwolił dokładnie opisać promieniowanie termiczne ciała. I nie mniej ważnym wnioskiem z jego rozumowania było to, że emisja i absorpcja promieniowania odbywa się w ściśle określonych porcjach, kwantach.

Jeżeli natomiast ogrzejemy ciało doskonale czarne to zacznie ono promieniować. Barwa emitowanego w ten sposób promieniowania zależy tylko od temperatury. Dotyczy to żarówek, gwiazd czy też płonących polan w ognisku.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Możliwość zrobienia trudnych do usunięcia plam tuszu.

S.7.21. Zobaczyć powietrze

Cel ćwiczenia:

Obserwacja zmian współczynnika załamania światła powietrza.

Wymagana wiedza ucznia:

Rozchodzenie się światła, współczynnik załamania światła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Źródło światła (polecam latarkę z diodą elektroluminescencyjną). Ważne by dawała snop światła równomiernie oświetlający płaszczyznę. Oraz świeczka i kartka białego kartony (np. z bloku technicznego).

Wprowadzenie:

Odczuwamy mroźny wiatr i gorący podmuch powietrza znad rozgrzanej drogi. Spróbujmy teraz zobaczyć ruch powietrza.

Przebieg ćwiczenia:

Doświadczenie będziemy wykonywać w ciemności. Ustaw pionowo karton. Będzie on naszym ekranem. W odległości około pół metra od niego umieść świeczkę, a 30 cm dalej będzie nasze źródło światła. Wszystko w jednej linii. Latarkę postaraj się tak ustawić by równomiernie oświetlała ekran. Teraz zapal świeczkę i zgaś światło. Świeć latarką poprzez płomień świeczki na ekran. Zobacysz na nim falujące cienie. Sprawdź różne odległości od ekranu świeczki i źródła światła.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Powietrze jest względnie jednorodne. Ale podgrzane znacznie zwiększa swoją objętość i unosi się do góry. Ogrzane powietrze ma również inny współczynnik załamania niż zimne. W temperaturze 20°C współczynnik załamania powietrza wynosi około 1,00027, a ogrzanego do 100°C to 1,00020 (dla długości fali światła 550 nm). Już tak niewielka zmiana jego wartości zakłóca prostoliniowy bieg światła. Na ekranie widziałeś biegające cienie. Zwróciłeś uwagę na dokładność obserwacji w Twoim doświadczeniu? Zauważyliśmy zmianę współczynnika załamania wynoszącą zaledwie 0,007%

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Płonąca świeczka, możliwość poparzenia.

S.7.22. Nikt nie jest doskonały

Cel ćwiczenia:

Obserwacja wad optycznych soczewki.

Wymagana wiedza ucznia:

Soczewka skupiająca, ogniskowa, fala świetlna.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Soczewka skupiająca o ogniskowej $5 \div 10$ centymetrów, małych rozmiarów źródło białego światła (np. latarka), kartka białego papieru

Wprowadzenie:

Soczewki zmieniają bieg światła. Jeżeli jest ona skupiająca to powstaje rzeczywisty obraz przedmiotu. Postaramy się sprawdzić na ile jest on zgodny z rzeczywistym.

Przebieg ćwiczenia:

Doświadczenie należy przeprowadzić w ciemności. Umocuj latarkę, załącz ją i skieruj snop światła wzdłuż pokoju. Stań po jego drugiej stronie. Ustaw prostopadle do promieni światła kartkę papieru i soczewkę. Przesuwając soczewkę znajdź takie położenie by otrzymać na ekranie ostry i okrągły obraz latarki. Teraz delikatnie przysuń soczewkę do ekranu po czym odsuń ją. Zapamiętaj jakie barwy miał obraz. Kolejne obserwacje przeprowadź pochylając soczewkę w różne strony. Obserwuj jak zmienia się obraz, jego barwę i kształt.

Jako źródło światła możesz też wykorzystać odległą latarnie uliczną.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Po dobrym ustawieniu elementów otrzymałeś wyraźny obraz świecącej części latarki. Nieznaczne przesunięcie soczewki do ekranu zaowocowało pojawieniem się czerwonej obwódki. Jest to efektem mniejszego współczynnika załamania światła w tej części widma. Podobnie jest z niebieską obwódką, gdyż w tym przypadku współczynnik załamania szkła jest większy. Wada soczewki, która daje barwne obwódki wokół obrazów nazywana jest aberracją chromatyczną.

Przy pochylaniu soczewki obraz przestał być okrągły. Pojawiły się wymyślne kształty. Są to kolejne wady występujące, gdy światło od przedmiotu nie biegnie równoległe do osi optycznej soczewki. Może to być koma. Obraz punktu wygląda jak malutka kometka z warkoczem skierowanym na zewnątrz od osi optycznej. Gdy jeszcze bardziej pochylałeś soczewkę zaczął dominować astygmatyzm. To jemu zawdzięczamy najbardziej atrakcyjne kształty na ekranie. W rzeczywistości aberracje nie występują pojedynczo. Tak też było w naszym doświadczeniu.

Żaden układ optyczny nie jest wolny od wad. Dlatego nawet najprostsze obiektywy zawsze składają się z kilku soczewek. Poprzez odpowiedni dobór rodzaju szkieł, promieni krzywizn soczewek i ich wzajemnych odległości staramy się zminimalizować najbardziej dokuczliwe wady.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

S.7.23. Soczewka Fresnela

Cel ćwiczenia:

Badanie soczewki Fresnela.

Wymagana wiedza ucznia:

Soczewka skupiająca, ogniskowa soczewki, współczynnik załamania szkła.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Soczewka oświetlająca z projektora transparencji lub „lupa do czytania” (niezależnie od tego czym dysponujesz w dalszej części będziemy mówić o soczewce), lupa o powiększeniu około 5×.

Wprowadzenie:

W niektórych urządzeniach wymagane jest równomierne oświetlenie. Zastosowanie soczewki o średnicy kilkudziesięciu centymetrów i podobnej ogniskowej jest bardzo kłopotliwe. Taka soczewka musi być gruba i ciężka. Stwarza to wiele problemów natury technicznej. W roku 1822 Fresnel usprawnił sprytnie rozwiązanie tego problemu. Przypatrzmy się jemu.

Przebieg ćwiczenia:

Weź soczewkę Fresnela i zobacz jak widać przez nią np. litery tekstu w książce. Teraz wyznacz jej ogniskową. W tym celu ustaw soczewkę tak by na ekranie powstał wyraźny obraz odległego przedmiotu, np. latarni ulicznej. Zmierz odległość od soczewki do ekranu. To jest nasza poszukiwana ogniskowa.

Przez lupę przyglądnij się dokładnie jej powierzchni.

Dyskusja zasad fizycznych demonstrowanych w ćwiczeniu:

Zdażyłeś zauważyć, że soczewka Fresnela jest soczewką skupiającą. Dzięki temu oglądane przedmioty są powiększone. Tylko co w niej jest takiego, że skupia promienie świetlne? Przecież jest całkiem płaska.

Dokładniejsze przyglądnięcie się jej powierzchni pokazuje delikatną strukturę, na którą składają się koncentryczne pierścienie. Przypatrując się im przez lupę widzimy, że nie są takie same. W środku są prawie płaskie. Im bliżej brzegu ich krawędzie stają się coraz bardziej nachylone. W tym tkwi cały sekret.

Zmierzyłeś też ogniskową swojej soczewki. Prawdopodobnie miała ogniskową porównywalną z jej poprzecznym rozmiarem. Normalna płaskowypukła soczewka o takiej samej ogniskowej miała by grubość około 10 cm. Widzisz, że zysk jest znaczny. Soczewki tego typu są powszechnie stosowane w układach oświetlających, np. rzutnikach pisma. Tam też możesz spotkać podobnie zbudowane skupiające zwierciadła. Oryginalny pomysł Fresnela znajdziesz w latarniach morskich. To właśnie dzięki niej światło latarni jest widoczne wiele mil od brzegu.

Potencjalne zagrożenie i zasady BHP: Brak

Literatura:

1. T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, Warszawa 1980
2. Foton, Pismo dla nauczycieli fizyki i ich uczniów, IF UJ, Kraków
3. P. G. Hewitt, Fizyka wokół nas, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2000
4. Z. Kosti, Między zabawą a fizyka, WNT, Warszawa 1964
5. E. M. Rogers, Fizyka dla dociekliwych, PWN, Warszawa 1970
6. J. Semaniak, J. Semaniak, J. Krywult, Fizyka i astronomia, MAC Edukacja, Kielce 2003
7. Sz. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, PWN, Warszawa 1976
8. K. Tabaszewski, Fizyka z prostymi doświadczeniami. Prószyński i S-ka, Warszawa 2000