



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 12:

Natura światła

dr Ireneusz Stefaniuk

*Institut Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski
Aleja Tadeusza Rejtana 16A, 35-959 Rzeszów*

<http://feniks.ujk.kielce.pl>

<http://fonon.univ.rzeszow.pl>



- 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

BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASERAMI	2
Wprowadzenie	6
PROPONOWANE ĆWICZENIA DO WYKONANIA W SZKOLE.	8
S1- Odbicie pojedynczego promienia	8
S2- Odbicie wiązki światła	8
S3- Obraz w zwierciadle płaskim	8
S4- Odbicie wielokrotne	9
S5- Obrót zwierciadła płaskiego	9
S6- Odbicie w zwierciadle kulistym	10
S7- Odbicie w zwierciadle wypukłym	10
S8- Odbicie w zwierciadle parabolicznym	10
S9- Załamanie przy przejściu przez soczewkę półokrągłą	11
S10- Załamanie graniczne – całkowite wewnętrzne odbicie	11
S11- Załamanie przy przejściu przez płytkę o ściankach równoległych	12
S12- Załamanie: Pryzmat trójkątny	12
S13- Pryzmat, kolory	13
S14- Podwójne załamanie: odchylenie przez pryzmat	13
S15- Soczewki skupiające: ogniskowa	14
S16- Soczewki rozpraszające: soczewki dwuwypukłe	14
S17- Soczewki: płaszczyzna ogniskowa	14
S18. Dyspersja światła białego	15
S19. Absorpcja kolorów	15
S20. Interferencja na cienkiej płytce szklanej	16
S21. Dyfrakcja światła na otworach kwadratowych oraz okrągłych	17
S22. Dyfrakcja na siatce dyfrakcyjnej	17
S23. Dyfrakcja, obserwacja obrazów dyfrakcyjnych	19
S24. Polaryzacja światła	19
Dodatkowe informacje. Literatura	20
PROPOZYCJE ĆWICZEŃ DO WYKONANIA NA UCZELNI	21
U1. Wyznaczenie długości fali świetlnej przy pomocy siatki dyfrakcyjnej.	22
U2. Badanie interferencji i dyfrakcji promieniowania laserowego oraz pomiar mocy promieniowania	23
U3. Rozchodzenie się impulsu w światłowodzie	27
U4. Badanie polaryzacji światła laserowego	30
U5. Badanie elementów optoelektronicznych	34
LITERATURA	36

BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASERAMI

Wykonywanie ćwiczeń w laboratorium wiąże się z koniecznością pracy z urządzeniami elektrycznymi, laserami oraz specjalistycznymi urządzeniami pomiarowymi (spektrofotometry). Pomimo, że stosowana aparatura posiada zabezpieczenia fabryczne a obsługa laboratorium dodatkowo instaluje konieczne blokady i osłony zabezpieczające, to wykonywanie ćwiczeń wymaga od studentów zachowania niezbędnej ostrożności.

Praca z urządzeniami elektrycznymi

Podczas przepływu prądu przez ciało człowieka następują zmiany wskutek wydzielania znacznych ilości ciepła, zjawisk elektrolizy i podrażnienia układu nerwowego. Przeciętna oporność ciała ludzkiego wynosi około 1 000 000 Ohm, ale wskutek różnych czynników zewnętrznych może obniżyć się do 1 000 Ohm. Ponieważ natężenie prądu przemiennego wynoszące 24 mA nie wywołuje poważniejszych następstw, przyjęto na tej podstawie napięcie 24 V uznawać jako bezpieczne. Większość przyrządów i mierników używanych w pracowni zasilana jest napięciem zmiennym 220 V. Pracując z urządzeniami elektrycznymi należy przestrzegać następujących zasad bezpieczeństwa:

1. włączać układ (np. do sieci, generatora, baterii) można tylko po sprawdzeniu go przez prowadzącego zajęcia i w jego obecności,
2. nie wolno dokonywać samowolnie zmian w obwodach elektrycznych,
3. wszelkie zmiany w obwodach elektrycznych należy dokonywać po uprzednim wyłączeniu źródeł napięcia,
4. należy pamiętać by w momencie włączenia mierniki były ustawione na zakres największy a zasilacze na minimalny,
5. przed włączeniem napięcia suwaki opornic powinny być w pozycji środkowej,
6. niedopuszczalne jest wyciąganie przewodów z kontaktu w inny sposób jak trzymając za wtyczkę,

W razie nagłego wyłączenia napięcia z sieci należy wyłączyć wszystkie urządzenia elektryczne i włączyć w odpowiedniej kolejności, dopiero po pojawieniu się napięcia, w razie zaobserwowania nieprawidłowości w działaniu układu należy go bezzwłocznie odłączyć od źródła napięcia.

Praca z laserami

Używane w pracowni lasery wysyłają promieniowanie w zakresie promieniowania widzialnego i z tych względów zakres zagrożenia jest porównywalny do napromieniowania światłem (białym). Lasery używane w pracowni posiadają moc kilku mW. Oddziaływanie wysyłanego przez nie promieniowania na skórę można uznać za nieszkodliwe. Oddziaływanie światła laserowego na oczy jest szkodliwe i posługując się laserem należy przestrzegać następujących zaleceń:

- 1. nie wolno dopuścić do bezpośredniego działania wiązki światła laserowego na gałkę oczną,**
- 2. nie wolno posługiwać się w sposób nie kontrolowany przedmiotami odbijającymi promieniowanie (lustra), które mogą skierować promieniowanie laserowe w oczy osoby postronnej**

Do ochrony przed promieniowaniem laserowym stosowane są gogle i okulary wyposażone w odpowiednie filtry optyczne.

Zasady bezpiecznej pracy z laserami regulują następujące normy:

- a) PN-EN 60825-1:2000
- b) PN-91/T-06700 Bezpieczeństwo przy promieniowaniu emitowanym przez urządzenia laserowe. Klasyfikacja sprzętu. Wymagania i wytyczne dla użytkownika

c) PN-91/T-06701 Bezpieczeństwo elektryczne urządzeń i instalacji laserowych

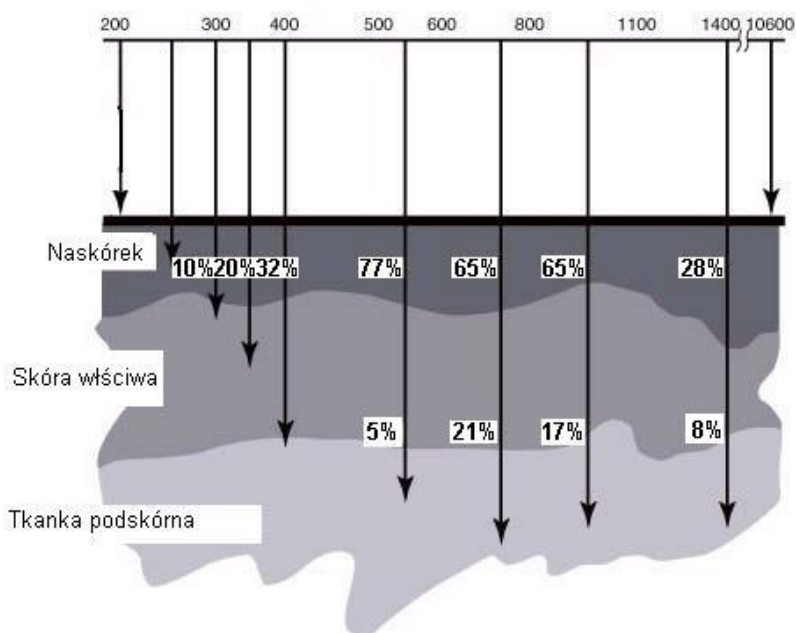
Podczas pracy z laserami występują następujące zagrożenia:

- niebezpieczeństwo uszkodzenia oka,
- niebezpieczeństwo uszkodzenia skóry,
- niebezpieczeństwo porażenia prądem,
- niebezpieczeństwa związane z produktami obróbki czyli np. pyły i gazy.

Zestawienie efektów nadmiernej ekspozycji oka i skóry na promieniowanie laserowe

Zakres długości fal	Oko	Skóra
Ultrafiolet C 100 - 280 nm Ultrafiolet B 280 - 315 nm	- zapalne uszkodzenie rogówki	- rumień (oparzenie słoneczne) - przyspieszone starzenie skóry - zwiększona pigmentacja
Ultrafiolet A 315 - 400 nm Widzialny 400 - 780 nm	- katarakta fotochemiczna - fotochemiczne i termiczne uszkodzenia siatkówki	- ciemnienie pigmentu - reakcje fotoczułe - oparzenia skóry
Podczerwień A 780 - 1400 nm	- katarakta - oparzenie siatkówki	- oparzenia skóry
Podczerwień B 1400 - 3000 nm	- katarakta - przymglenie rogówki - oparzenie rogówki	- oparzenia skóry
Podczerwień C 3000 nm - 1 mm	- wyłącznie oparzenie rogówki	- oparzenia skóry

Głębokość penetracji skóry w zależności od długości fali lasera

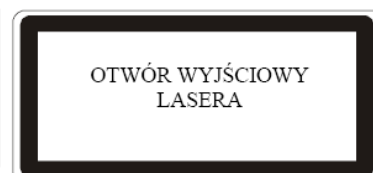
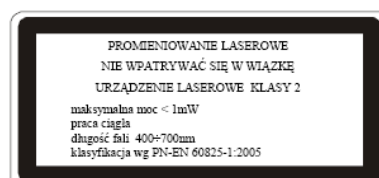


Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy

Klasa	Nowy podział	Klasa	Stary podział
1	Są to urządzenia bardzo małej mocy całkowicie bezpieczne emitujące promieniowanie z zakresu 302,5÷4000nm, dla których Granice Emisji Dostępnej (GED) nie przekraczają wymagań określonych w ww. normie. Np. moc laserów widzialnych (400nm÷700nm), pracujących w sposób ciągły nie może przekraczać 0,39mW.	1	Są to urządzenia bardzo małej mocy całkowicie bezpieczne emitujące promieniowanie z zakresu 302,5÷4000nm, dla których Granice Emisji Dostępnej (GED) nie przekraczają wymagań określonych w ww. normie. Np. moc laserów widzialnych (400nm÷700nm), pracujących w sposób ciągły nie może przekraczać 0,39mW.
1M	Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal od 302,5 nm do 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne		
2	Są to urządzenia małej mocy emitujące promieniowanie widzialne 400nm÷700nm, których moc lasera pracującego w sposób ciągły nie przekracza 1mW. Poza zakresem widzialnym GED nie może przekraczać wymagań klasy 1. Lasery te nie są całkowicie bezpieczne, ale ochrona oczu uzyskiwana jest przez instynktowne reakcje obronne w tym odruch mrugania.	2	Są to urządzenia małej mocy emitujące promieniowanie widzialne 400nm÷700nm, których moc lasera pracującego w sposób ciągły nie przekracza 1mW. Poza zakresem widzialnym GED nie może przekraczać wymagań klasy 1. Lasery te nie są całkowicie bezpieczne, ale ochrona oczu uzyskiwana jest przez instynktowne reakcje obronne w tym odruch mrugania.
2M	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 400 do 700nm. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.		
3R	Są to lasery o długościach fali od 302,5nm do 10 ⁶ nm, dla których w pracy ciągłej moc wyjściowa promieniowania np. widzialnego nie może przekraczać 5mW. Patrzenie w wiązkę tych laserów przez przyrządy optyczne, np. lornetkę lub lunetę może być niebezpieczne.	3A	Lasery bezpieczne przy patrzeniu okiem nieuzbrojonym. W przypadku laserów emitujących promieniowanie w zakresie długości fal od 400 nm do 700 nm ochrona oka zapewniona jest przez instynktowne reakcje obronne. W

	Dla laserów emitujących promieniowanie widzialne w zakresie od 400 do 700nm ochrona oka nieuzbrojonego jest osiągnięta przez instynktowne reakcje obronne, w tym odruch mrugania.		przypadku innych długości fal zagrożenie nie uzbrojonego oka nie jest większe niż dla urządzeń klasy 1. Bezpośrednie patrzenie w wiązkę przez przyrządy optyczne może być niebezpieczne
3B	Są to lasery o długościach fali od 180nm do 106nm gdzie moc promieniowania widzialnego nie przekracza 0,5W. Bezpośrednie patrzenie w wiązkę w pobliżu tych urządzeń jest zawsze niebezpieczne. Patrzenie na wiązkę nie zogniskowaną odbitą od powierzchni rozpraszającej jest bezpieczne pod warunkiem że: - odległość z jakiej patrzymy nie jest mniejsza niż 13cm; - czas patrzenia nie przekracza 10sek.	3B	Są to lasery o długościach fali od 180nm do 106nm gdzie moc promieniowania widzialnego nie przekracza 0,5W. Bezpośrednie patrzenie w wiązkę w pobliżu tych urządzeń jest zawsze niebezpieczne. Patrzenie na wiązkę nie zogniskowaną odbitą od powierzchni rozpraszającej jest bezpieczne pod warunkiem że: - odległość z jakiej patrzymy nie jest mniejsza niż 13cm; - czas patrzenia nie przekracza 10sek.
4	Należą do najbardziej niebezpiecznych a ich użytkowanie jest związane z wieloma uwarunkowaniami opisanymi szczegółowo w normie PN- EN 60825-1:2005. Zagrożenie może stanowić również promieniowanie odbite i rozproszone. Promieniowanie laserów tej klasy może stanowić zagrożenie dla oczu, skóry a nawet może stanowić zagrożenie pożarowe.	4	Należą do najbardziej niebezpiecznych a ich użytkowanie jest związane z wieloma uwarunkowaniami opisanymi szczegółowo w normie PN- EN 60825-1:2005. Zagrożenie może stanowić również promieniowanie odbite i rozproszone. Promieniowanie laserów tej klasy może stanowić zagrożenie dla oczu, skóry a nawet może stanowić zagrożenie pożarowe.

Etykiety



Wprowadzenie

Treści pakietu podzielono tematycznie na dwie części. Pierwsza część będzie dotyczyła optyki geometrycznej z uwzględnieniem zjawiska odbicia i załamania światła, obrazów otrzymywanych za pomocą soczewek, całkowitego wewnętrznego odbicia i podstawowych przyrządów optycznych oraz światłowodów. Druga część będzie związana z optyką falową i laserami. Uwzględniona będzie: dyfrakcja i interferencja światła, polaryzacja światła oraz budowa i zasada działania lasera gazowego i półprzewodnikowego. Do przeprowadzenia demonstracji i doświadczeń w szerokim zakresie wykorzystywane będą lasery.

Proponowana tematyka zajęć dla zajęć w szkołach

Nauczyciele realizuje wybrane zagadnienia z przedstawionych poniżej dostosowując je do realiów szkoły i wiedzy uczniów.

- 1. Zjawisko odbicia i załamania światła**
- 2. Zwierciadła płaskie. Zwierciadła kuliste**
- 3. Całkowite wewnętrzne odbicie, światłowody**
- 4. Płytką równoległościenna i pryzmat**
- 5. Soczewki. Obrazy w soczewkach**
- 6. Przyrządy optyczne**
- 7. Rozszczepienie światła białego w pryzmacie**
- 8. Kolory i światło**
- 9. Dyfrakcja światła**
- 10. Interferencja światła**
- 11. Zjawisko polaryzacji światła**
- 12. Laser i jego zastosowania**

Oczekiwane umiejętności nabyte przez ucznia

Uczeń potrafi:

- objaśnić, na czym polega zjawisko odbicia światła,
- sformułować i objaśnić prawo odbicia,
- wyjaśnić zjawisko rozpraszania,
- objaśnić prawo załamania światła i zdefiniować bezwzględny i względny współczynnik załamania.
- wykonać konstrukcję obrazu w zwierciadle płaskim i wymienić cechy otrzymanego obrazu
- opisać przejście światła przez płytkę równoległościenną, korzystając z prawa załamania,
- objaśnić pojęcia: ognisko, ogniskowa, promień krzywizny, oś optyczna, dla zwierciadeł i soczewek
- zapisać i objaśnić wzór na powiększenie obrazu,
- wykonać konstrukcje obrazów w zwierciadłach kulistych,
- objaśnić na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,
- wymienić warunki, w których zachodzi całkowite wewnętrzne odbicie,
- wymienić przykłady praktycznego wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.
- opisać przejście światła przez pryzmat, korzystając z prawa załamania,
- opisać rodzaje soczewek,
- obliczać zdolność skupiającą soczewki,

- sporządzać konstrukcje obrazów w soczewkach,
- objaśnić zasadę działania lupy,
- uzasadnić, że światło o różnych barwach ma w danym ośrodku Inny współczynnik załamania, oraz że światło o różnych barwach (częstotliwościach) rozchodzi się z różnymi szybkościami
- wyjaśnić, na czym polegają zjawiska dyfrakcji i interferencji światła,
- wyjaśnić obraz otrzymany na ekranie po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną światła monochromatycznego i białego,
- zapisać wzór wyrażający zależność położenia prążka n-tego rzędu od długości fali i odległości między szczelinami i poprawnie go zinterpretować.
- objaśnić zjawisko polaryzacji światła (jakościowo),
- wymienić sposoby polaryzowania światła,
- potrafi scharakteryzować własności promieniowania laserowego oraz zna różnice między światłem laserowym a światłem wysyłanym przez inne źródła,
- potrafi wymienić zastosowania lasera.

PROPONOWANE ĆWICZENIA DO WYKONANIA W SZKOLE.

S1- Odbicie pojedynczego promienia

Cel: sprawdzenie prawa odbicia światła

Materiały:

- Źródło światła (światło wysyłane w postaci wiązki) i przesłona z jedną szczeliną
- Zwierciadło płaskie
- Tarcza- kątomierz

Wykonanie:

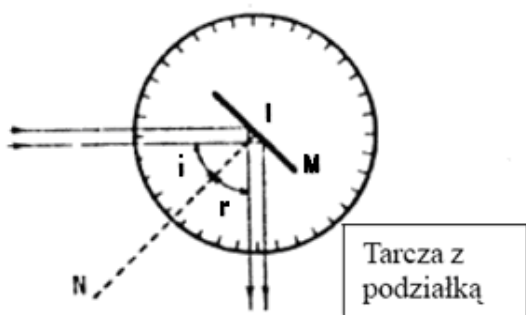
Ustawić zwierciadło na papierze, wzdłuż średnicy tarczy z podziałką. Nakierować promień świetlny dokładnie na środek tarczy. Zaznaczyć drogę promienia w stosunku do płaszczyzny odbijającej zwierciadła.

Zmierzyć wartość kątów padania (i) oraz odbicia (r), w stosunku do normalnej zwierciadła, przechodzącej przez punkt padania promienia (Rys.1).

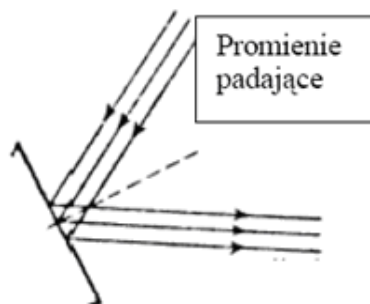
Powtórzyć pomiar kątów (i) oraz (r), po małej zmianie kąta padania. Zbadać przypadki szczególne:

- Promień padający jest prostopadły do powierzchni zwierciadła ($i = 0^\circ$)
- Promień pada wzdłuż powierzchni zwierciadła ($i = 90^\circ$)

Sprawdzić prawo odbicia światła $i = r$.



Rys. 1. Odbicie promienia



Rys.2 Odbicie wiązki światła

S2- Odbicie wiązki światła

Cel: sprawdzenie prawa odbicia światła

Materiały:

- Źródło światła (światło wysyłane w postaci wiązki) i przesłona z trzema szczelinami
- Zwierciadło płaskie
- Tarcza- kątomierz

Wykonanie:

Prowadzimy wiązkę, składającą się z trzech lub więcej promieni, na zwierciadło (Rys.1, Rys.2).

Sprawdzamy równość $i = r$ dla każdego promienia. Zbadać położenie promieni, jednych względem drugich, przed i po odbiciu. Obserwować odbicie wiązki rozproszonej, a później skupionej. W celu otrzymania promieni skupionych, albo rozproszonych, należy umieścić między źródłem a zwierciadłem, soczewkę rozpraszającą lub skupiającą.

S3- Obraz w zwierciadle płaskim

Cel: Zaobserwowanie położenie obrazu w stosunku do obiektu i do zwierciadła płaskiego.

Materiały:

- Źródło światła (ew. soczewka)
- Zwierciadło płaskie

Wykonanie:

Używamy wiązki skupionej. Zaznaczamy na kartce pozycję punktu S, promieni wychodzących ze źródła. Umieścić zwierciadło płaskie na drodze wiązki optycznej (Rys. 3). Punkt- S' (obraz) jest punktem przecięcia promieni po odbiciu, zanotować jego położenie, jak również ułożenie zwierciadła. Powtórzyć te operacje dla innych punktów S i obrazów S'.

S4- Odbicie wielokrotne

Cel: Obserwacja odbić wielokrotnych

Materiały:

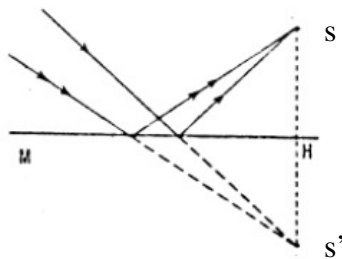
- Źródło z pojedynczym promieniem
- Dwa zwierciadła

Wykonanie

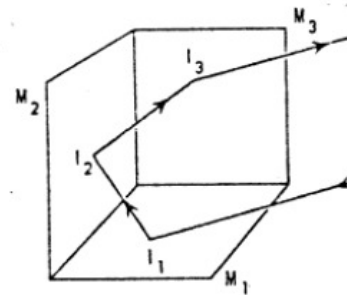
Umieścić dwa zwierciadła, ustawione względem siebie pod kątem prostym, na drodze promienia. Obserwować promień po ostatnim odbiciu. Porównać kierunek tego promienia z kierunkiem promienia padającego. Powtórzyć te obserwacje dla różnych kątów padania.

Powtórzyć doświadczenie ze zwierciadłami złożonymi pod dowolnym kątem.

Rozszerzyć doświadczenie, używając trzech zwierciadeł, złożonych w narożnik sześcianu, powierzchniami odbijającymi do wewnątrz (Rys.4). Zbadać odbicie promienia świetlnego w trzech wymiarach.



Rys.3 Obraz w zwierciadle.



Rys.4. Odbicie wielokrotne

S5- Obrót zwierciadła płaskiego

Cel: Znalezienie związku między kątem obrotu zwierciadła a promieniem odbitym

Materiały:

- Źródło światła (światło wysyłane w postaci wiązki) i przesłona z jedną szczeliną
- Zwierciadło płaskie
- Tarcza- kątomierz

Wykonanie:

Umieścić zwierciadło w środku tarczy z podziałką (Rys. 1). Poprowadzić na nie promień padający tak, żeby przechodził przez środek tarczy. Zaznaczyć położenie zwierciadła, promienia padającego i odbitego. Zmieniać położenie zwierciadła, umieszczając je na innej średnicy tarczy. Zapisać zmiany kąta padania i odbicia; porównać je z kątem obrotu zwierciadła.

Wniosek: *Promień odbity obrócił się o kąt dwa razy większy od kąta obrotu zwierciadła.*

S6- Odbicie w zwierciadle kulistym

Cel: Obserwacja odbicia w zwierciadle kulistym i wyznaczenie odległości ogniskowej.

Materiały:

- Źródło światła z przesłoną o trzech szczelinach
- Zwierciadło kuliste (promień wewnętrzny około 4 cm)

UWAGA. Przy braku zwierciadeł można wykorzystać bombki choinkowe

Wykonanie

Narysować na papierze okrąg o promieniu równym promieniowi zwierciadła i jego dwie średnice, prostopadłe do siebie. Zaznaczyć środek geometryczny okręgu. Położyć zwierciadło, symetrycznie względem jednej ze średnic. Poprowadzić wiązkę świetlną równoległą do osi symetrii zwierciadła. (Rys. 5) Zaznaczyć promienie padające i odbite. Sprawdzić, czy otrzymano powierzchnię kaustyczną (promienie odbite zbiegają się w jednym punkcie).

Przesunąć lekko wiązkę, zachowując jej kierunek, powtórzyć te same operacje i obserwacje.

Wyznaczyć odległość ogniskową OF zwierciadła (odległość dzielącą środek okręgu od punktu przecięcia promieni odbitych). Rozszerzyć doświadczenie, wyrażając ogniskową zwierciadła w funkcji kąta padania i oraz promienia R okręgu.

S7- Odbicie w zwierciadle wypukłym

Cel: Obserwacja odbicia w zwierciadle wypukłym i wyznaczenie odległości ogniskowej

Materiały:

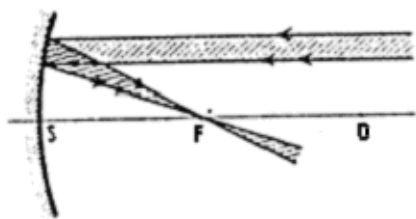
- Źródło światła z przesłoną o dwóch lub trzech szczelinach
- Zwierciadło wypukłe

Wykonanie

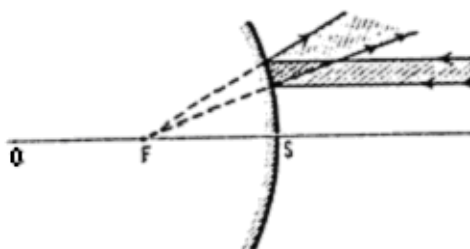
Skierować wiązkę promieni równoległych na powierzchnię zewnętrzną zwierciadła kulistego.

Narysować na papierze położenie zwierciadła, jak również jego oś symetrii. Zaznaczyć kierunek i bieg promieni odbitych. Otrzymana została wiązka rozproszona. (Rys. 6)

Wyznaczyć ognisko pozorne; odległość ogniskową zwierciadła. Rozszerzyć doświadczenie, dokonując pomiarów kąta padania i odbicia każdego promienia. Sprawdzić czy prawo odbicia są ważne w przypadku zwierciadeł nie płaskich.



Rys. 5. Odbicie w zwierciadle kulistym



Rys. 6. Odbicie w zwierciadle wypukłym

S8- Odbicie w zwierciadle parabolicznym

Cel: Obserwacja odbicia w zwierciadle parabolicznym i wyznaczenie odległości ogniskowej

Materiały:

- Źródło z przesłoną o trzech szczelinach
- Zwierciadło paraboliczne (szerokość od brzegu do brzegu około 8cm)

Wykonanie

Narysować na papierze odcinek o długości 8 cm (tj szerokość zwierciadła). Wykreślić jego symetralną. Ułożyć zwierciadło symetralnie wzdłuż niej. Zaznaczyć kierunek i bieg promieni odbitych. Otrzymana została wiązka rozproszona. Wyznaczyć ognisko pozorne; odległość

ogniskową zwierciadła. Projektory ze zwierciadłem parabolicznym dają wiązkę bardziej zbliżoną do równoległej do wiązki wyjściowej.

S9- Załamanie przy przejściu przez soczewkę półokrągłą

Cel: Obserwacja załamania światła przez soczewkę półokrągłą

Materiały:

- Źródło z pojedynczym promieniem
- Soczewka półokrągła
- Tarcza z podziałką

Wykonanie

Ustawić źródło w taki sposób, żeby promień pokrywał się z linią 0° na tarczy. Wyregulować równoległy bieg promienia. Umieścić półcylinder w środku tarczy, tak, żeby ścianka prosta była prostopadła do promienia. Promień przechodzi przez soczewkę bez załamania.

Obrócić delikatnie tarczę do 10° , promień przechodzi cały czas przez środek tarczy. Zanotować kąty padania, odbicia i załamania dla każdego położenia źródła.

Wyznaczyć współczynnik załamania

S10- Załamanie graniczne – całkowite wewnętrzne odbicie

Cel: Obserwacja całkowitego wewnętrznego odbicia

Materiały:

- Źródło z pojedynczym promieniem
- Soczewka półokrągła
- Tarcza z podziałką

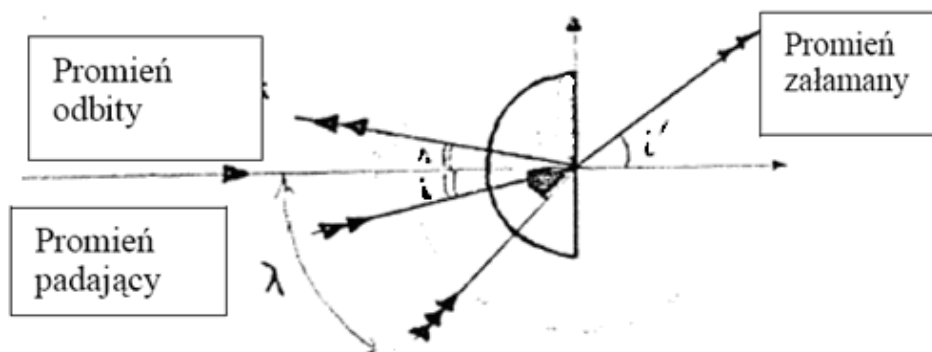
UWAGA. Do obserwacji zamiast soczewki można użyć szklanego naczynia (np. akwarium) z wodą czystą lub zabarwioną. Można także wykonać samodzielnie soczewki np. z galaretki owocowej rozpuszczonej w niewielkiej ilości wody.

Wykonanie

Ustawić źródło tak, żeby otrzymać promień na osi 0° . Umieścić półcylinder w środku tarczy, tak, żeby ścianka prosta była prostopadła do promienia (Rys. 7). Promień przechodzi przez soczewkę bez załamania. Obrócić delikatnie tarczę do 10° , sprawdzić, czy punkt, z którego wychodzi promień załamany, pokrywa się ze środkiem tarczy, przed pomiarem kąta załamania.

Zwiększać kąt padania, do chwili, kiedy promień załamany zacznie znikać, odbicie zaczyna być całkowite. Określić miarę tego kąta, który nazywamy kątem granicznym dwóch ośrodków powietrze-pleksiglas. Sprawdzić, że kąt graniczny ma zawsze tę samą wartość.

Porównać wartość kąta granicznego z kątem załamania z doświadczenia, kiedy $i = 90^\circ$.



Rys. 7. Załamanie graniczne – całkowite wewnętrzne odbicie

S11- Załamanie przy przejściu przez płytkę o ściankach równoległych

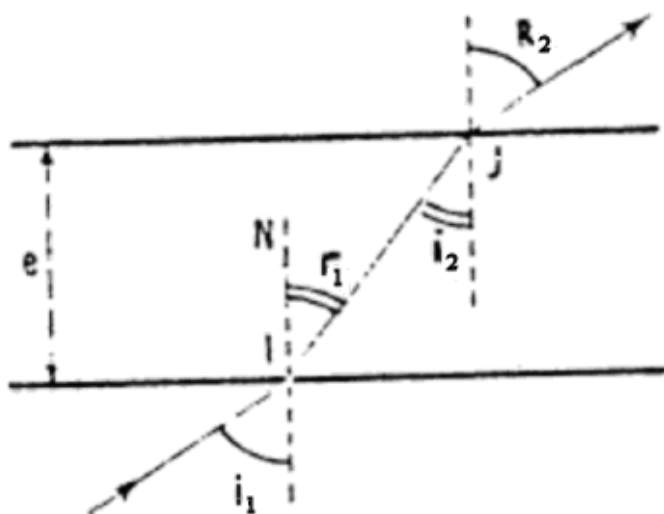
Cel: Obserwacja biegu promienia przez płytkę o ściankach równoległych

Materiały:

- Źródło z pojedynczym promieniem
- Płytkę o ściankach równoległych

Wykonanie

Nakierować promień prostopadłe do powierzchni. Stwierdzić, że promień doznaje podwójnego załamania, bez odchylenia, ani zmiany kierunku. (Rys 8) Zmienić położenie płytki w celu otrzymania różnych kątów padania. Prześledzić bieg promienia w każdym przypadku. Stwierdzić, że promień wychodzący jest równoległy do padającego.



Rys. 8. Załamanie przy przejściu przez płytkę o ściankach równoległych

S12- Załamanie: Pryzmat trójkątny

Cel: Obserwacja biegu promienia przez pryzmat

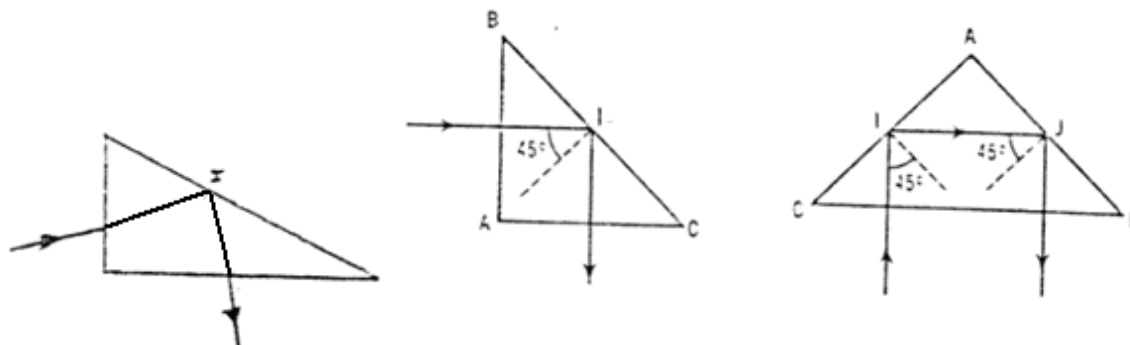
Materiały:

- Źródło z pojedynczym promieniem
- Pryzmat trójkątny (30° , 60° , 90°)

Wykonanie

Ustawić źródło tak, żeby odbicie było całkowite: promień przechodzi przez pierwszą ścianę, odbija się od przeciwprostokątnej i wychodzi przez trzecią ścianę.

Przyjrzeć się drodze promienia (Rys 9). Zbadać całkowite odbicie na przeciwprostokątnej: znaleźć kat graniczny.



Rys. 9. Obserwacja biegu promienia przez pryzmat

S13- Pryzmat, kolory

Cel: Obserwacja biegu różnokolorowych promieni przez pryzmat

Materiały:

- Źródło i przesłona z 1,3 szczelinami
- Pryzmat równoramienny, prostokątny
- Przezroczysta, plastikowa folia i kolorowe flamastry

Wykonanie

Nakierować promień prostopadłe do przeciwprostokątnej pryzmatu, punkt padania powinien znajdować się w $\frac{1}{4}$ jej długości. Obserwować odbicie promienia wewnątrz pryzmatu, promień odbija się całkowicie, a promień wychodzący jest równoległy do padającego.

Powtórzyć doświadczenie z wiązką o trzech promieniach o różnych kolorach: wyciąć z folii mały pasek, pokolorować flamastrami, a następnie umieścić na szczelinie.

Ułożyć drugi pryzmat za pierwszym. Obserwować odbicie wiązki, jak również kolejność promieni, sformułować regułę pozwalającą przewidzieć odwrócenie obrazu.

S14- Podwójne załamanie: odchylenie przez pryzmat

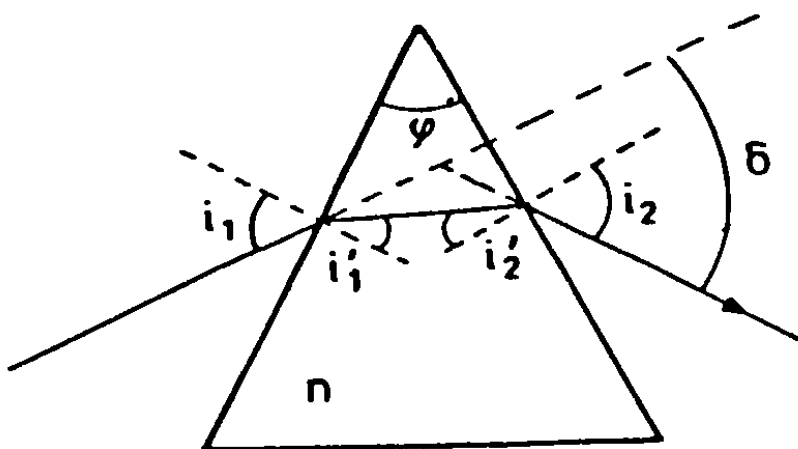
Cel: Obserwacja biegu promieni przez pryzmat i wyznaczenie kąta łamiącego

Materiały:

- Źródło z pojedynczym promieniem
- Pryzmat równoboczny

Wykonanie

Nakierować promień w kierunku ściany pryzmatu, zachowując kierunek równoległy do jego podstawy. Promień wychodzi z trzeciej ściany, doznając dwóch kolejnych załamań.



Rys. 10 Bieg promieni przez pryzmat

Naszkicować drogę promienia przez pryzmat. Zmierzyć kąty: padania i_1 , kąt pierwszego załamania i_1' , kąt padania na trzecią ścianę i_2 , oraz kąt wychodzenia promienia z pryzmatu i_2' , w stosunku do normalnej przechodzącej przez punkt wychodzenia. (Rys. 10)

Sprawdzić następujące zależności:

$$\sin i_1 = n \times \sin i_2' , \quad (1)$$

gdzie n jest współczynnikiem załamania pryzmatu

$$i_1' + i_2' = \varphi , \quad (2)$$

gdzie φ jest kątem łamiącym pryzmatu

$$\sin i_2' = n \times \sin i_2 \quad (3)$$

Promień jest odchylany przez pryzmat pod kątem δ , sprawdzić również czy:

$$\delta = i_1 + i_2' - \varphi \quad (4)$$

S15- Soczewki skupiające: ogniskowa

Cel: Obserwacja biegu promienia przez soczewką skupiającą, sprawdzenie wzoru soczewkowego.

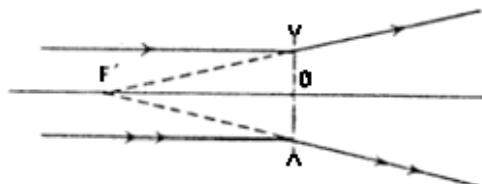
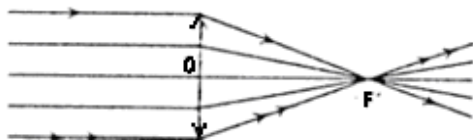
Materiały:

- Źródło z przesłoną o trzech szczelinach
- Dwie soczewki dwuwypukłe i soczewka półokrągła

Wykonanie

Przygotować papier: narysować na nim odcinek długości (w zależności od wybranej soczewki) odpowiadający odległości dzielącej wąskie brzości soczewki.

Następnie naszkicować symetryczną odcinka. Soczewkę umieścić wzdłuż tej prostej, wiązka zostanie poprowadzona równoległe do osi symetrii soczewki. (Rys. 11)



Rys.11. Bieg promienia przez soczewką skupiającą. **Rys.12.** Bieg promienia przez soczewką skupiającą

Oświetlić jedną stronę soczewki. Zaznaczyć drogę promieni padających i wychodzących. Przetawić źródło na drugą stronę, w celu oświetlenia drugiej strony. Zaznaczyć drogi, jak poprzednio. Dla każdej soczewki określić punkty skupienia (F i F') trzech promieni wychodzących. Otrzymuje się w ten sposób ogniska główne soczewki. Wyznaczyć ogniskowe (odległości ognisk od środka optycznego).

Uwaga: Dla cienkich soczewek, lub doskonale symetrycznych $R = R'$, $0F = 0F' = FF'/2$, ogniska główne są symetryczne względem środka optycznego. Soczewka półokrągła ma inne parametry. Sprawdzić, po określeniu promieni krzywizny obu powierzchni, wzór soczewkowy.

S16- Soczewki rozpraszające: soczewki dwuwypukłe

Cel: Obserwacja biegu promienia przez soczewką rozpraszającą

Materiały:

- Źródło z przesłoną o trzech szczelinach
- Soczewka dwuwypukła

Wykonanie

Przygotować papier, jak w poprzednim doświadczeniu. Oświetlić, najpierw jedną, potem drugą, powierzchnię soczewki wiązką o promieniach równoległych. (Rys.12) Wiązka musi być równoległa do osi optycznej. Narysować bieg promieni na papierze. Określić, przez przedłużenie prostych, ognisko pozorne soczewki.

S17- Soczewki: płaszczyzna ogniskowa

Cel: Obserwacja biegu promienia przez soczewką skupiającą, płaszczyzna ogniskowa

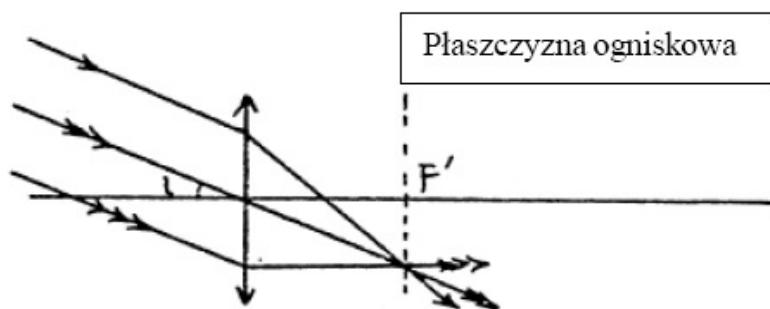
Materiały:

- Źródło z przesłoną o trzech szczelinach
- Soczewki dwuwypukłe lub dwuwklęsłe
- Tarcza z podziałką (zagięci podziałkę wokół 0)

Wykonanie

Ułożyć soczewkę na środku tarczy, wzdłuż średnicy, skierować wiązkę równoległe do osi głównej. Określić ognisko główne. Pochylić lekko soczewkę wzdłuż osi, w jednym lub drugim kierunku. Otrzymuje się w ten sposób ogniska wtórne, wszystkie zawarte w odcinku (lub w płaszczyźnie w

przestrzeni) prostopadłym do osi głównej i przecinającym ją w ognisku głównym F. Ta płaszczyzna nazywa się płaszczyzną ogniskową.



Rys 13. Bieg promienia przez soczewką skupiającą, płaszczyzna ogniskowa.

S18. Dyspersja światła białego

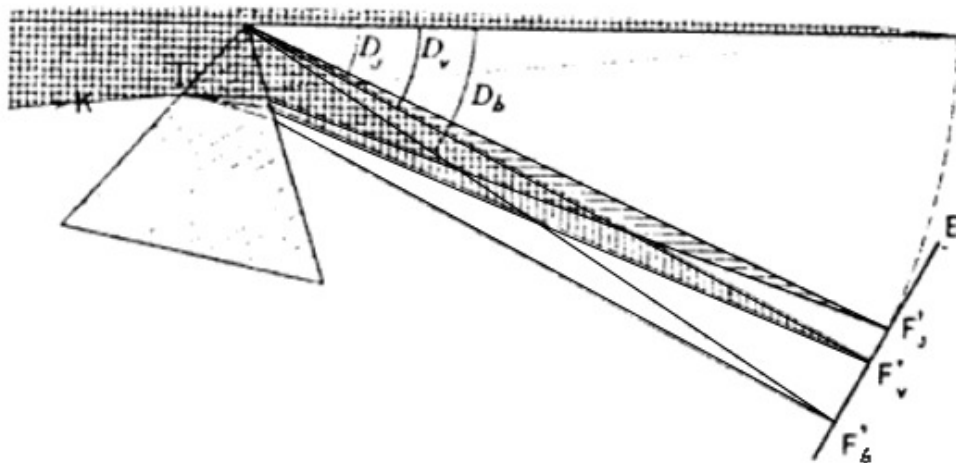
Cel: Obserwacja dyspersji światła białego

Materiały:

- Źródło z dużą wiązką
- Pryzmat równoboczny

Wykonanie

Przepuścić światło przez pryzmat tak, żeby otrzymać maksymalne odchylenie. Skierować wiązkę wychodzącą na biały ekran (może to być kartka papieru). Promień rozszczepia się dając kolorowe widmo po wyjściu z pryzmatu. (Rys 14.) To widmo jest widmem ciągłym, co świadczy, że światło białe składa się z nieskończonej ilości promieni.



Rys. 14. Dyspersja światła białego

S19. Absorpcja kolorów

Cel: Obserwacja absorpcji kolorów

Materiały:

- Źródło z szeroką wiązką i przesłoną o dużej szczelinie
- Pryzmat równoboczny
- Filtry (czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, ciemnoniebieski, fioletowy)

Uwaga: przy braku filtrów można użyć kolorowych folii lub pokolorować przezroczystą folię kolorowymi pisakami.

Wykonanie

Ustawić źródło i pryzmat, aby uzyskać widmo światła białego. Następnie umieścić czerwony filtr przed przesłoną. Obserwować widmo i światło czerwone: można uważać, że światło wychodzące z filtra jest jednobarwne. Przełożyć filtr między pryzmat i ekran, na drodze wiązki kolorowej.

Obserwować części widma odpowiadające innym kolorom niż czerwony.

Powtórzyć doświadczenie, używając innych filtrów, na początku pojedynczych, później kilku na raz.

S20. Interferencja na cienkiej płytce szklanej

Cel: Zaobserwowanie i wyjaśnienie otrzymanych prążków światła

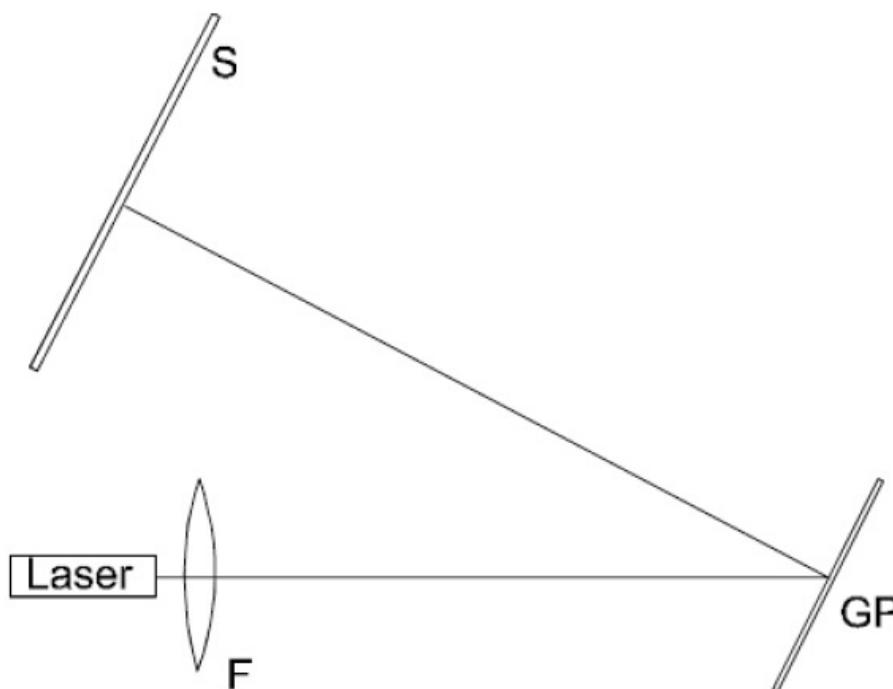
Wymagane przyrządy:



Laser (635 nm), ekran, płytka szklana, podstawka, soczewka.

Sposób wykonania

1. Umieścić laser na podstawce. Promień powinien być równoległy do dłuższego boku podstawki.
2. Umieścić statyw oraz płytkę szklaną na drugim końcu podstawki. Promień lasera powinien być widoczny na szybcie. (Rys.15)
3. Umieścić ekran w rogu naprzeciw płytki.
4. Ustawić statyw szklanej płytki tak, aby promień lasera padał na środek ekranu.
5. Umieścić statyw soczewki wraz z soczewką na wyjściu lasera lub po prostu przystawić soczewkę do lasera w celu uzyskania wiązki rozbieżnej. W celu optymalnego wykorzystania źródła światła, szerokość wiązki nie powinna przekraczać szerokości płytki.
6. Zaobserwuj prążki na ekranie, ustaw ekran tak, aby jak najlepiej obserwować prążki.



Rys. 15. Schemat układu do prezentacji interferencji światła odbitego przez cienką płytkę szklaną: F-soczewka, GP-płytkę szklaną, S-ekran.

S21. Dyfrakcja światła na otworach kwadratowych oraz okrągłych

Cel

Zaobserwowanie dyfrakcji na otworach o różnym kształcie.

Wymagane przyrządy

Laser (635 nm), szczeliny: kwadratowa oraz okrągła, statyw, ekran



Sposób wykonania

1. Umieść kliszę fotograficzną z kwadratowym lub okrągłym otworem na statywie.
2. Umieść statyw pomiędzy laserem a ekranem. Odległość pomiędzy szczeliną a ekranem powinna wynosić co najmniej 50 cm.
3. Zaobserwuj obraz dyfrakcyjny wytwarzany przez różne otwory.
4. Wzór opisujący położenie obręczy przy dyfrakcji na otworze okrągłym jest następujący:

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D} \quad (5)$$

gdzie φ - kąt dyfrakcji, k - rząd dyfrakcji (0,1,2,...), λ - długość fali światła, D - średnica otworu.

S22. Dyfrakcja na siatce dyfrakcyjnej

Cel. Zaobserwować obraz dyfrakcyjny światła na siatce dyfrakcyjnej.

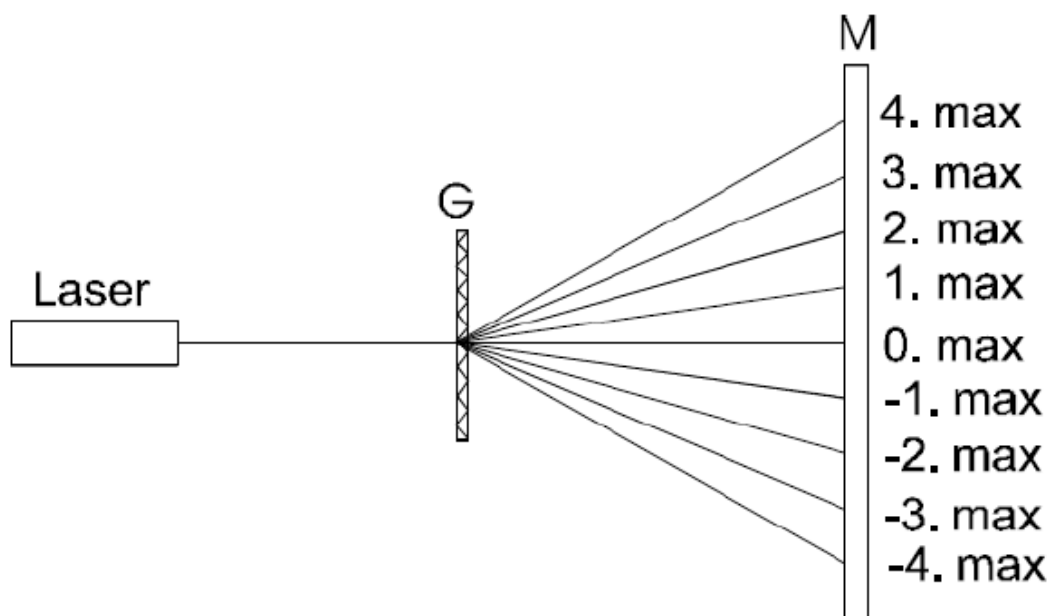
Wymagane przyrządy

Laser, siatki dyfrakcyjne liniowe (G1, G2, G3), siatka dyfrakcyjna w kratkę lub dwie siatki liniowe ustawione prostopadle, statyw, ekran.



Sposób wykonania

1. Ustaw laser oraz ekran naprzeciw siebie, po przeciwnych stronach stołu optycznego.
2. Ustaw siatkę pomiędzy laserem a ekranem. Odległość pomiędzy siatką a ekranem powinna być większa niż 50 cm.



Rys.16. Schemat dyfrakcji. G – siatka dyfrakcyjny, M – ekran.

3. Zaobserwuj obraz dyfrakcyjny. Składa się on z maksimum kolejnych rzędów. Maksimum o rządzie zero jest w miejscu, w którym tworzy się obraz, kiedy nie ma siatki. (Rys 16.) Podobnie, jak przy dyfrakcji na otworach, wzór opisujący położenie maksimum dyfrakcji jest następujący:

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d} \quad (6)$$

gdzie φ - kąt dyfrakcji, m - rząd dyfrakcji (0,1,2,...), λ - długość fali światła, d - stała siatki dyfrakcyjnej.

4. Porównaj obraz uzyskany dla różnych siatek dyfrakcyjnych (G1, G2, G3, G4).

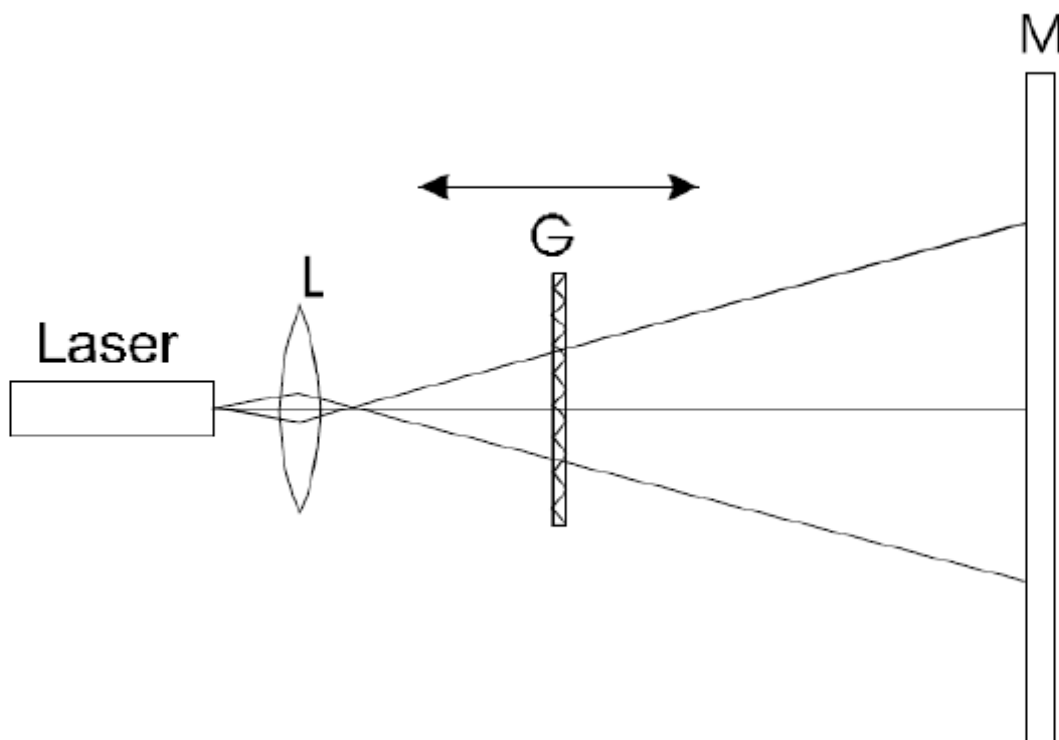
5. Spróbuj użyć dwóch siatek dyfrakcyjnych umieszczonych jedna za drugą. Zbadaj uzyskany obraz.

6. Umieść soczewkę ok. 5 cm od końca lasera. Umieść siatkę dyfrakcyjną za soczewką tak, aby jej większa część była oświetlona przez promień lasera. Przybliżaj siatkę do soczewki i zbadaj zmianę obrazu dyfrakcyjnego. (Rys 17)

7. Powtórz poprzednie doświadczenie zmieniając soczewkę i ponownie poruszając siatkę dyfrakcyjną.

Uwaga:

Unikaj celowania lasera bezpośrednio w oko, unikaj odbić od siatki. Promień lasera odbity przez ekran nie jest groźny.



Rys. 17. Schemat układu do badania dyfrakcji. G – siatka dyfrakcyjna, L – soczewka, M – ekran.

S23. Dyfrakcja, obserwacja obrazów dyfrakcyjnych

Cel. Zaobserwować obraz dyfrakcyjny światła na różnych przedmiotach.

Wymagane przyrządy

Laser, ekran, statyw, szpilka, żyłetki, soczewka, samodzielnie wykonana szczelina (*patrz dodatkowe informacje*)



Sposób wykonania

1. Ustaw laser oraz ekran naprzeciw siebie, po przeciwnych stronach stołu optycznego.
2. Zbadaj obraz dyfrakcyjny na włosie lub szpilce. Umieść go na statywie na drodze promienia lasera
3. Umieść żyłetkę w świetle lasera i zaobserwuj obraz dyfrakcyjny na jej ostrzu.
4. Umieść obok siebie płasko dwie żyłetki tworząc własną szczelinę dyfrakcyjną. Zbadaj wytwarzany przez nią obraz dyfrakcyjny.

Uwaga:

Podczas używania żyłetki zachowaj szczególną ostrożność w celu uniknięcia skaleczeń. Unikaj celowania lasera bezpośrednio w oko, unikaj odbić od żyłetki. Promień lasera odbity przez ekran nie jest groźny.

S24. Polaryzacja światła

Cel

Zbadanie polaryzacji światła

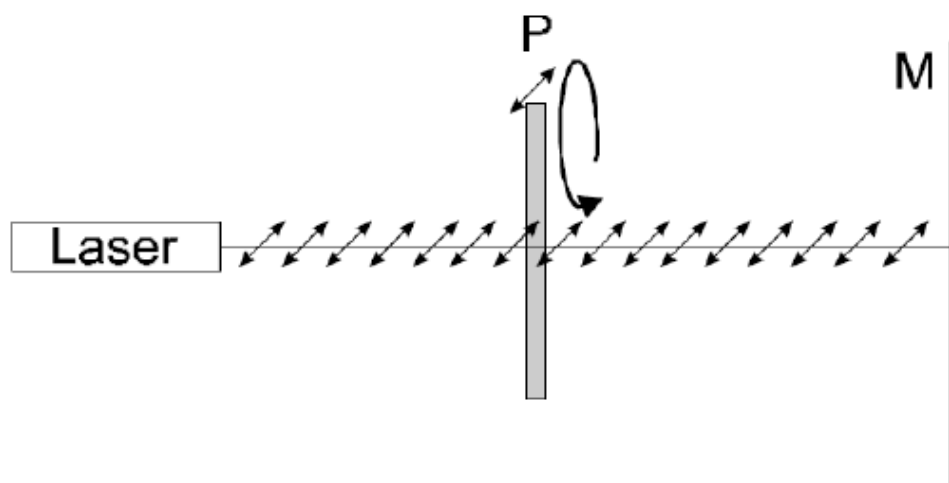
Wymagane przyrządy

Laser (635 nm, światło spolaryzowane liniowo), ekran, filtr polaryzacyjny.



Sposób wykonania

1. Ustaw laser i polaryzator tak jak na rysunku poniżej
2. Przekręć polaryzator dookoła osi optycznej.
3. Zbadaj zmianę intensywności światła na ekranie.



Rys.18. P – polaryzator, M – ekran.

Przy braku polaryzatora, można wykonać to doświadczenie wykorzystując fakt że światło lasera jest spolaryzowane. Natomiast jako analizator można użyć ok. 10 płytek szklanych i skierować promień lasera pod kątem Brewstera uzyskamy wtedy polaryzację przy przejściu przez szkło. Następnie należy obracać laserem bez zmiany kąta i obserwować obraz na ekranie. Będzie wyraźnie widoczna zmiana natężenia światła jednak bardzo trudno będzie uzyskać całkowite wygaszenie. Do obserwacji zmian zamiast ekranu można użyć zwykłej fotodiody podłączonej do miliwoltomierza.

Uwaga

Przy ustawieniu osi polaryzatora w kierunku prostopadłym do wektora E światła lasera nie widać widocznego światła na ekranie. Nie znaczy to jednak, że oczy są chronione przed promieniem lasera. Skierowanie promienia w stronę oka może natychmiast uszkodzić wzrok.

Dodatkowe informacje. Literatura

1. Przedstawione propozycje opisują ćwiczenia wykonywane za pomocą zestawu PIERRON POLSKA. Kuferek optyczny Geo 30. Numer referencyjny: 02348 oraz Zestaw optyczny z laserem. Numer referencyjny: 03132. Można jednak wszystkie ćwiczenia wykonać korzystając z innych dostępnych pomocy.

2. Przy braku pomocy dydaktycznych do wykonania ćwiczeń można takie pomoce wykonać samemu korzystając z instrukcji zamieszczonych na stronach www.

- siatka dyfrakcyjna z płyty CD, spektroskop, szczeliny z żyłek (lub okopconej płytki szklanej i zarysowanej złożoną żyłką) i wiele innych na stronie <http://www.pl.euhou.net/index.php>
- znacznie więcej przykładów, np. światłowodów na stronie angielskojęzycznej <http://www.arvindguptatoys.com/>
- polaryzator (Fizyk domowy polaryzuje światło) na stronie <http://www.interklasa.pl>.

3. Literatura.

- David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, PODSTAWY FIZYKI t.1 -5, PWN
- J. Orear, Fizyka t.1 i 2, WNT
- H. Szydłowski. Pracownia fizyczna
- T. Dryński Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki
- F. Ratajczyk Instrumenty optyczne. PW 2002
- J. Nowak M Zając, Optyka kurs elementarny PW 1998, (podręcznik dostępny ze strony www federacji bibliotek cyfrowych <http://fbc.pionier.net.pl>)
- instrukcje do zestawów www.pierron.com.pl
- ponadto pomocne mogą być inne podręczniki z zakresu optyki, fizyki ogólnej.

PROPOZYCJE ĆWICZEŃ DO WYKONANIA NA UCZELNI

Propozycje ćwiczeń będą aktualizowane w miarę poszerzania bazy aparaturowej pracowni uczelnianych.

Tematyka ćwiczeń laboratoryjnych:

1. Wyznaczenie długości fali świetlnej przy pomocy siatki dyfrakcyjnej.

Wyznaczanie długości fali świetlnej lasera z pomocą siatki dyfrakcyjnej o znanej stałej. Wyznaczanie stałej dla innej siatki dyfrakcyjnej.

2. Badanie interferencji i dyfrakcji promieniowania laserowego oraz pomiar mocy promieniowania.

Obserwacje obrazów interferencyjnych (interferometr Michelsona, układy otworów, szczeliny, przeszkody),. Pomiar mocy w funkcji odległości. Pomiar szerokości szczeliny z obrazu dyfrakcyjnego.

3. Rozchodzenie się impulsu w światłowodzie

Dobór parametrów transmisji, pomiary tłumienności, dyspersji i apertury numerycznej światłowodu.

4. Badanie polaryzacji światła laserowego

Sprawdzanie prawa Malusa, pomiary polaryzacji przez odbicie i załamanie, pomiary stopnia polaryzacji światła lasera półprzewodnikowego.

5. Badanie elementów optoelektronicznych

Pomiary mocy diody laserowej i LED w zależności od prądu, charakterystyki prądowo napięciowe.

U1. Wyznaczenie długości fali świetlnej przy pomocy siatki dyfrakcyjnej.

I. *Zagadnienia do opracowania*

1. Prawa optyki geometrycznej,
2. Siatka dyfrakcyjna. Interferencja fal świetlnych.
3. Laser, budowa zasada działania, własności promieniowania.
4. Przebieg ćwiczenia i sposób opracowania wyników

II. *Literatura*

1. D. Halliday, R. Resnick, Fizyka, PWN, Warszawa.
2. H. Szydłowski, Pracownia fizyczna.
3. T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.

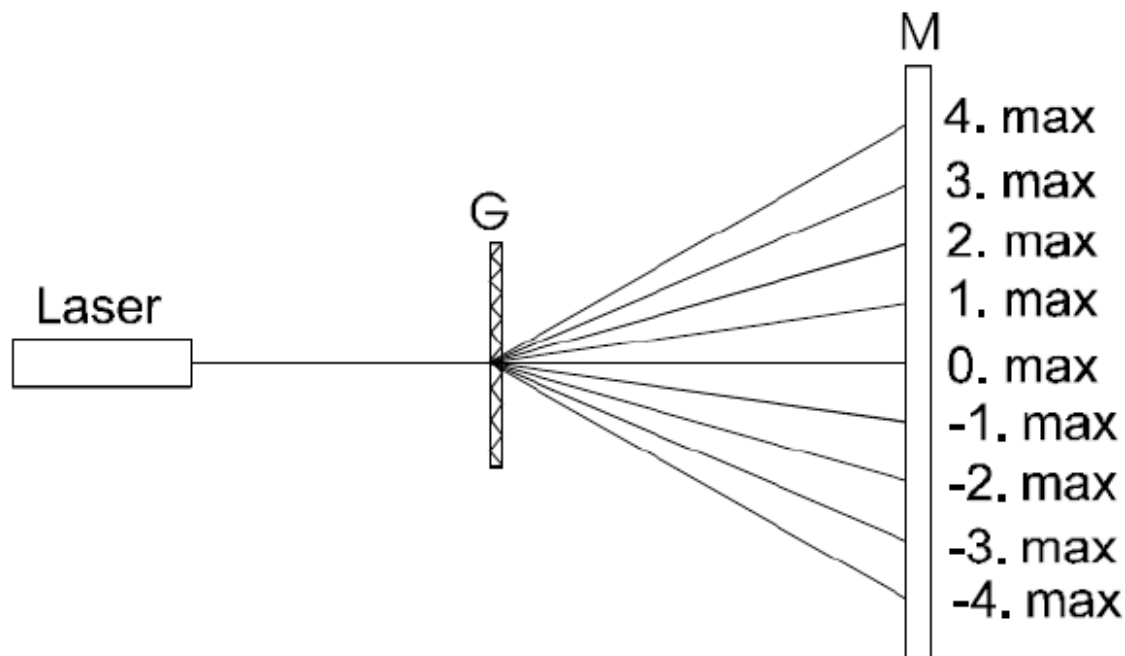
Względy bezpieczeństwa podczas wykonywania ćwiczenia:

Nie wolno patrzeć wprost w wiązkę laserową! Może to spowodować trwałe uszkodzenie oka.



III. *Wykonanie ćwiczenia*

- 1) Ustawić siatkę dyfrakcyjną jak najbliżej lasera i zaobserwować na ekranie prążki interferencyjne, symetryczne po obu stronach obrazu szczeliny. (Rys. U1)
- 2) Zmierzyć odległość między soczewką a ekranem (l), oraz odległość między zerowym a pierwszym prążkiem (x).
- 3) Pomiary wykonać dla prążków wyższych rzędów (m). Wykonać 10 pomiarów.
- 4) Zmienić siatkę dyfrakcyjną na inną o nieznaną stałą i powtórzyć pomiary.



Rys.U1. Schemat dyfrakcji. G – siatka dyfrakcyjny, M – ekran

IV. Opracowanie wyników pomiarów

Kąt przy którym obserwujemy dyfrakcje określa zależność

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d} \quad (7)$$

gdzie φ - kąt dyfrakcji, m - rząd dyfrakcji (0,1,2,...), λ – długość fali światła, d – stała siatki dyfrakcyjnej

1. Obliczyć długość fali promieniowania lasera na podstawie wykonanych pomiarów dla siatki o znanej stałej. $d = 10\mu\text{m}$
2. Wyznaczyć stałą dla drugiej siatki dyfrakcyjnej korzystając z danych doświadczalnych (pkt. 4) i obliczonej długości fali.

U2. Badanie interferencji i dyfrakcji promieniowania laserowego oraz pomiar mocy promieniowania.

I. Zagadnienia teoretyczne

1. Dyfrakcja i interferencja światła
2. Warunki występowania akcji laserowej i zasada działania lasera.
3. Własności promieniowania laserowego.

II. Literatura:

1. F. Kaczmarek - Wstęp do fizyki laserów.
2. J. Stankowski - Wstęp do elektroniki kwantowej
3. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna cz.4.
4. W. Demtroder – Spektroskopia laserowa
5. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, PODSTAWY FIZYKI t.1 -5, PWN

III. Pomiary

Względy bezpieczeństwa podczas wykonywania ćwiczenia:

- ✓ **Nie wolno patrzeć wprost w wiązkę laserową!** Może to spowodować trwałe uszkodzenie oka.
- ✓ **Nie dotykać powierzchni luster ani innych elementów optycznych zestawu**
- ✓ Należy dbać o stabilność mechaniczną układu starając się wyeliminować wszystkie możliwe źródła zakłóceń jak np. trzaskanie drzwiami, drgania lasera itp.
- ✓ Do osłabienia wiązki laserowej wykorzystujemy soczewkę rozpraszającą.



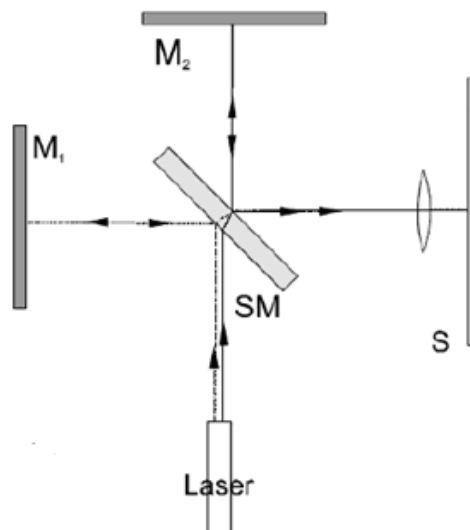
1) Przeprowadzić obserwacje obrazów uzyskanych w wyniku przejścia promieniowania przez:

- ✓ przez układy otworów
- ✓ szczeliny, przeszkody

✓ interferometr Michelsona – rozkład przestrzenny interferencji
Zaobserwowanie obrazu interferencyjnego w interferometrze Michelsona.

Sposób wykonania

1. Umieść laser w połowie dłuższego boku podstawki i skieruj promień równoległe do ekranu (Rys. U2).
2. Umieść zwierciadło M2 naprzeciwko lasera. Upewnij się, że strona nie zawierająca pokrętki skierowana jest w stronę lasera. Skieruj promień lasera na zwierciadło, dopasowując jednocześnie wysokość zwierciadła za pomocą pokrętki.



Rysunek.U2. Schemat interferometru Michelsona: M1, M2 – zwierciadła, SM - płytką półprzepuszczalną, S – ekran, F – soczewka.

3. Umieść płytkę półprzepuszczalną pomiędzy laserem i zwierciadłem M2, jak na rysunku U2. Kąt pomiędzy osią płytki półprzepuszczalnej oraz promieniem lasera powinien wynosić 45° . Poprawne ustawienie płytki jest kluczowe dla doświadczenia.
4. Umieść ekran, jak na rysunku.
5. Ustaw zwierciadło M1 naprzeciw ekranu, po drugiej stronie podstawki.
6. Dopasowując ustawienie lustra M1 (za pomocą jego pokrętki), nałóż na siebie punkty na ekranie. Ustaw te punkty na tej samej wysokości co źródło światła (patrz uwagi).
7. Ustaw soczewkę pomiędzy ekranem a płytką półprzepuszczalną.

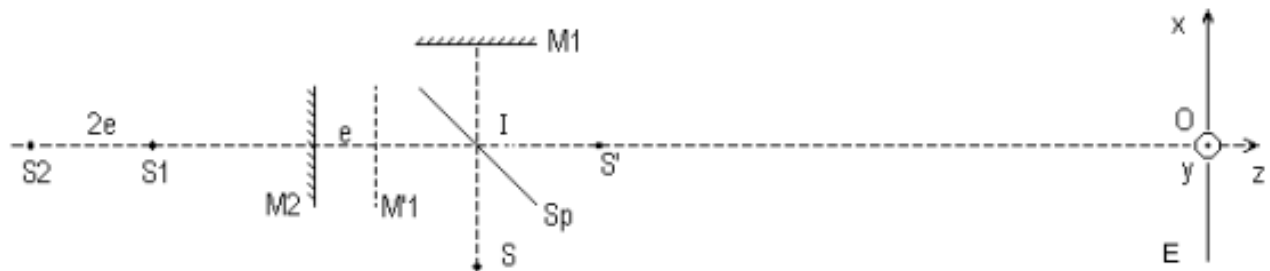
Uwagi:

- Przed rozpoczęciem doświadczenia umyj dokładnie soczewkę, aby zniwelować interferencję wynikającą z zanieczyszczeń i kurzu. Takie dodatkowe interferencje można łatwo zidentyfikować, ponieważ powodują one wytworzenie dodatkowych prążków interferencyjnych.

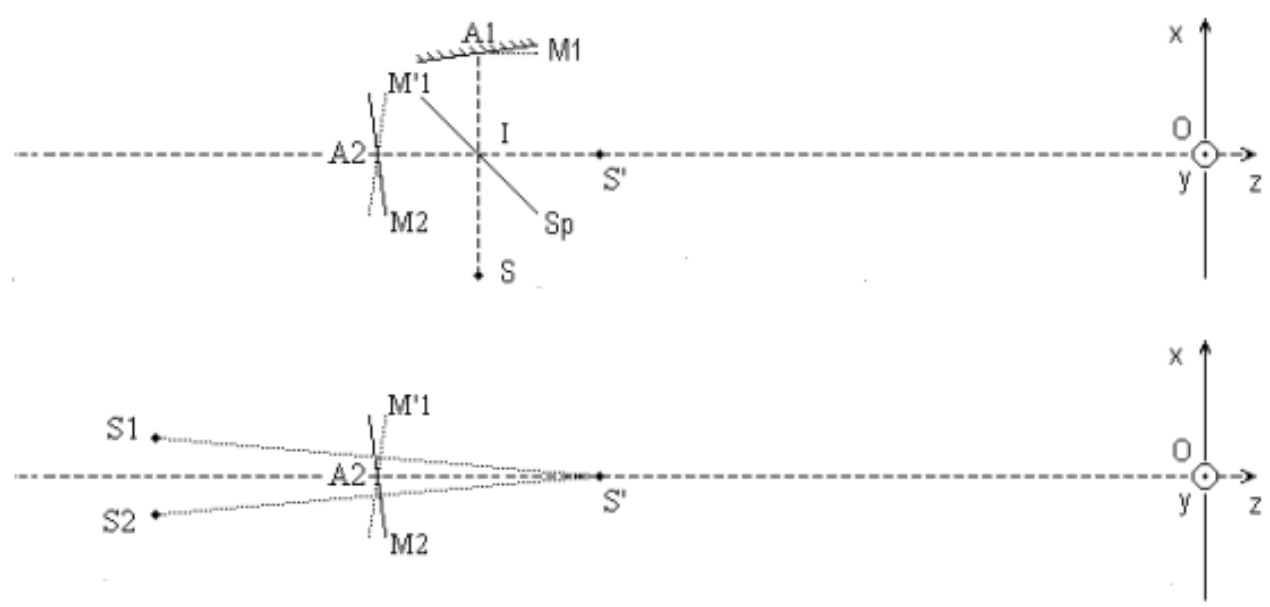
Może powstać także obraz interferencyjny pochodzący od jednego ze zwierciadeł (M1 lub M2). Obraz ten można łatwo zidentyfikować, gdyż wytwarza się on nawet wtedy, gdy jedno zwierciadło jest zasłonięte.

- Przy ustawianiu elementów układu według rysunku., należy pamiętać, aby zwierciadła były ustawione prostopadle. Dla takiego ustawienia otrzymamy na ekranie prążki jednakowego nachylenia. (sferyczne okręgi). Na rysunku U3 przedstawiono pozorne źródła S1 i S2 odpowiadające temu ustawieniu. Natomiast na rysunku U5 przedstawiono obrazy uzyskane z tej konfiguracji - w tym przypadku na ekranie E po prawej stronie.

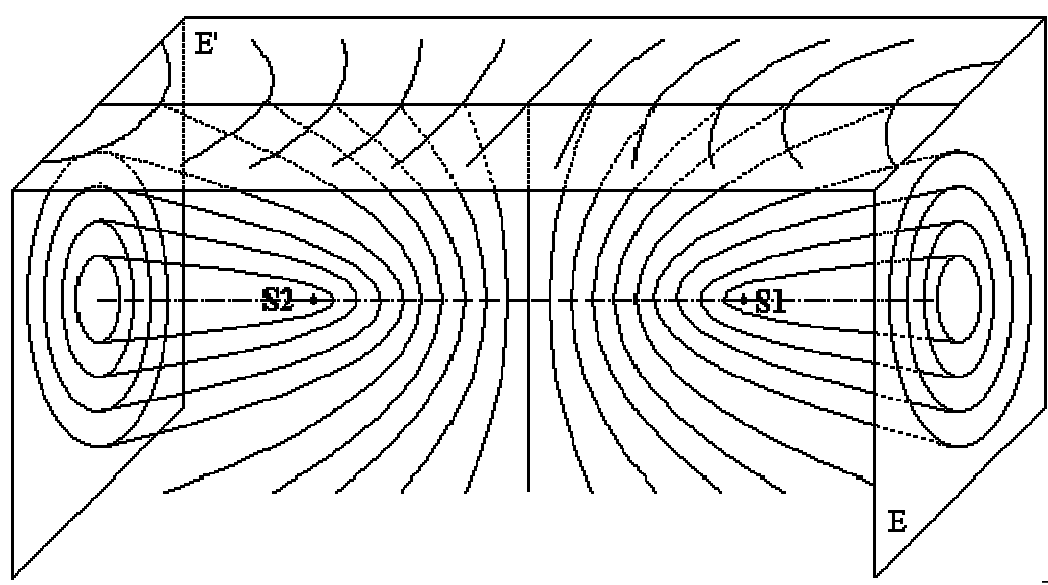
Jeżeli zwierciadła będą ustawione pod pewnym(niewielkim) ale takim samym kątem otrzymamy prążki jednakowej grubości. Na rysunku U4 przedstawiono geometrię układu wraz z pozornymi źródłami S1 i S2. Natomiast uzyskany obraz prążków przedstawia rys U5 i ekran E' umieszczony u góry źródeł. Dla innych ustawień otrzymamy obraz pośredni.



Rys.U3. Geometria dla prążków jednakowego nachylenia.



Rys. U4 Geometria dla prążków jednakowej grubości

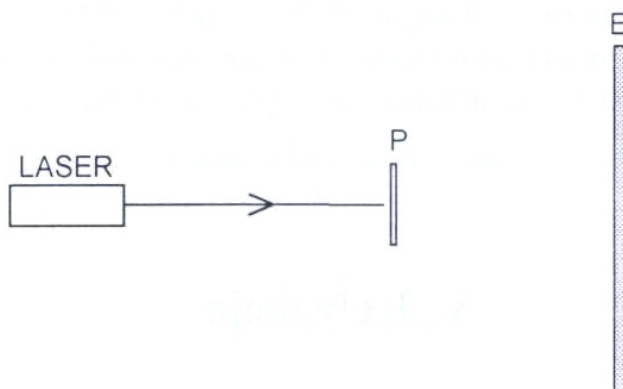


Rys. U5. Przestrzenny rozkład interferencji
 - Z powodu dużej czułości interferometru Michelsona należy ustabilizować stół w celu wyeliminowania wszelkich drgań oraz aby ustawiać przyrządy bez pośpiechu.

2) Przeprowadzić pomiar mocy promieniowania laserowego w funkcji odległości.

3) Wykonać pomiar szerokości szczeliny i grubości drutu

Do układu wstawiamy szczelinę regulowaną (lub ramkę z drutem). Uzyskujemy wyraźny obraz dyfrakcyjny regulując szerokością szczeliny. Wykonujemy pomiar kąta ugięcia (mierzymy odległość między szczeliną a ekranem oraz odległość między prążkami danego rzędu na ekranie) Powtarzamy pomiary kątów ugięcia dla paru rzędów widma szczeliny. Obliczamy szerokość szczeliny lub grubość drutu.



Rys.U6. Pomiar szerokości szczeliny

IV. Opracowanie wyników pomiarów

1. Wykonać wykres mocy lasera w funkcji odległości

2. Obliczyć szerokość szczeliny.

Wzór opisujący położenie obrazu przy dyfrakcji na otworze okrągłym (lub szczelinie) jest następujący:

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D} \quad (8)$$

gdzie φ - kąt dyfrakcji, k - rząd dyfrakcji (0,1,2,...), λ - długość fali światła, D - średnica otworu

U3. Rozchodzenie się impulsu w światłowodzie

I. Zagadnienia teoretyczne

1. Podstawy optyki geometrycznej.
2. Budowa, zasada działania i rodzaje światłowodów.
3. Dyspersja światłowodu.
4. Detektory światła.
5. Zasady obsługi oscyloskopu.

II. Literatura:

1. B. Ziętek, Optoelektronika, Wydawnictwo UMK, Toruń 2004.
2. R. Józwicki – Optyka Instrumentalna
3. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna cz.4.
4. A. Pawlaczyk, Elementy i układy optoelektroniczne.
5. F. Kaczmarek – „Wstęp do fizyki laserów”
6. A. Pawlaczyk – „Elementy i układy optoelektroniczne”
7. Instrukcja obsługi oscyloskopu i generatora.

III. Pomiary

Względy bezpieczeństwa podczas wykonywania ćwiczenia:

- ✓ **Nie wolno patrzeć wprost w wiązkę laserową!** Może to spowodować trwałe uszkodzenie oka.
- ✓ **Nie dotykać powierzchni lusterek ani innych elementów optycznych zestawu**



a) przyrządy

- ✓ generator,
- ✓ oscyloskop,
- ✓ detektor (fotodioda),
- ✓ światłowód,
- ✓ moduł laserowy wyzwalany impulsowo,
- ✓ miernik mocy,
- ✓ zasilacz,
- ✓ statyw,
- ✓ szyna ze stolikiem.

b) pomiary

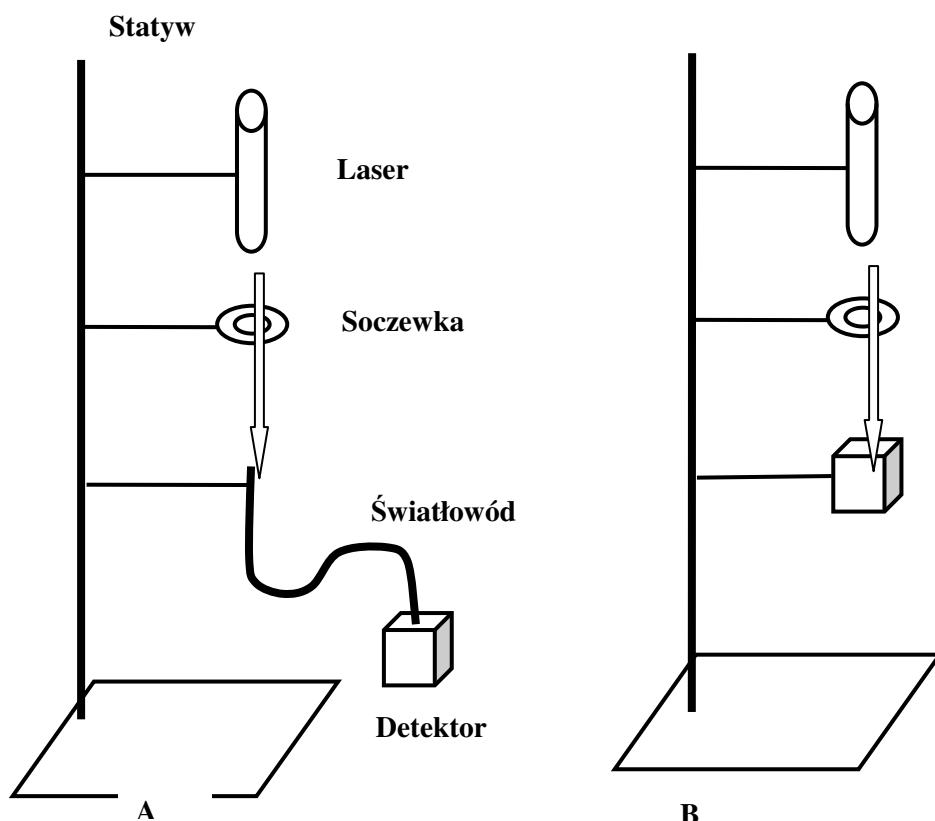
1) Dobrać parametry pracy lasera (napięcie zasilania, impuls wyzwalający- trójkąt).

Na generatorze ustalić następujące wartości : amplituda 5V, impuls wyzwalający w postaci trójkąta, częstotliwość początkowa 10Hz (można zaobserwować poprawność działania wyzwalania, obserwując świecenie lasera), następnie zwiększamy do 3kHz, ponadto na zasilaczu lasera ustawić napięcie zasilania 4V.

2) Wykonać pomiary tłumienności światłowodu.

Za pomocą soczewki skupiającej skorygować sprzęgnięcie światłowodu ze źródłem światła o wartości współczynnika sprzężenia w przybliżeniu równym 1, schemat blokowy układu pomiarowego przedstawia rys. U7. Za pomocą detektora wykonać pomiary mocy wejściowej

(rys U7B) i wyjściowej światłowodu (rys U7A). Jako detektora można użyć miernika mocy lasera lub fotodiody.

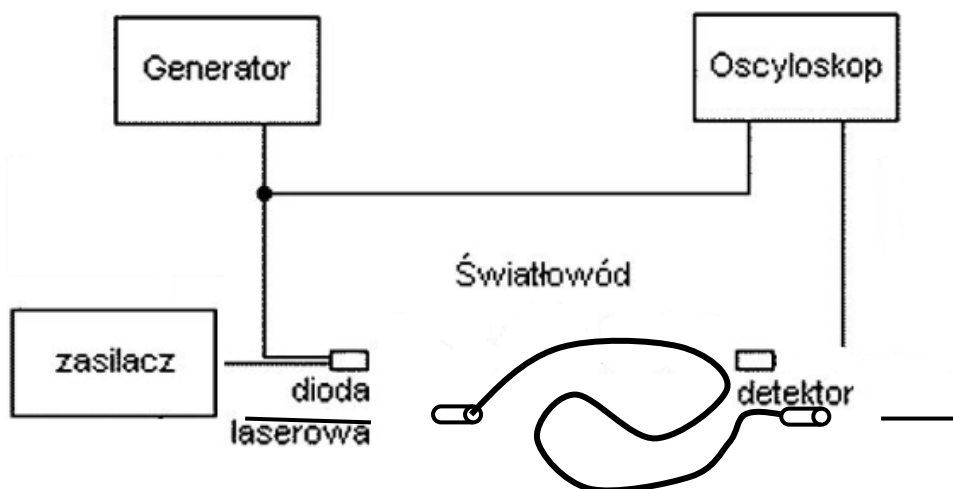


Rys. U7. Schemat blokowy.

Przy rozłączaniu światłowodu z fotodiодą należy zachować ostrożność.

3) Przeprowadzić pomiar poszerzenia impulsu w światłowodzie.

Do pomiarów kształtu impulsu wykorzystać schemat blokowy przedstawiony na rys. U8. Jako detektora używamy fotodiody. Mierzmy parametry sygnału przed wprowadzeniem do światłowodu (rys. U7B) i na wyjściu światłowodu (rys U7A). Wykonać rysunki otrzymanych impulsów.



Rys. U8. Schemat połączeń do pomiarów kształtu impulsu.

Uwaga!

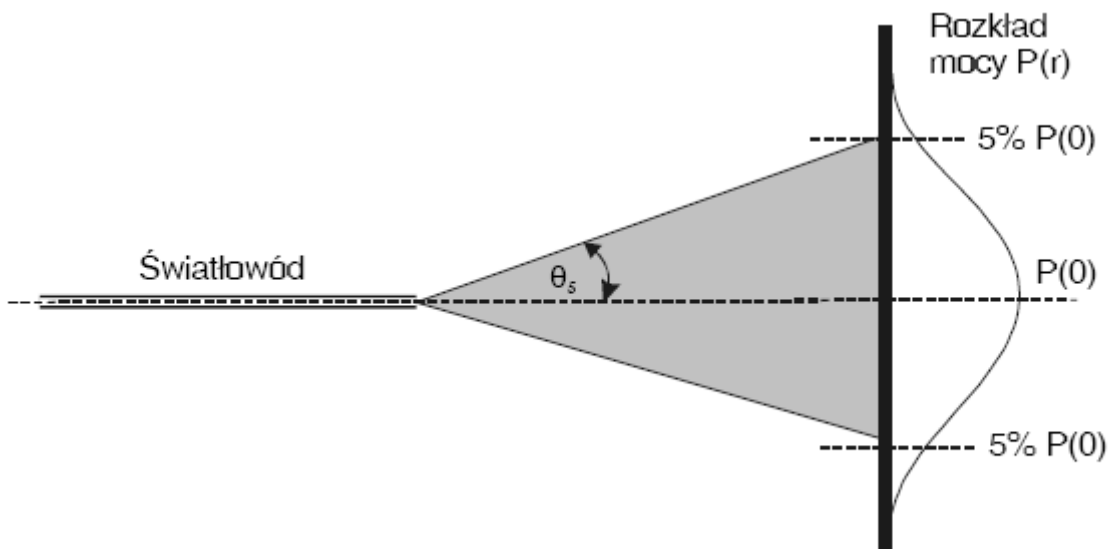
Dioda laserowa zasilana napięciem rzędu – 4 V.

Napięcie wyzwalające rzędu 5V

Nie przykładać napięcia powyżej 5 V

4) Pomiar apertury numerycznej.

Pomiar apertury numerycznej wykonać na podstawie schematu przedstawionego na rys.U9.



Rys. U9. Schemat pomiaru apertury numerycznej.

Końcówkę światłowodu mocujemy na stoliku przesuwym (regulacja xy), i ustawiamy miernik mocy naprzeciwko światłowodu (tak aby dotykał końcówki), następnie za pomocą przesuwu x odsuwamy światłowod na 3 cm (około) i przesuwając w kierunku y odczytujemy wskazania miernika mocy co 0,5 mm. Wyniki zapisujemy w tabeli i sporządzamy wykres mocy $P(y)$

IV. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć współczynnik tłumienności światłowodu

$$\alpha = \frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_0}{P} \right) \quad (9)$$

2. Obliczamy aperturę numeryczną światłowodu.

U4. Badanie polaryzacji światła laserowego

I. Zagadnienia teoretyczne

- 1). Zjawiska falowe światła.
- 2). Polaryzacja światła.

II. Literatura:

- 1.F. Kaczmarek - Wstęp do fizyki laserów.
- 2.S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna cz.4.
- 3.T. Mroziewicz, Lasery półprzewodnikowe
4. R. Resnick, D. Halliday, FIZYKA, PWN (1994)

III. Pomiary

Względy bezpieczeństwa podczas wykonywania ćwiczenia:

- ✓ **Nie wolno patrzeć wprost w wiązkę laserową!** Może to spowodować trwałe uszkodzenie oka.
- ✓ **Nie dotykać powierzchni lusterek ani innych elementów optycznych zestawu**



c) pomiary

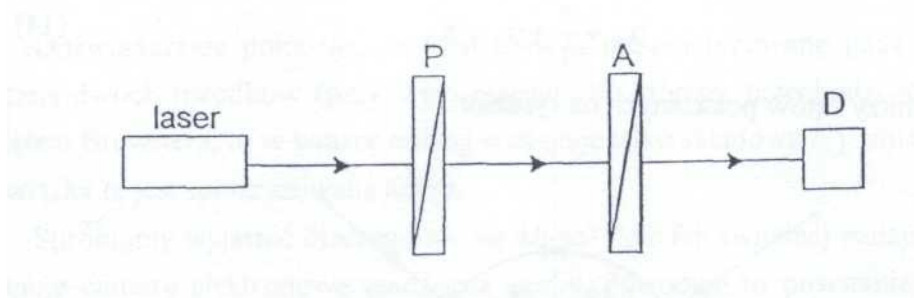
a) sprawdzanie prawa Malusa

Przyrządy:

- ◆ laser półprzewodnikowy,
- ◆ dwa polaroidy (w tym jeden z podziałką kątową),
- ◆ układ detekcyjny (ewentualnie ekran).

Wykonanie.

1. Zbudować układ pokazany na rysunku U10. W przypadku braku fotodetektora można zastąpić go ekranem i ograniczyć się do jakościowej analizy zjawisk.



Rys. U10 Schemat układu pomiarowego do sprawdzenia prawa Malusa; P-polaryzator, A-analizator z podziałką kątową, D-układ detekcyjny.

2. Ustawić osie polaryzatorów równoległe względem siebie. W tym celu obracać analizatorem, aż do uzyskania największej wartości natężenia na mierniku (lub maksymalnego rozjaśnienia plamki na ekranie).

3. Zmieniać położenia osi polaryzacji analizatora względem polaryzatora. Za każdym razem odczytać wartość natężenia przechodzącego światła. Sprawdzić zgodność pomiarów z prawem Malusa. Pomiarów wykonać co kilka stopni w zakresie 180°

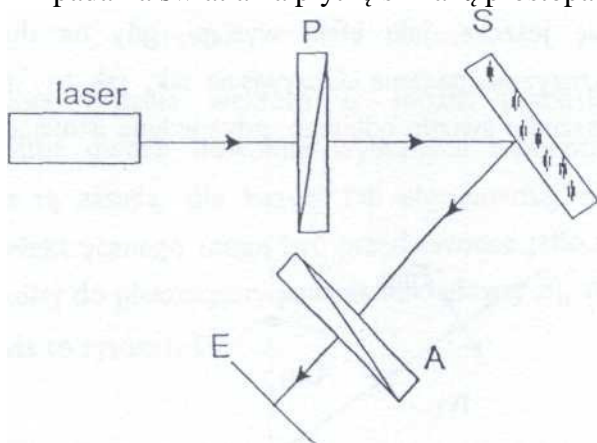
b) polaryzacja przez odbicie

Przyrządy

- ◆ laser półprzewodnikowy,
- ◆ 2 polaroidy,
- ◆ płytka szklana,
- ◆ ekran.

Wykonanie

1. Korzystając z prawa Brewstera wyznaczyć przybliżoną wartość kąta α_B całkowitej polaryzacji dla szkła. Przyjąć współczynnik załamania dla szkła $n = 1,5$.
2. Zbudować układ zgodnie z poniższym schematem (rys. U11). Ważne jest, aby płaszczyzny polaroidów były prostopadłe do wiązki laserowej, a płaszczyzna padania światła na płytkę szklaną prostopadła do osi polaroidów.



Rys.U11 Schemat stanowiska obserwacyjnego: P - polaryzator, S - płytka szklana, A - analizator, E - ekran.

Warunek ten można łatwo spełnić zestawiając stanowisko w ten sposób, aby wiązki wychodząca z lasera i padająca na ekran były na tej samej wysokości względem stołu.

3. Zaobserwować, jaki jest stan polaryzacji na wyjściu przy kilku kątach oświetlenia płytki, ale różnych od α_B . Na ekranie podczas obrotu analizatora powinny być widoczne wyraźne rozjaśnienia i zaciemnienia.

4. Usunąć analizator. Ustalić kąt padania wiązki laserowej tak, aby był bliski kątowi α_B , wyznaczonemu w punkcie 1. Obracając polaryzator obserwować ekran. W przypadku, gdy nie nastąpi zniknięcie plamki świetlnej zmienić minimalnie kąt padania i powtórzyć operację z polaroidem. Postępując w ten sposób, doprowadzić do wygaszenia światła na ekranie. Kąt ten, przy którym to nastąpi, będzie szukanym kątem Brewstera.

Uwaga! Praktycznie wygaszenie całkowite wiązki jest niemożliwe, gdyż polaroid nie jest idealny.

5. Oświetlić płytkę szklaną wiązką niespolaryzowaną, usuwając z układu polaryzator. Wstawić analizator. Zbadać polaryzację światła padającego na ekran. Plamka świetlna powinna zachowywać się tak, jak w punkcie 3, gdyż wiązka odbita od szkła będzie liniowo spolaryzowana.
6. Wstawić polaryzator między laser a płytkę szklaną, usunąć analizator. Określić kierunek polaryzacji fali świetlnej przepuszczanej przez polaroid metodą sprowadzenia plamki świetlnej do zera.

c) polaryzacja przez załamanie

Przyrządy.

- ◆ laser półprzewodnikowy,
- ◆ dwa polaroidy,
- ◆ szkiełka laboratoryjne,
- ◆ ekran.

Wykonanie.

1. Postępując zgodnie z punktami 1; 2 i 4 z części dotyczącej polaryzacji przez załamanie, oświetlić płytkę szklaną pod kątem Brewstera.
2. Przebudować stanowisko zgodnie ze schematem z rysunku U12- Nie zmieniać położenia szkła względem wiązki laserowej.



Rys.U12 Schemat stanowiska obserwacyjnego; A-analizator, E-ekran.

3. Zwiększać liczbę płytek szklanych, analizując każdorazowo stan polaryzacji światła na wyjściu. Doprowadzić do wygaszenia plamki na ekranie, świadczącego o liniowej polaryzacji wiązki załamanej przez szkło. Uwaga! Do obserwacji zmian natężenia światła można użyć fotodetektora. Otrzymane wartości umieścić w tabeli.

IV. *Opracowanie wyników pomiarów*

1. Przeprowadzić obliczenia teoretyczne dla prawa Malusa
2. Wykonać wykresy uzyskanych wyników.

U5. Badanie elementów optoelektronicznych

I. Zagadnienia teoretyczne

1. Dioda półprzewodnikowa, fotodioda, fotoogniwo.
2. Dioda elektroluminescencyjna LED.
3. Budowa i zasada działania lasera półprzewodnikowego.

II. Literatura:

1. F. Kaczmarek - Wstęp do fizyki laserów.
2. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna cz.4.
3. T. Mroziewicz, Lasery półprzewodnikowe
4. R. Resnick, D. Halliday, FIZYKA, PWN (1994)
5. K. Shimoda - Wstęp do fizyki laserów

III. Pomiary

Względy bezpieczeństwa podczas wykonywania ćwiczenia:

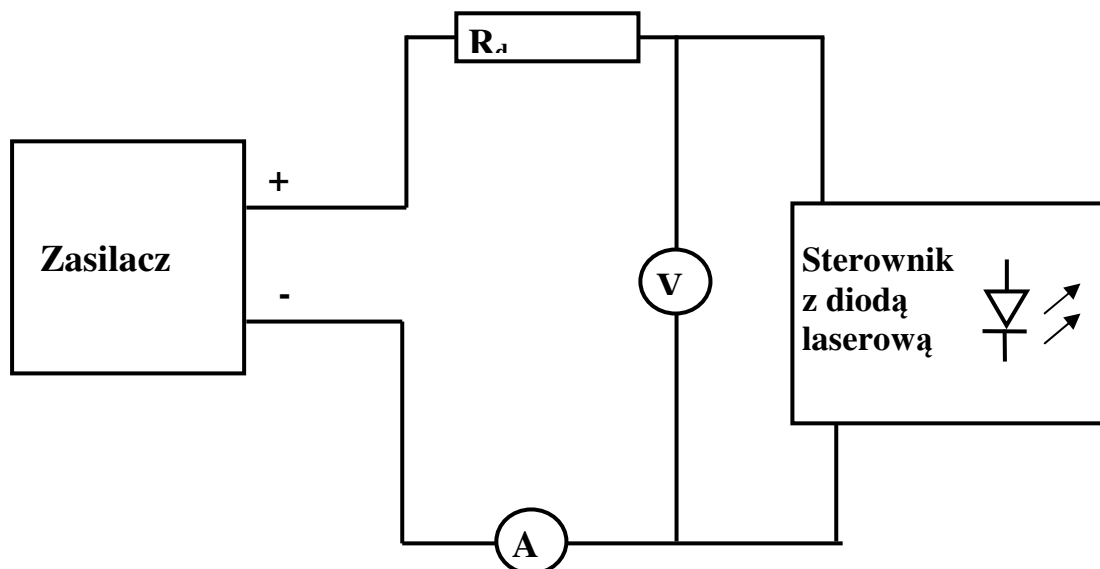
- ✓ **Nie wolno patrzeć wprost w wiązkę laserową!** Może to spowodować trwałe uszkodzenie oka.
- ✓ **Nie dotykać powierzchni lusterek ani innych elementów optycznych zestawu**



a) przyrządy

- ✓ dioda laserowa ze sterownikiem
- ✓ miernik mocy lasera ML 12
- ✓ zasilacz,
- ✓ miernik cyfrowy
- ✓ szyna, uchwyty

b) pomiary



Rys. U13 Schemat połączeń.

1. Wykonać pomiar mocy wyjściowej diody laserowej dla różnych prądów zasilania w zakresie od 0 do 5V, dla prądów rosnących i malejących z uwzględnieniem progu akcji laserowej (przy napięciu około 4 V). Napięcie zmieniać co 0.1 V w zakresie od 3,5V do 5 V poniżej 3,5 co 0.5V. Przeanalizować czy układ połączeń jest zgodny ze schematem zamieszczonym na rys U13. Miernik mocy lasera ustawić możliwie blisko diody laserowej. (Opór dekadowy ustawić na 0). Mierzmy natężenie prądu, napięcie oraz moc za pomocą miernika mocy lasera. Wszystkie wyniki zapisujemy w tabeli.

2. Zastępujemy diodę laserową w obwodzie diodą elektroluminescencyjną LED. Następnie wykonujemy pomiary analogicznie do poprzednich. Mierzmy natężenie prądu, napięcie oraz moc za pomocą miernika mocy lasera. Wszystkie wyniki zapisujemy w tabeli.

IV. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć sprawność kwantową dla diody laserowej.

$$\eta_q = \frac{eP}{h\nu I} \quad (10)$$

gdzie; P – moc promieniowania, h – stała Plancka, ν – częstotliwość generowanego promieniowania, I – prąd doprowadzony do diody, e – ładunek elektronu.)

2. Wykonać charakterystyki dla diody laserowej i diody LED.

3. Określić próg akcji laserowej na podstawie otrzymanego wykresu.

LITERATURA

- F. Kaczmarek - Wstęp do fizyki laserów.
- David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, PODSTAWY FIZYKI t.1 -5, PWN
- J. Orear, Fizyka t.1 i 2, WNT
- B. Ziętek, Optoelektronika, Wydawnictwo UMK, Toruń 2004.
- R. Józwicki – Optyka Instrumentalna
- H. Szydłowski. Pracownia fizyczna
- T. Dryński Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki
- F. Ratajczyk Instrumenty optyczne. PW 2002
- J. Nowak, M Zając, Optyka kurs elementarny PW 1998, (podręcznik dostępny ze strony www federacji bibliotek cyfrowych <http://fbc.pionier.net.pl>)
- instrukcje do zestawów PIERRON www.pierron.com.pl oraz zestawu optoelektronicznego ZO1 Instytutu Maszyn Matematycznych