



SPRAWDZENIE PRAWA MALUSA I KINO 3D

1

UWAGA: W trakcie konfiguracji układów pomiarowych Studenci są zobowiązani do zachowania szczególnej ostrożności podczas bezpośredniego kontaktu ze wszystkimi elementami optycznymi w celu ich zabezpieczenia przed uszkodzeniem (m.in. należy sprawdzić stabilność zamocowania elementów). Nie należy dotykać powierzchni tych elementów optycznych powodujących ich zabrudzenie.

Studenci są odpowiedzialni materialnie za uszkodzenie lub zniszczenie elementów optycznych z własnej winy.

Studenci są zobowiązani sprawdzić (przed i po wykonaniu ćwiczenia), czy liczba powierzonych elementów jest taka sama.

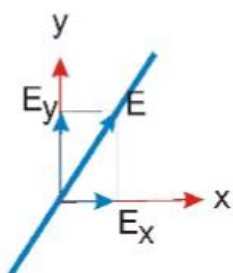
CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskiem polaryzacji światła, metodami polaryzacji i zastosowaniem światła spolaryzowanego. Wykonywane pomiary pozwalają na weryfikację jednego z fundamentalnych praw dotyczących polaryzacji, a mianowicie prawa Malusa.

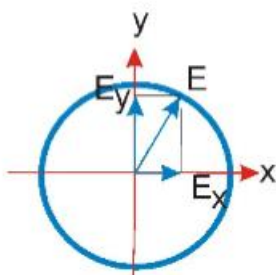
Polaryzacja

Fale elektromagnetyczne są falami poprzecznymi, co oznacza, że oscylują one prostopadle do ich kierunku propagacji. Kierunek tej oscylacji, a ściślej kierunek pola elektrycznego, nazywany jest kierunkiem polaryzacji. Jeśli pole oscyluje w sposób nieorganizowany, wówczas nazywane jest ono światłem niepolaryzowanym. Dla polaryzacji rozróżniamy trzy możliwe przypadki: jeśli fala zawsze oscyluje tylko w jednym kierunku, wówczas mówimy o polaryzacji liniowej. Jeśli wektor pola elektrycznego rysuje okrągły korkociąg wokół kierunku propagacji, wówczas nazywamy to polaryzacją okrężną. Wszystkie inne przypadki spolaryzowanego światła są następnie spolaryzowane eliptycznie, co oznacza, że wektor pola opisuje elipsę wokół kierunku propagacji.

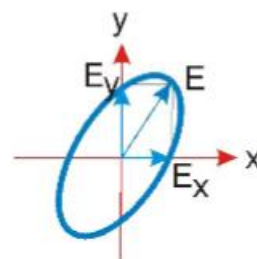
Polaryzacja liniowa



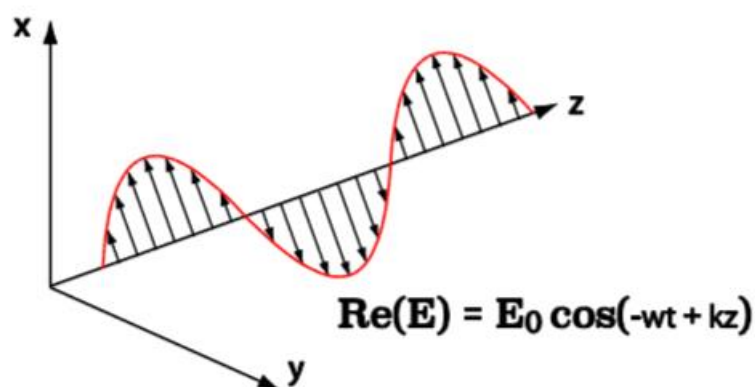
Polaryzacja kołowa



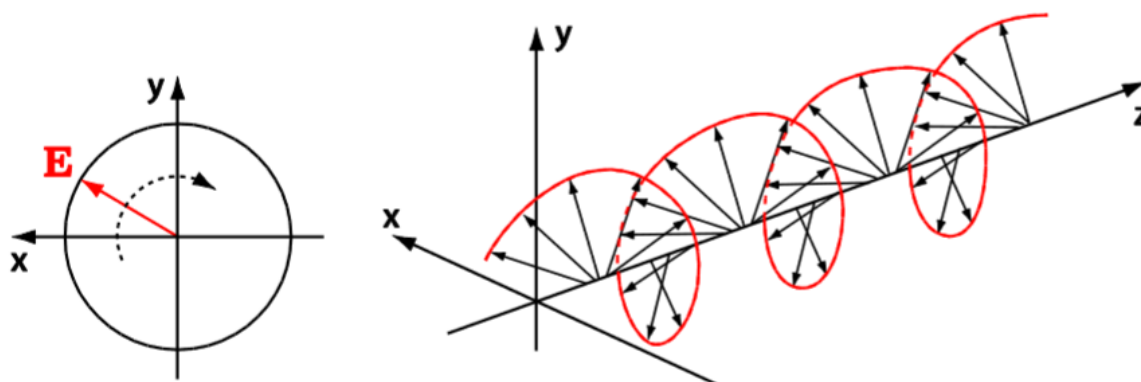
Polaryzacja eliptyczna



Rysunek 1 przedstawia rzeczywistą część pola elektrycznego w określonym czasie.



Rys. 2



Rysunek 3 Rzut wektora pola elektrycznego w świetle spolaryzowanym kołowo lewostronnie.

Prawo Malusa opisuje jak zmienia się natężenie I wiązki światła spolaryzowanego liniowo po przejściu przez polaryzator. Zależność ta ma postać: $(I = I_0 \cos^2 \varphi)$ gdzie: I_0 jest natężeniem fali padającej na polaryzator, a φ - kątem między płaszczyzną polaryzacji światła padającego i płaszczyzną polaryzacji polaryzatora. A zatem, natężenie światła

spolaryzowanego liniowo transmitowanego przez polaryzator jest równe iloczynowi natężenia światła padającego na polaryzator i kwadratu cosinusa kąta utworzonego między płaszczyzną polaryzacji światła padającego a płaszczyzną polaryzacji polaryzatora. Ponadto, intensywność natężenia wiązki światła jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy pola elektrycznego .

Układ eksperymentalny składa się ze źródła światła, polaryzatora, analizatora i miernika mocy z fotodiodą. Polaryzator i analizator są umieszczone w obrotowych oprawach z naniesionymi podziałkami kątowymi. Wiązka światła emitowanego przez źródło przechodzi kolejno przez polaryzator i analizator, po czym pada na powierzchnię fotodiody, wskutek czego w obwodzie fotodiody płynie prąd. Wartość natężenia prądu, proporcjonalną do strumienia świetlnego, odczytuje się przy pomocy miernika.

Przebieg ćwiczenia

Włączamy zasilanie źródła światła i miernik. Pomiędzy źródłem a fotodiodą umieszczamy sam polaryzator na skali polaryzatora ustawiamy 0° obracając polaryzator co $= 5^\circ$ w lewą stronę sprawdzamy, czy światło emitowane przez źródło jest spolaryzowane (wyniki zapisujemy w tabeli) Powtarzamy powyższą czynność obracając polaryzator w prawą stronę

Pomiędzy polaryzatorem a fotodiodą umieszczamy analizator obracając polaryzator znajdujemy takie jego położenie, przy którym miernik pokazuje maksymalną wartość natężenia prądu (dla tego położenia przyjmujemy: $\varphi = 0^\circ$, $I = I_0$) obracając analizator co $= 5^\circ$ w lewą stronę zapisujemy dla każdego położenia wartość natężenia prądu I (wyniki zapisujemy w tabeli) powtarzamy powyższą czynność obracając analizator w prawą stronę.

Opracowanie wyników na podstawie tabeli określamy, czy światło emitowane przez źródło jest spolaryzowane wyniki zebrane w tabeli przedstawiamy na wykresie w prostokątnym układzie współrzędnych (oś odciętych: kąt φ ; oś rzędnych: natężenie prądu I) na tym samym rysunku wykreślamy trzy krzywe teoretyczne

a) $I_1 = I_0 \cos \varphi$

b) $I_2 = I_0 \cos^2 \varphi$

c) $I_3 = I_0 \cos^3 \varphi$

sprawdzamy, która z nich najlepiej przybliży wyniki eksperymentu

2. Skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła w cieczach

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika skręcenia właściwego płaszczyzny polaryzacji światła dla wodnego roztworu cukru.

Przebieg doświadczenia

Zanotować dokładność odczytu położenia kąтового analizatora. Zanotować długość drogi światła w cieczy (długość kuwety). Sporządzić kilka roztworów wodnych cukru (sacharozy $C_{12}H_{22}O_{11}$) o stężeniach ci mniejszych niż 15%. Wyznaczyć „zero” polarymetru, czyli położenie kątowe analizatora, przy którym występuje jednakowe oświetlenie całego pola widzenia. Pomiar ten należy wykonać z kuwetą nie zawierającą cieczy. Wstawić kuwetę z wodą destylowaną i dziesięciokrotnie zmierzyć położenie kątowe analizatora, przy którym występuje jednakowe oświetlenie całego pola widzenia. Czysta woda nie skręca płaszczyzny polaryzacji, więc otrzymana wartość położenia kąтового powinna być bliska zeru. Odczyt ten powinien pokrywać się z wyznaczonym „zerem” polarymetru. Dla sporządzonych uprzednio roztworów wodnych cukru wykonać pomiary położenia kąтового analizatora w pozycji jednakowego oświetlenia całego pola widzenia (każdy pomiar wykonać dziesięć razy). Na końcu wykonać pomiary dla wodnego roztworu cukru o nieznanym stężeniu c_x .

Opracowanie wyników

Przeliczyć stężenia przygotowanych roztworów ze stężeń procentowych na potrzebne stężenia ci w jednostkach kg/m^3 . Gęstości wodnych roztworów cukru znajdują się w tabeli.

Tabela Gęstość wodnego roztworu cukru (sacharozy $C_{12}H_{22}O_{11}$) w temperaturze $20^\circ C$ w zależności od jego stężenia procentowego m cukru/ m roztworu $\cdot 100\%$

Stężenie [%]	Gęstość [kg/m^3]	Stężenie [%]	Gęstość [kg/m^3]	Stężenie [%]	Gęstość [kg/m^3]	Stężenie [%]	Gęstość [kg/m^3]
0	998.2	4	1013.8	8	1029.9	12	1046.5
1	1002.1	5	1017.8	9	1034.0	13	1050.7
2	1006.0	6	1021.8	10	1038.1	14	1054.9
3	1009.9	7	1025.9	11	1042.3	15	1059.2

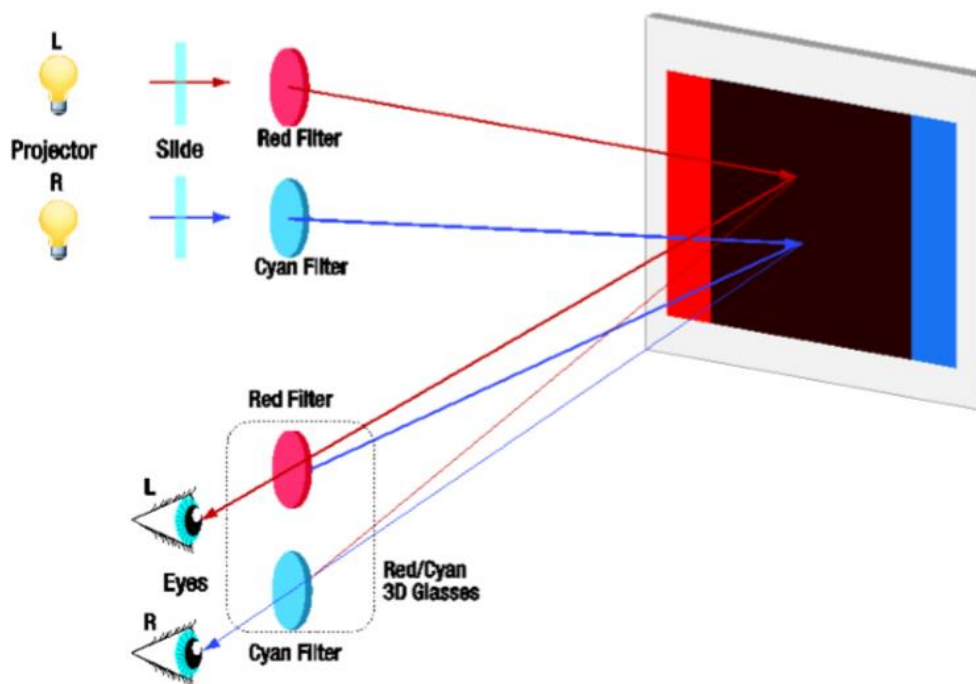
Dla każdego stężenia obliczyć średni kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła α_i (średnie) (różnica pomiędzy położeniem kątowym analizatora dla danego roztworu i dla wody destylowanej). Wykonać wykres zależności α_i (średnie) (ci). Metodą regresji liniowej dopasować prostą α_i (średnie) = $A c_i + B$ i z wartości A wyznaczyć współczynnik α_0 wraz z niepewnością pomiarową. Porównać otrzymaną wartość z danymi tablicowymi.

Korzystając z otrzymanych wyników wyznaczyć stężenie roztworu c_x .

KINO 3D

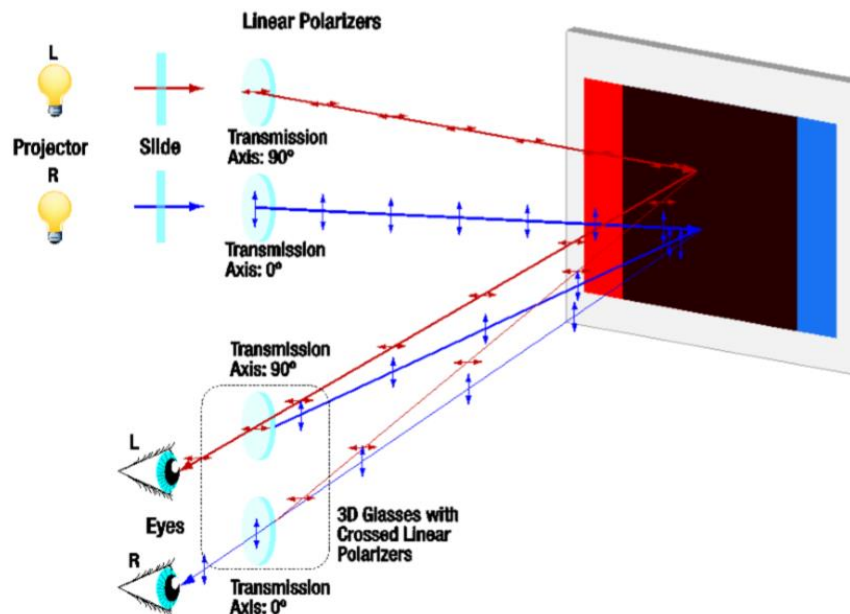
Idea podstawowa Termin "stereoskopia" odnosi się do efektu, w którym prawidłowe nałożenie dwóch obrazów może prowadzić do poczucia głębi. Zdolność osoby do postrzegania głębi opiera się na fakcie, że każde oko przyjmuje jeden obraz tego samego środowiska, ale z nieco innej perspektywy. Z tych różnych perspektyw mózg oblicza trójwymiarową pozycję obiektu względem widza. Podstawową zasadą każdego wyświetlacza 3D (filmy lub obrazy) jest kierowanie dwóch obrazów uchwyconych z różnych perspektyw do oczu widza, przy czym tylko jeden obraz wchodzi do każdego oka. Analogicznie do normalnego widzenia, mózg konstruuje wrażenie głębi z dwóch różnych obrazów.

Dość prosta technologia anaglifowa opiera się na kolorowaniu dwóch różnych obrazów i patrzeniu widza na superpozycję obu obrazów przez kolorowe filtry. Obrazy są oświetlane od tyłu lampą szerokopasmową, a następnie przed każdym obrazem umieszczany jest filtr.



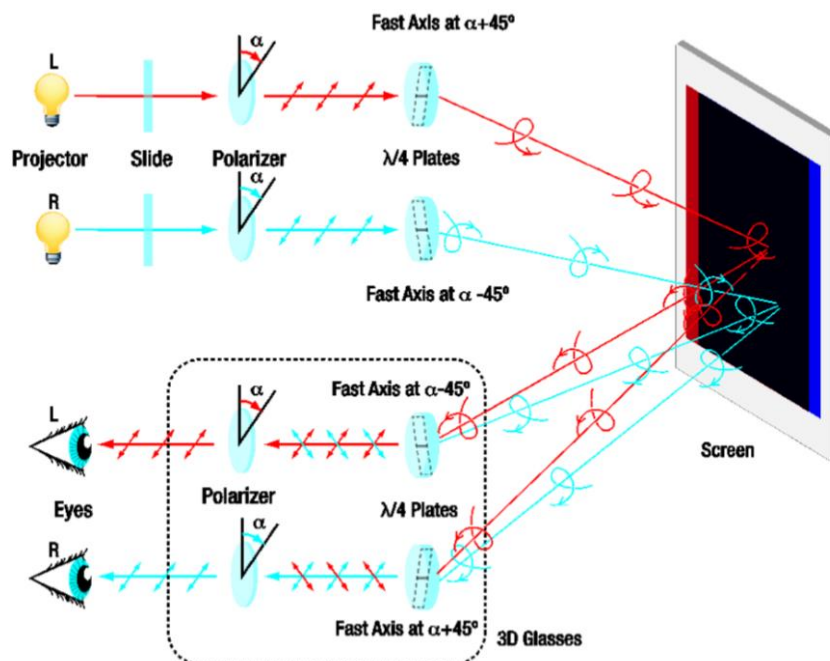
Więc teraz jeden obraz na ekranie jest niebieski, a drugi czerwony. Umieszczając odpowiedni filtr przed oczami (w tym przypadku czerwono-niebieskie okulary), tylko jeden obraz dociera do każdego oka - drugi obraz znajduje się w zakresie widmowym, który jest filtrowany przez filtr. Obecnie opracowano różne metody techniczne, każda z nich wykorzystuje inne filtry kolorowe, na przykład czerwono-niebieski, niebiesko-żółty i zielono-magenta.

Problem z technologią 3D wykorzystującą filtry kolorowe jest oczywisty - zawsze jesteś ograniczony pod względem postrzegania kolorów przez filtr. Alternatywny typ technologii 3D omija ten problem, transportując informacje do różnych oczu za pomocą polaryzacji światła, a nie jego długości fali. W tym celu stosuje się pary polaryzatorów, jeden z poziomą osią transmisyjną, a drugi z pionową osią transmisyjną, jak pokazano na rysunku.



Światło z każdej lampy przechodzi przez jeden z filtrów, dzięki czemu są one prostopadle spolaryzowane do siebie. Następnie światło dociera do ekranu - tutaj istotne jest, aby odbite światło zachowało swój stan polaryzacji! W tym celu należy zastosować ekran przewodzący (z powłoką metalową lub metalowo-parową). Odbite światło dociera do okularów, które mają również wbudowane prostopadłe polaryzatory. Te skrzyżowane polaryzatory działają teraz jak analizatory: światło z jednego projektora jest spolaryzowane równoległe do osi transmisyjnej polaryzatora i jest przekazywane do oka. Światło z drugiego projektora jest spolaryzowane prostopadle do osi transmisji i jest pochłaniane. Gwarantuje to, że obraz z jednego projektora trafia do każdego oka. Przy bliższej analizie pojawia się jednak problem: jeśli przechyśysz głowę, kierunek polaryzacji światła odbitego od ekranu nie jest już ani równoległy, ani prostopadły do osi transmisyjnych polaryzacji w okularach. Zgodnie z prawem Malusa, w zależności od kąta nachylenia, część światła tworzącego oba obrazy przechodzi teraz przez każdy polaryzator i efekt 3D zostaje utracony.

Problem z polaryzacjami liniowymi prowadzi ostatecznie do metody RealD, która jest obecnie najczęściej stosowaną metodą projekcji kinowej 3D. Wykorzystuje polaryzację kołową. W metodzie tej polaryzator liniowy i płytka $\lambda/4$ -falowa są umieszczone przed dwoma projektorami. Jeśli wszystkie elementy są prawidłowo ustawione względem siebie, obraz z jednego projektora będzie miał światło spolaryzowane w prawoskrętnie, a obraz generowany przez drugi projektor będzie się składał z światła spolaryzowanego w lewoskrętnie. Kiedy światło polaryzacyjne prawoskrętne dociera do ekranu i jest odbite, staje się lewoskrętne spolaryzowane przez przesunięcie fazowe po odbiciu. Podobnie, światło spolaryzowane lewoskrętne będzie spolaryzowane prawoskrętne po odbiciu. W okularach, proces stosowany do polaryzacji kołowej światła z projektorów odbywa się w odwrotnym kierunku. Światło spolaryzowane kołowo przechodzi przez płytkę falistą $\lambda/4$ w celu przekształcenia go w polaryzację liniową. Następnie ponownie przechodzi przez polaryzator liniowy. W zależności od kąta padania liniowo spolaryzowanego światła, będzie ono albo transmitowane przez polaryzator albo absorbowane. Zarówno folie polaryzacyjne jak i ćwierćfalówki są klejone razem w okularach!



Dzięki zastosowaniu światła spolaryzowanego kołowo, ta metoda projekcji 3D w dobry sposób omija problem pochylenia głowy, ponieważ pochylenie w świetle spolaryzowanym kołowo narzuca jedynie przesunięcie fazowe i nie wpływa na postrzegany obraz. Niemniej jednak istnieją również drobne wady tej metody, najpierw światło musi przejść przez łącznie cztery filmy, z których żaden nie ma 100% transmisji. Ogólnie rzecz biorąc, obraz staje się znacznie mniej jasny, co wymaga zastosowania potężnych projektorów. Innym aspektem są właściwości transmisyjne płytki $\lambda/4$ -falowej ten element optyczny wytwarza doskonałe przesunięcie fazowe długości fali $\frac{1}{4}$ pomiędzy osią wolną i szybką przy tylko jednej długości fali światła. Oznacza to, że światło jest idealnie spolaryzowane kołowo tylko dla jednej długości fali - wszystkie inne długości fali będą miały zatem lekko eliptyczną polaryzację. Prowadzi to również do tego, że folie lewoskrętne nie pochłaniają idealnie części prawoskrętnej (przynajmniej w przypadku większości długości fal).