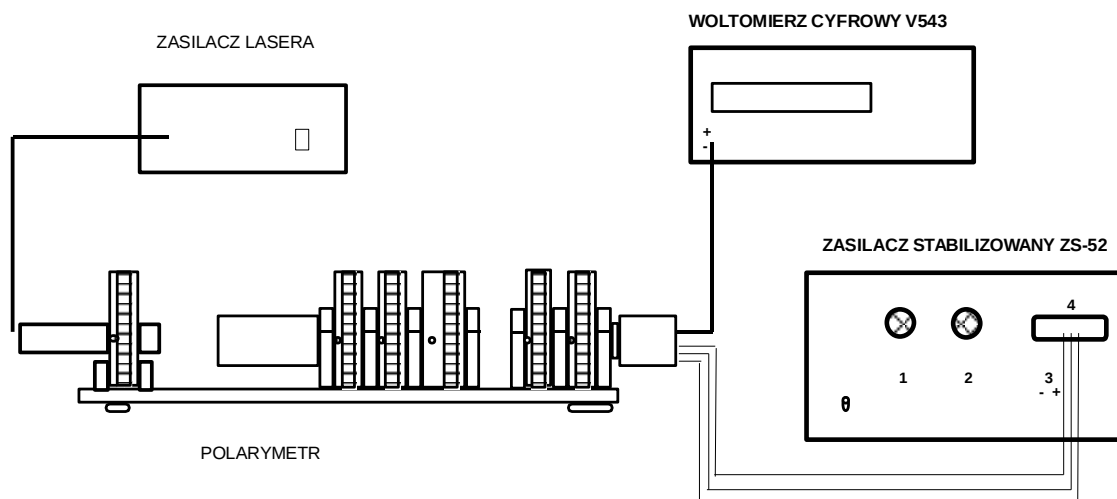


Synteza i analiza stanu polaryzacji światła metodą ogólnego prawa Malusa

I. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy składa się z polarymetru, zasilacza stabilizowanego ZS-52, woltomierza cyfrowego V543 i lasera He-Ne z zasilaczem.

Schemat układu przedstawia Rys.1.

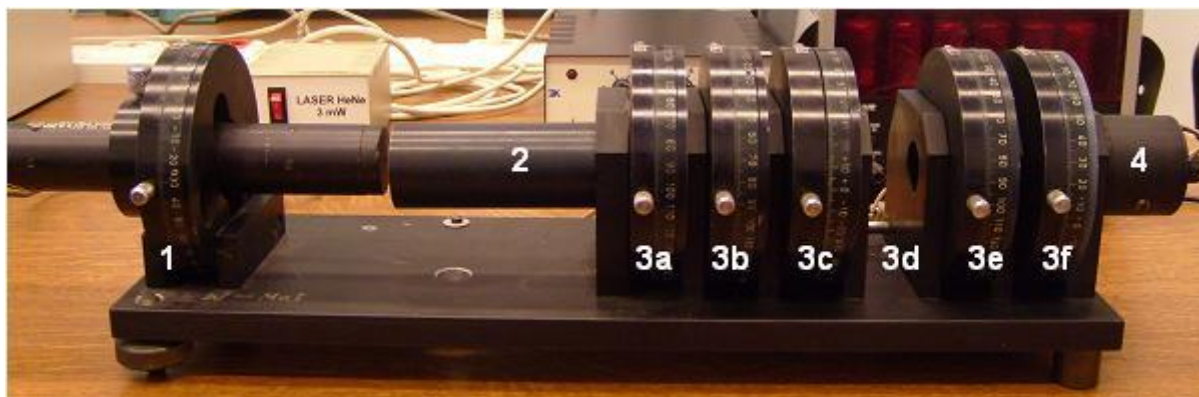


Rys.1. Schemat układu

POLARYMETR

Polarymetr, który znajduje się na wyposażeniu naszego laboratorium, to polaryskop, wyposażony w płytki ćwierćfalowe oraz fotoelement, mierzący natężenie światła na wyjściu urządzenia. Pomiar napięcia na woltomierzu podłączonym do detektora pozwala na obiektywną ocenę zmiany natężenia wiązki światła po jej przejściu przez badany obiekt dwójłomny i elementy polarymetru. Polarymetr umożliwia:

- syntezę i analizę dowolnego stanu polaryzacji całkowitej;
- analizę stanu polaryzacji światła po przejściu przez badany ośrodek;
- pomiar natężenia światła przed i po przejściu przez badany ośrodek.



Rys.2. Stanowisko pomiarowe

Polarymetr (rysunek powyżej) składa się z następujących elementów:

- 1) układu oświetlającego, złożonego z lasera helowo-neonowego wraz z zasilaczem; laser umieszczony jest w obrotowej oprawie;
- 2) przeciwodblaskowej osłony, w której można zamontować układ kolimujący wiązkę świetlną (aktualnie nie wykorzystywany na stanowisku pomiarowym); istnieje możliwość osłabienia natężenia wiązki świetlnej poprzez włożenie w tym miejscu filtra szarego, nie pokazanego na rysunku;
- 3) zestawu pięciu uchylno-obrotowych opraw (3a÷3f), umożliwiających wprowadzanie i usuwanie z wiązki świetlnej elementów polaryzacyjnych układu i badanych próbek oraz orientację ich kątów azymutu (poprzez obrót); w kolejnych oprawach umieszczone są:

3a - liniowy polaryzator;

3b - liniowa płytką ćwierćfalowa (ćwierćfalówka);

3c - oprawa, w której umieszcza się badaną próbkę;

3d - miejsce na oprawę zapasową (można tu również umieszczać próbki);

3e - liniowa płytką ćwierćfalowa (ćwierćfalówka);

3f - liniowy analizator (tzn. drugi polaryzator);

Zespół a) + b) służy do wytworzenia zadanego stanu polaryzacji światła na wejściu do próbki, zaś zespół e) + f) służy do analizy stanu polaryzacji światła na wyjściu (na przykład po przejściu przez badaną próbkę);

- 4) fotodetektora, zintegrowanego ze wzmacniaczem (w oprawie), służącego do pomiaru natężenia światła; układ wzmacniacza zasilany jest z zasilacza stabilizowanego, a sygnał z detektora wprowadzany jest na woltomierz cyfrowy.

ZASILACZ STABILIZOWANY ZS-52

Służy do zasilania fotodetektora. Posiada również wyjścia do zasilania obrotowego modulatora, układu monitorującego częstość obrotów tegoż modulatora oraz alternatywnego źródła światła (żarówki) – te funkcje nie są aktualnie używane na stanowisku pomiarowym.



Rys.3. Zasilacz stabilizowany

WOLTOMIERZ CYFROWY V-543

Sygnał z fotodetektora wyprowadzony jest na woltomierz cyfrowy. Zakresy pracy woltomierza należy dobierać stosownie do wartości mierzonego sygnału. W przypadku szukania minimalnego sygnału zaleca się stopniowe zmniejszanie zakresu pomiarowego do „100mV” włącznie. W przypadku pomiarów typu „Sprawdzenie prawa Malusa” standardowym ustawieniem jest zakres „10V”.

Uwaga: ze względu na parametry użytego fotodetektora, pojawienie się na wyświetlaczu woltomierza liczby przewyższającej 8V oznacza „wysycenie” detektora – należy zmniejszyć poziom sygnału poprzez redukcję natężenia wiązki światła wchodzącej do układu.



Rys.4. Woltomierz cyfrowy

LASER He-Ne

Laser helowo-neonowy o długości fali świetlnej $\lambda = 632.8nm$ jest źródłem światła spolaryzowanego liniowo, dlatego należy pamiętać, **aby przed rozpoczęciem każdej serii pomiarów dostrajać moc układu na maksimum** (maksymalny sygnał na woltomierzu) poprzez obrót oprawy lasera (1).



Rys. 5. Zasilacz lasera He-Ne

II. Przebieg ćwiczenia

A) Justowanie układu

Zakres woltomierza ustawiamy początkowo na „10V”. Włączamy woltomierz, zasilacz lasera oraz zasilacz fotodetektora. *Ech, czy ta instrukcja MUSI być aż tak „łopatologiczna”? Ale jak się na przykład NIE napisze o konieczności włączenia zasilacza lasera, to jest spora szansa, że studenci wykonają pomiar BEZ tego źródła światła!*

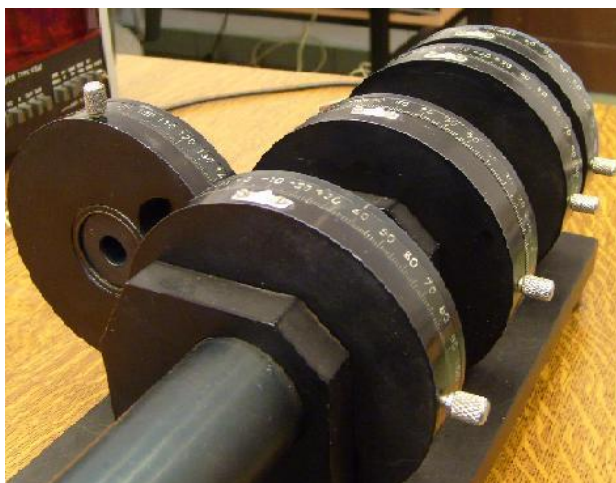
Przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić justowanie układu pomiarowego. Podzielmy ten pozornie skomplikowany proces na następujące etapy:

1. Wyznaczanie maksymalnego i minimalnego poziomu mocy

Usuwanie z biegu wiązki świetlnej wszystkie elementy układu, umocowane na oprawach uchylno-obrotowych – za wyjątkiem pierwszego polaryzatora (3a).

Uwaga: Usuwanie elementów 3a-3f z biegu wiązki może nastąpić w dwojaki sposób:

a) poprzez wychylanie opraw aż do całkowitego ich usunięcia z biegu wiązki; b) poprzez wychylenie opraw do położenia pośredniego (przy którym wyczuwalny jest lekki „zatrząsk” oprawy) oraz obrót skali do zgrania kreski na prawej części elementu (obracającego się wraz ze skalą) ze znacznikiem w lewej, nieruchomej części oprawy (powoduje to zgranie otworów na wiązkę świetlną w obu częściach oprawy, co można sprawdzić po całkowitym wychyleniu oprawy z obudowy).



Rys. 6. Usuwanie elementów z biegu wiązki

Polaryzator (3a) ustawiamy w pozycji „0°” na skali obrotowej, a następnie obracamy oprawą lasera He-Ne (1) aż do uzyskania maksimum sygnału na woltomierzu (por. uwaga przy opisie lasera powyżej). Orientacyjna wartość tego sygnału to około **plus** 6V. Pamiętajmy o tym, by przysłonić (na przykład oprawą (3f) w położeniu pośrednim) ewentualne światło zewnętrzne, docierające do detektora – fałszuje ono wyniki pomiarów!

Następnie zasłaniamy całkowicie detektor (na przykład oprawą (3f)) i notujemy minimalny sygnał detektora, tak zwany **prąd ciemny**. Zauważmy, że w stosowanym układzie jest on na poziomie około **minus** 6 mV. Wartość tę notujemy i uwzględniamy w dalszych pomiarach jako „zero” układu. Zapamiętujemy również, żeby przy dalszym szukaniu minimów sygnału starać się o uzyskanie niekoniecznie najmniejszej wartości dodatniej, ale być może (jeśli jest osiągalna w konkretnym przypadku) największej wartości ujemnej sygnału!

Uwaga: Oczywiście, zawsze może się zdarzyć, że ktoś zamieni miejscami kable elektryczne na zaciskach woltomierza. Wtedy powyższa uwaga jest słuszna, ale należy zamienić znaki „plus” i „minus” w powyższym opisie...

2. Ustawianie krzyża polaryzacyjnego – justowanie analizatora

Włączamy w układ analizator (3f) i szukamy minimum sygnału (tak zwany „krzyż polaryzacyjny”), obracając jego oprawę. Należy przy tym pamiętać o odpowiedniej zmianie zakresu woltomierza. Jeśli minimum to **nie** wypada dla wartości „90°” (lub nieznacznie się od niej różniącej), należy ewentualne niedostrojenie układu uwzględnić w dalszych pomiarach bądź zgłosić się do prowadzącego o pomoc w odpowiednim wyjustowaniu skali analizatora.

3. Justowanie płytek ćwierćfalowych

Do wewnątrz wyjustowanego uprzednio krzyża polaryzacyjnego wstawiamy pierwszą ćwierćfalówkę (3b). Sprawdzamy, czy rzeczywiście w położeniu „0” jej wektory własne „zgrywają się” z wektorami polaryzatora bądź analizatora – na wyjściu układu wciąż powinniśmy notować minimum natężenia światła (jakkolwiek, ze względu na odbicia, pochłanianie i ewentualne nieprostokątne ustawienie płytki ćwierćfalowej, wartość ta może się nieznacznie różnić od minimum samego krzyża polaryzacyjnego z punktu b). W razie niezgodności w ustawieniu ćwierćfalówki postępujemy jak wyżej.

Podobnie sprawdzamy ćwierćfalówkę (3e), pamiętając o uprzednim usunięciu z układu elementu (3b).

B) Wyznaczenie parametrów transmisyjnych układu

1. Pomiedzy laser a detektor wstawiamy jedynie polaryzator pod kątem azymutu 0°.
2. Odczytujemy wartość natężenia I wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
3. Za polaryzatorem wstawiamy analizator pod kątem azymutu 0°.
4. Odczytujemy wartość natężenia I_1 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
5. Obliczamy wartość współczynnika $t_1^{\text{lin}} = \frac{I_1}{I}$.
6. Analizator ustawiamy pod kątem azymutu 90°.
7. Odczytujemy wartość natężenia I_2 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
8. Obliczamy wartość współczynnika $t_2^{\text{lin}} = \frac{I_2}{I}$.
9. Pomiedzy laser a detektor wstawiamy polaryzator pod kątem azymutu 0° i ćwierćfalówkę ustawioną pod kątem azymutu 45°.
10. Odczytujemy wartość natężenia I wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
11. Za polaryzatorem i ćwierćfalówką wstawiamy ćwierćfalówkę ustawioną pod kątem azymutu - 45° i analizator pod kątem azymutu 0°.
12. Odczytujemy wartość natężenia I_1 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
13. Obliczamy wartość współczynnika $t_1^{\text{kol}} = \frac{I_1}{I}$.
14. Ćwierćfalówkę obracamy o kąt 90° (czyli ustawiamy pod kątem azymutu +45°).
15. Odczytujemy wartość natężenia I_2 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.
16. Obliczamy wartość współczynnika $t_2^{\text{kol}} = \frac{I_2}{I}$.
17. Powyższe ćwiczenie wykonujemy kilkukrotnie i starannie.

C) Synteza wybranych stanów polaryzacji światła i ich analiza metodą uogólnionego prawa Malusa

1. Ustawiając odpowiednio kąt azymutu polaryzatora i ćwierćfalówki zsyntetyzować dowolny stan polaryzacji światła

(aby otrzymać światło spolaryzowane eliptycznie z kątem eliptyczności ϑ i kątem azymutu α , należy przepuścić światło najpierw przez liniowy polaryzator ustawiony pod kątem azymutu $\alpha_p = \alpha - \vartheta$ a następnie przez liniową ćwierćfalówkę, której pierwszy wektor własny ma azymut $\alpha_{cw} = \alpha$).

2. Odczytujemy wartość natężenia I_0 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.

3. Za modulem syntetyzującym dany stan polaryzacji światła wstawiamy analizator pod kątem azymutu 0° .

4. Odczytujemy wartość natężenia I_1 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.

5. Zmieniamy kąt azymutu analizatora na 45° .

6. Odczytujemy wartość natężenia I_2 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.

7. Przed analizator, który ustawiamy ponownie pod kątem azymutu 0° , wstawiamy ćwierćfalówkę pod kątem azymutu $+45^\circ$, odpowiada to analizatorowi kołowemu.

8. Odczytujemy wartość natężenia I_3 wskazywaną przez woltomierz cyfrowy.