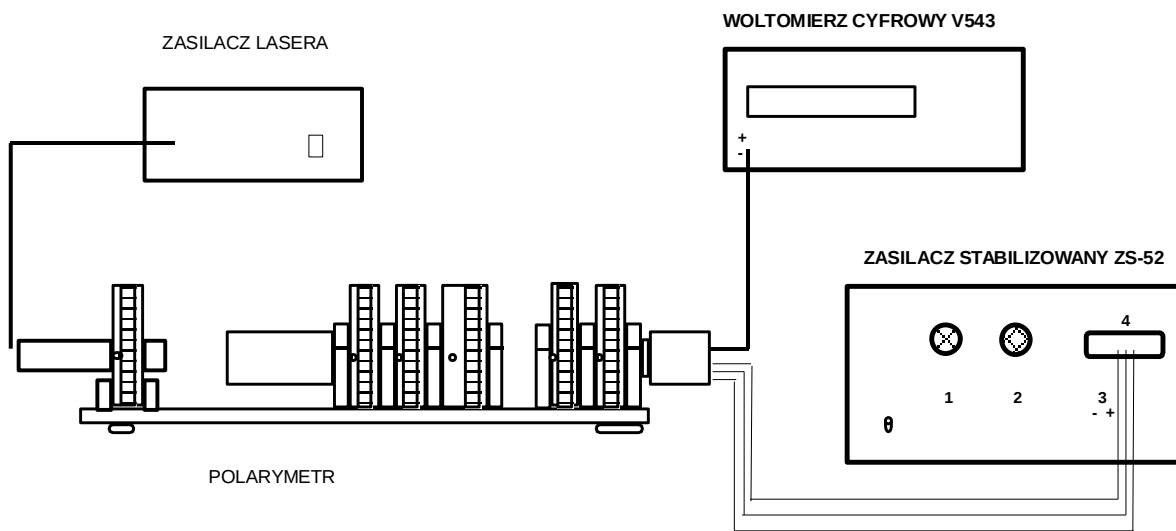


Pomiar właściwości ośrodka dwójłomnego poprzez wyznaczenie elementów macierzy Müllera-Ścierskiego

I. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy, znany już z ćwiczenia 4, składa się z polarymetru, zasilacza stabilizowanego ZS-52, woltomierza cyfrowego V543, lasera He-Ne z zasilaczem.

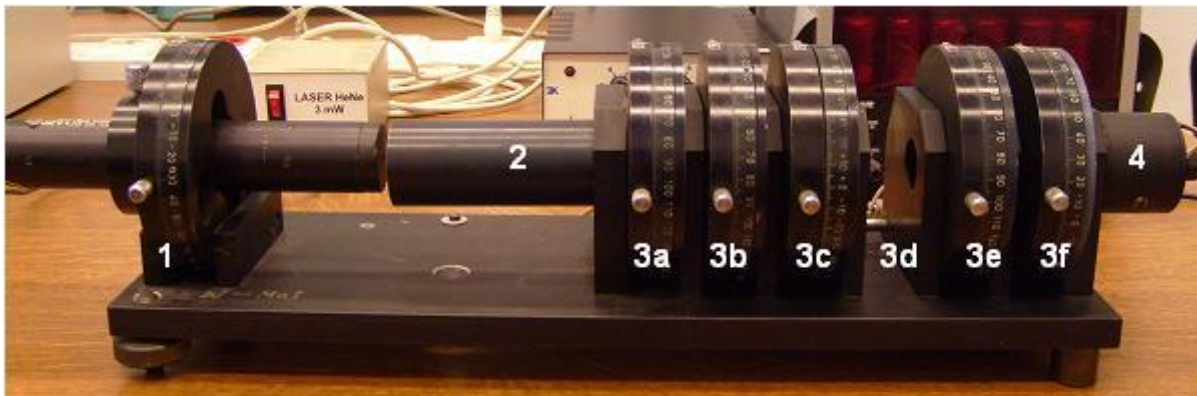


Rys.1. Schemat układu pomiarowego

POLARYMETR

Polarymetr, który znajduje się na wyposażeniu naszego laboratorium, to polaryskop, wyposażony w płytki ćwierćfalowe oraz fotoelement, mierzący natężenie światła na wyjściu urządzenia, co 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 – na pierwszym planie polarymetr

Polarymetr (Rys.2) 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!*

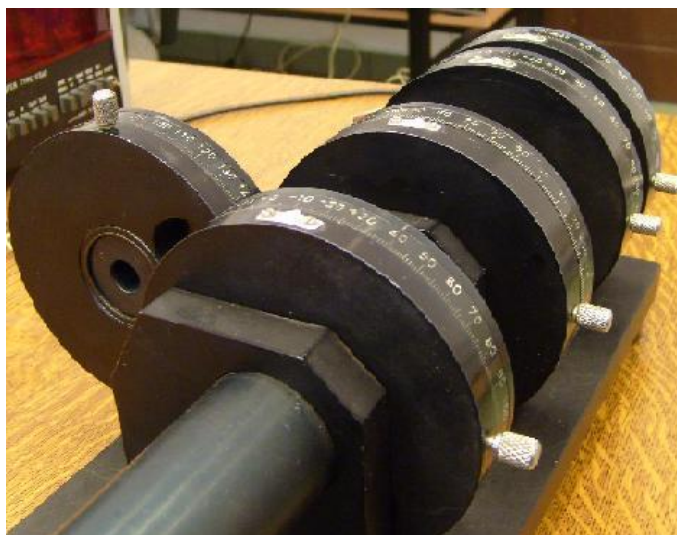
Przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić justowanie układu pomiarowego. Podzielmy ten pozornie skomplikowany proces na następujące etapy:

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 wychylenie opraw aż do całkowitego ich usunięcia z biegu wiązki; b) poprzez wychylenie opraw do położenia pośredniego (przy którym wyczuwalny jest lekki „zatrask” 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 nie prostopadłe 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 elementów macierzy Müllera-Ścierskiego.

1. Do układu wstawiamy pierwszy polaryzator 4a ustawiony pod kątem azymutu 0°.
2. Odczytujemy wartość natężenia światła I_1 wskazywaną przez woltomierz.
3. Pomiędzy polaryzator a detektor umieszczamy badany obiekt umieszczony w oprawie 3c i ustawiamy pod kątem 0° na oprawie.
4. Odczytujemy wartość natężenia światła I_1' wskazywaną przez woltomierz.
5. Włączyć do układu analizator 3f i obracając analizatorem znaleźć takie jego położenie α_p , przy którym natężenie na wyjściu jest najmniejsze (w celu przedyskutowania niepewności pomiarowych warto zanotować wartość tego natężenia).

Istnieją oczywiście dwa takie położenia, różniące się o 180°; szukany kąt azymutu światła na wyjściu różni się o 90° od azymutu analizatora α_p , przy którym nastąpiło maksymalne wygaszenie – wyliczamy go więc ze wzoru: $\alpha_1 = \alpha_p \pm 90^\circ$; (znak w równaniu wybieramy tak, aby wartość obliczonego kąta α_1 mieściła się pomiędzy 0° i 180°, tym niemniej program komputerowy "poradzi" sobie z dowolną wartością, zamieniając ewentualnie miejscami dwa możliwe rozwiązania);

[W przypadku, gdy światło jest spolaryzowane dokładnie kołowo, natężenie na wyjściu układu nie powinno zależeć od położenia analizatora - w tym przypadku możemy przyjąć arbitralnie dowolną wartość α_1 jako kąt azymutu. W praktyce, ze względu choćby na niedoskonałość polaryzatorów, zawsze będzie istniało minimum natężenia - jakkolwiek jego wartość będzie nieznacznie tylko mniejsza od wartości natężenia światła przy dowolnym innym położeniu analizatora. W przypadku światła spolaryzowanego kołowo lub "prawie kołowo" wartość wyznaczonego kąta azymutu α_1 jest praktycznie ignorowana przez procedury obliczeniowe - oba parametry M i C wektora Stokesa są bliskie zeru];

6. Włączyć ćwierćfalówkę 3e i ustawić ją na kącie azymutu $\alpha_c = \alpha_1 = \alpha_a \pm 90^\circ$. Obracać analizatorem do znalezienia położenia α_k maksymalnego wygaszenia; obliczyć kąt eliptyczności $\mathcal{G}_1$ badanego światła ze wzoru: $\mathcal{G}_1 = \alpha_k - \alpha_p$

7. Powtórzyć procedurę według punktów 1) ÷ 4), zmieniając azymut stanu polaryzacji światła na wejściu kolejno na 90° (otrzymujemy wyniki: I_2 , I_2' , α_2 i $\mathcal{G}_2$), a następnie na 45° (wyniki: I_3 , I_3' , α_3 i $\mathcal{G}_3$).

Uwaga: w przypadku używania jako źródła światła lasera, który wytwarza światło spolaryzowane liniowo, należy przy każdej zmianie ustawienia wejściowego polaryzatora zadbać o zapewnienie maksimum sygnału na detektorze – poprzez obrót lasera w oprawie.

8. Wykonać pomiary dla innego ustawienia próbki.

9. Wykonać pomiary dla innych próbek.