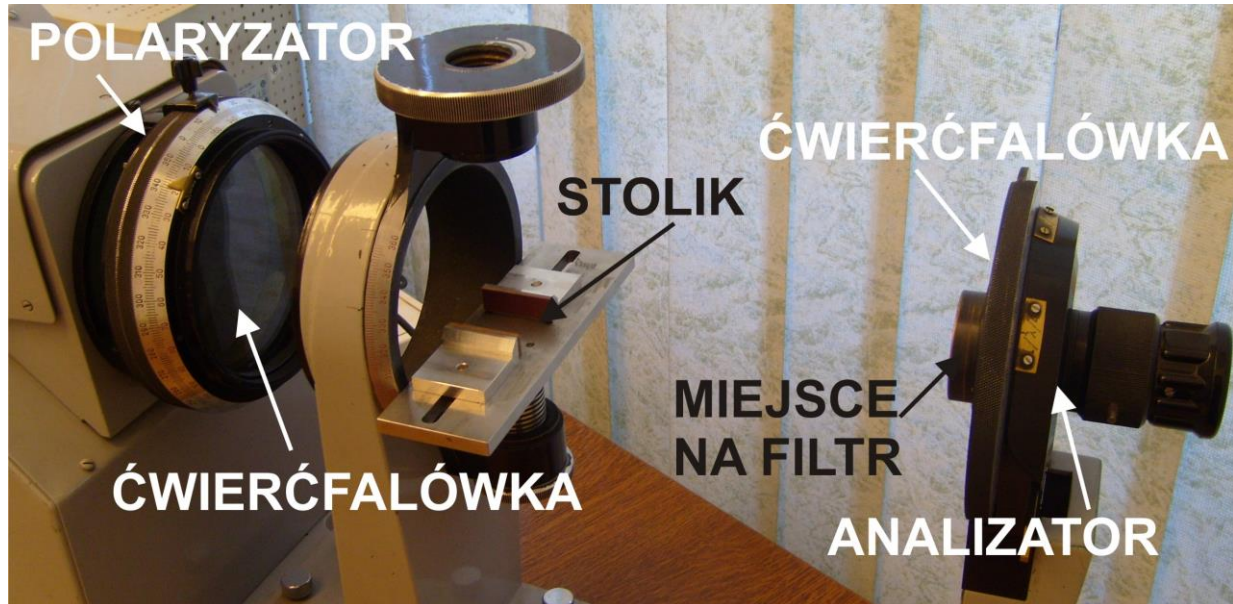


Synteza i analiza dowolnego stanu polaryzacji światła

I. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy polaryskopu (Rys.1) składa się z dwóch polaryzatorów liniowych (drugi z nich zwyczajowo nazywany analizatorem) i dwóch ćwierćfalówek.



Rys.1. Układ polaryskopowy

Pierwszy moduł – syntetyzujący – składa się z zestawu polaryzatora i ćwierćfalówki. Oba te elementy są za sobą zespolone, to znaczy ćwierćfalówka obraca się względem polaryzatora (co wymusza określony, dość specyficzny sposób ustawienia obu tych elementów!) i służą do syntezy danego stanu polaryzacji.

II. Przebieg ćwiczenia

A) Synteza różnych stanów polaryzacji światła

Syntezyjemy wybrane stany polaryzacji światła – parametry dobierają sami Studenci tak, aby nauczyć się syntezy każdego możliwego stanu (z uwzględnieniem ujemnych kątów eliptyczności, stanów kołowych, kątów azymutu większych od 90°).

Aby uzyskać dany stan polaryzacji światła określony przez α i ϑ należy ustawić polaryzator liniowy pod **bezwzględny** kątem azymutu (pierwszego wektora własnego):

$$\alpha_p = \alpha - \vartheta,$$

a ćwierćfalówkę pod **bezwzględny** kątem azymutu:

$$\alpha_c = \alpha.$$

W opisywanym polaryskopie oba te elementy są na wspólnej obudowie. Polaryzator znajduje się w ruchomej obudowie z naniesioną czarną skalą a czarny wskaźnik pokazujący jego kąt azymutu jest nieruchomy. W związku z tym na czarnej skali odczytujemy bezwzględny kat azymutu polaryzatora. Ćwierćfalówka obracana jest na ruchomej obudowie analizatora wraz ze złotym wskaźnikiem wskazującym kierunek jej pierwszego wektora własnego. W związku z tym, na skali czerwonej można odczytać bezpośrednio tylko **względny** kąt azymutu ćwierćfalówki (względem polaryzatora)! Zauważmy, że skale czarna i czerwona mają przeciwne skrętności, ale wynika to właśnie z faktu, że w pierwszym

przypadku ruchoma (czarna) skala obraca się względem nieruchomego (czarnego) wskaźnika, a w drugim ruchomy (złoty) wskaźnik obraca się względem nieruchomej w tym momencie (czerwonej) skali. Skomplikowane? Jak się czyta, być może, stąd trzeba to potrenować na urządzeniu!

Skala czerwona wskazuje więc o ile jest przestawiona ćwierćfalówka **względem** polaryzatora. Tym samym, wskazuje ona **bezpośrednio kąt eliptyczności** syntetyzowanego światła (bo, jak łatwo zauważyć po podstawieniu drugiego z powyższych wzorów do pierwszego i przekształceniu, otrzymamy: $\vartheta = \alpha_c - \alpha_p$ – a tę właśnie różnicę bezwzględnych kątów azymutu polaryzatora i ćwierćfalówki wskazuje wskaźnik złoty na skali czerwonej!).

Skala czarna służy zaś do odczytu kąta azymutu polaryzatora i jako taka nie wskazuje żadnej użytecznej wartości. Dopiero **zsumowanie** odczytów **skali czarnej** (bezwzględny kat azymutu polaryzatora) i **czerwonej** (kat azymutu ćwierćfalówki, ale **względem** polaryzatora!) da nam **bezwzględny** kąt azymutu ćwierćfalówki α_c , a ten właśnie kąt określa **kąt azymutu** syntetyzowanego światła. Ze względu na przeciwny kierunek nacięcia obu skal można też zauważyć, że **kąt azymutu** syntetyzowanego światła odczytać można jako **odległość między wskaźnikiem złotym a czarnym**: liczona zgodnie z ruchem wskazówek zegara daje kąty azymutu dodatnie, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara – ujemne (patrz Rys.2).



$$\alpha_{\text{czarne}} = \alpha_p = 20^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 0^\circ$$

Zsyntetyzowany stan polaryzacji światła:

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 20^\circ + 0^\circ = 20^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 0^\circ$$



$$\alpha_{\text{czarne}} = \alpha_p = 20^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 10^\circ$$

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 10^\circ$$



$$\alpha_p = 20^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 350^\circ = (-10^\circ)$$

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 20^\circ + (-10^\circ) = 10^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = -10^\circ$$



$$\alpha_{\text{czarne}} = \alpha_p = 20^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 20^\circ$$

Zsyntetyzowany stan polaryzacji światła:

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 20^\circ + 20^\circ = 40^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 20^\circ$$



$$\alpha_p = 30^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 330^\circ = (-30^\circ)$$

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 30^\circ + (-30^\circ) = 0^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = -30^\circ$$



$$\alpha_{\text{czarne}} = \alpha_p = 0^\circ$$

$$\alpha_{\text{czerwone}} = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = 315^\circ = (-45^\circ)$$

$$\alpha = \alpha_c \text{ BEZWGLĘDNY} = 0^\circ + (-45^\circ) = -45^\circ$$

$$\vartheta = \alpha_c \text{ WZGLĘDNY} = -45^\circ$$

Rys.2. Przykłady ustawienia polaryzatora i ćwierćfalówki w układzie syntetyzującym

Oczywiście, w ostatnim przypadku (kąt eliptyczności $\theta = -45^\circ$, a więc polaryzacja kołowa lewoskrętna) nie ma sensu w ogóle mówić o kącie azymutu – wszelkie błędy w wykonaniu i ustawieniu elementów układu mogą jednak spowodować, że da się zauważyć modulację natężenia światła przy obrocie polaryzatora

Należy pamiętać o tym, że wszelkie otrzymane wartości należy przeliczyć tak, aby kąt azymutu mieścił się w granicach od 0° do 180° a kąt eliptyczności w granicach -45° do $+45^\circ$!

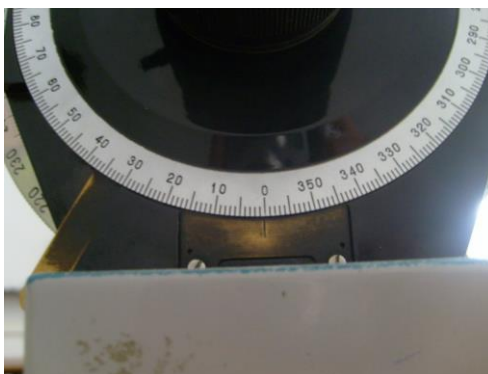
B) Analiza zsyntetyzowanego stanu polaryzacji światła

Aby dokonać analizy uzyskanego stanu polaryzacji światła w pierwszej kolejności musimy w bieg wiązki prowadzić analizator liniowy. Jest on na stałe w układzie, ale w jego obudowie znajdują się też inne elementy dwójłomne: ćwierćfalówka i jednofalówka. Aby żaden inny element dwójłomny oprócz polaryzatora nie był wprowadzony w bieg wiązki świetlnej, ustawiamy pokrętkę na górze skali w pozycji „0” (Rys.3)



Rys.3. Wyłączenie dodatkowych elementów dwójłomnych z układu analizatora

Ustawienie kąta azymutu analizatora odczytujemy za pomocą wskaźnika umieszczonego na dole oprawy:



Rys. 4. Skala analizatora

W pierwszym kroku analizy stanu polaryzacji światła obracamy analizatorem i obserwujemy zmiany natężenia światła. Jeżeli nie występują żadne zmiany natężenia oznacza to, że światło jest niespolaryzowane lub spolaryzowane kołowo. (Skądinąd wiadomo, że w prezentowanym układzie można zsyntetyzować tylko światło całkowicie spolaryzowane, więc przypadki braku polaryzacji lub polaryzacji częściowej wystąpić nie mogą!) Jeżeli występują zmiany natężenia oznacza to, że światło jest przynajmniej częściowo spolaryzowane i jest wyróżniony kierunek drgań wektora elektrycznego. Obracając analizatorem szukamy minimum natężenia i w ten sposób wyznaczamy kąt azymutu analizowanego światła – jest to kierunek **prostopadły** do wyznaczonego minimum. Kąt azymutu światła wynosi zatem: $\alpha_{sw} = \alpha_{analizatora} \pm 90^\circ$.

W przypadku, gdy natężenie światła nie zmieniało się (albo zmieniało się tak nieznacznie, że nie sposób jednoznacznie określić wyróżnionego kierunku analizatora, dla którego wystąpiło minimum) należy ustawić analizator pod dowolnym kątem azymutu $\alpha_{\text{analizatora}}$.

W drugim kroku należy określić kąt eliptyczności analizowanego stanu polaryzacji światła. (Nawet, jeśli wydaje nam się, że uzyskaliśmy w pierwszym kroku analizy całkowite wygaszenie światła za analizatorem, co wskazuje na polaryzację liniową, warto dalszą analizę przeprowadzić!) W tym celu pomiędzy moduł syntetyzujący stan polaryzacji światła a analizator należy wstawić ćwierćfalówkę. W tym celu pokrętko na górze obudowy analizatora ustawiamy w pozycji $\lambda/4$.



Rys. 5. Włączenie ćwierćfalówki w bieg światła

Ustawienie kąta azymutu ćwierćfalówki wskazuje osobna skala na obudowie analizatora. Wskaźnik wartości oznaczony symbolem $\lambda/4$.



Rys. 6. Wskaźnik wartości kąta azymutu pierwszego wektora własnego ćwierćfalówki

Ćwierćfalówkę ustawiamy pod kątem azymutu równą kątowi azymutu analizowanego światła, czyli

$$\alpha_{\text{ćw}} = \alpha_{\text{św}} = \alpha_{\text{analizatora}} \pm 90^\circ.$$

Jeżeli w pierwszym kroku nie zaobserwowaliśmy zmian w natężeniu ćwierćfalówkę ustawiamy również pod kątem azymutu równą $\alpha_{\text{analizatora}} \pm 90^\circ$. Obracamy analizatorem tak, aby ponownie znaleźć minimum natężenia i oznaczamy je jako α_k . (O poprawności przeprowadzanej procedury może zaświadczyć fakt, że teraz to minimum będzie co najmniej tak samo wyraźne, jak w kroku pierwszym. Jeśli wygaszenie światła jest gorsze, to świadczy to o tym, że popełniliśmy błąd w kroku pierwszym bądź w ustawieniach do kroku drugiego!) Kąt eliptyczności światła wynosi zatem:

$$\vartheta_{\text{św}} = \alpha_k - \alpha_{\text{analizatora}}.$$