

Nazwisko

Data

Nr na liście

Imię

Wydział

Dzień tyg.

Godzina

Ćwiczenie 363

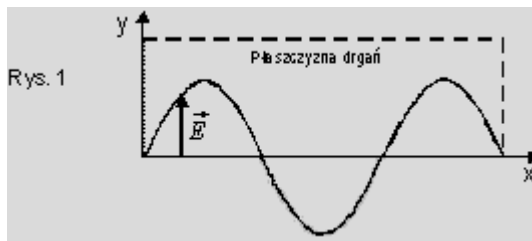
Polaryzacja światła – sprawdzanie prawa Malusa

Początkowa wartość kąta $\alpha_0 \dots \dots^\circ$

Lp.	Kąt α [°]	Fotoprąd I [μA]	I/I_{max}	Lp.	Kąt α [°]	Fotoprąd I [μA]	I/I_{max}	Lp.	Kąt α [°]	Fotoprąd I [μA]	I/I_{max}
1				25				49			
2				26				50			
3				27				51			
4				28				52			
5				29				53			
6				30				54			
7				31				55			
8				32				56			
9				33				57			
10				34				58			
11				35				59			
12				36				60			
13				37				61			
14				38				62			
15				39				63			
16				40				64			
17				41				65			
18				42				66			
19				43				67			
20				44				68			
21				45				69			
22				46				70			
23				47				71			
24				48				72			

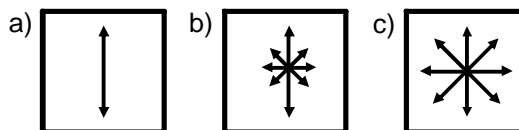
Polaryzacja światła

Polaryzacja występuje tylko dla fali poprzecznej. Fala poprzeczna jest to taka fala, w której kierunek drgań wektora natężenia pola elektrycznego \vec{E} leży w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali (x). Drgania wektora \vec{E} są równoległe względem siebie we wszystkich punktach fali i tworzą z kierunkiem ruchu fali *płaszczyznę drgań* (Rys.1). Przykładem fali poprzecznej są różnej długości fale elektromagnetyczne, np.: fala radiowa, mikrofała, fala świetlna, promieniowanie rentgenowskie.



Polaryzacja nie występuje dla *fali podłużnej*, w której kierunek drgań odbywa się w kierunku zgodnym z kierunkiem rozchodzenia się fali. Przykładem fali podłużnej jest fala dźwiękowa.

Jeżeli wektor elektryczny \vec{E} drga tylko w jednej płaszczyźnie drgań, to światło jest *liniowo spolaryzowane* (Rys 2,a). Większość światła, które widzimy, np. światło emitowane przez Słońce i żarówki, jest *światłem niespolaryzowanym* (Rys 2,c). Dzieje się tak dlatego, ponieważ wypadkowa fala, która jest sumą fal emitowanych przez pojedyncze atomy źródła światła, jest falą niespolaryzowaną. Fale o różnej płaszczyźnie polaryzacji emitowane są z jednakowym prawdopodobieństwem. Światło może być także częściowo spolaryzowane – czyli być mieszaniną światła spolaryzowanego liniowo ze światłem niespolaryzowanym (Rys 2,b). Na rys. 2 pokazano drgania wektora elektrycznego, w płaszczyźnie (z, y) prostopadłej do kierunku rozchodzenia się światła (x): dla światła spolaryzowanego liniowo (a), częściowo spolaryzowanego (b) i niespolaryzowanego (c).



Rys. 2

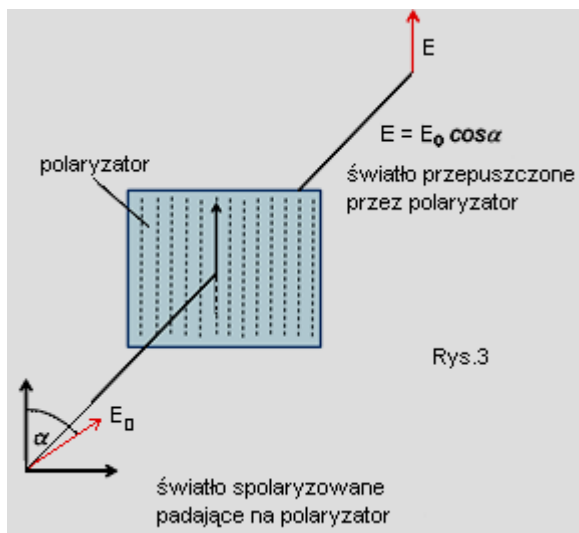
Ponieważ światło (promieniowanie elektromagnetyczne) jest falą poprzeczną, dlatego może ulec *polaryzacji*, czyli uporządkowaniu kierunku drgań wektorów natężenia pola elektrycznego fali świetlnej.

Polaryzacja światła następuje podczas:

1. *selektywnej absorpcji*,
2. *podwójnego załamania wiązki światła w kryształach anizotropowych posiadających właściwość dwójłomności* (np. kryształ kalcytu),
3. *przy odbiciu i załamaniu światła od dielektryka*
4. *przy rozpraszaniu światła*.

Ciało polaryzujące światło nazywamy *polaryzatorem*, natomiast polaryzator wykorzystywany w celu sprawdzenia stanu polaryzacji światła nazywamy *analizatorem*.

Polaryzację światła przez selektywną absorpcję wykorzystuje się w filtrach polaryzacyjnych np. polaroidach. *Polaroid* składa się z folii z tworzywa sztucznego rozciągniętej w jednym kierunku i następnie naklejonej na szkło. Jest uporządkowanym układem równoległych łańcuchów cząsteczek, które pochłaniają światło spolaryzowane równoległe do nich, a przepuszczają światło spolaryzowane w kierunku prostopadłym do molekuł. Taki rodzaj polaryzatorów użyto w ćwiczeniu.



Jeżeli wiązka spolaryzowanego liniowo światła o amplitudzie drgań pola elektrycznego E_0 pada na polaryzator i płaszczyzna polaryzacji polaryzatora tworzy z płaszczyzną polaryzacji padającej wiązki światła kąt α , to polaryzator przepuszcza jedynie światło o kierunku drgań równoległym do kierunku polaryzacji polaryzatora a amplituda wiązki (E_0) po przejściu przez polaryzator będzie redukowana do $E = E_0 \cos \alpha$.

Intensywność natężenia wiązki światła jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy pola elektrycznego, dlatego intensywność natężenia wiązki wychodzącej z polaryzatora (I) wynosi:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (1)$$

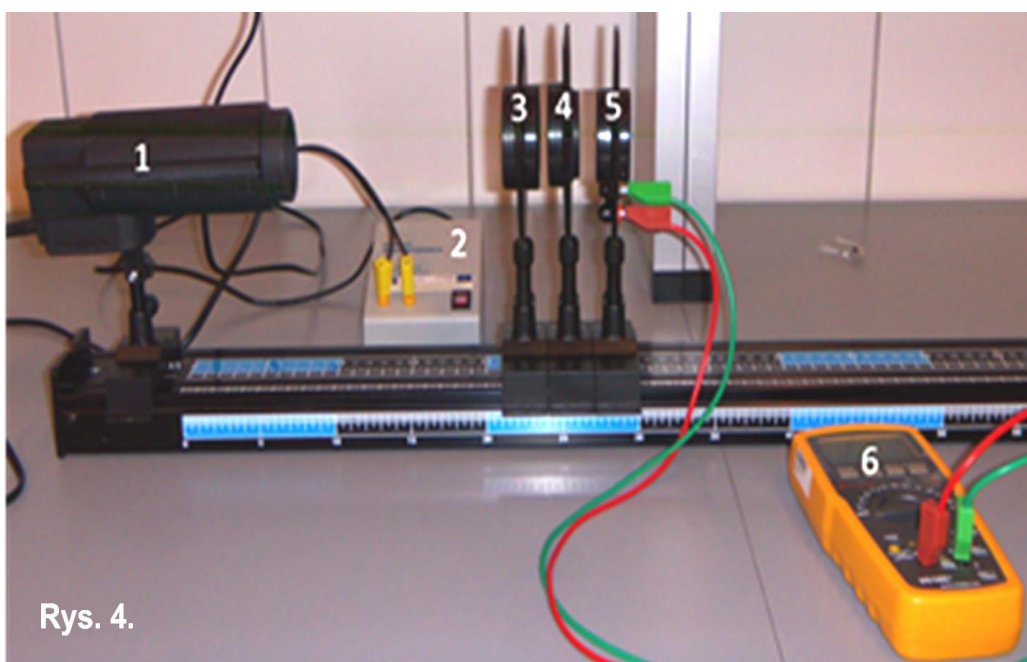
gdzie: I – natężenia wiązki światła wychodzącej z polaryzatora, I_0 – natężenie spolaryzowanego światła padającego na polaryzator, α - kąt utworzony między płaszczyzną polaryzacji polaryzatora a płaszczyzną polaryzacji padającej wiązki światła.

Wzór (1) wyraża **prawo Malusa**, które określa natężenie światła spolaryzowanego po przejściu przez polaryzator. Prawo to odkrył francuski fizyk Étienne-Louis Malus. *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.*

Sprawdzanie prawa Malusa

W celu sprawdzenia prawa Malusa należy zbadać zależność natężenia światła, przechodzącego przez układ polaryzatorów (ruchomy i nieruchomy) i padającego na powierzchnię fotoogniwa (które jest detektorem), od kąta kierunku polaryzacji światła α , wyznaczonego poprzez obracanie polaryzatora ruchomego. Na podstawie uzyskanych wyników należy narysować wykres zależności $I/I_{\max} = f(\alpha)$. Schemat zestawu pomiarowego znajduje się na Rys. 4.

- 1 – oświetlacz (źródło niespolaryzowanego światła)
- 2 – zasilacz
- 3 – polaryzator ruchomy
- 4 – polaryzator nieruchomy (z osią optyczną ustawioną na 0°)
- 5 – fotoogniwo
- 6 – miernik cyfrowy (mikroamperomierz)

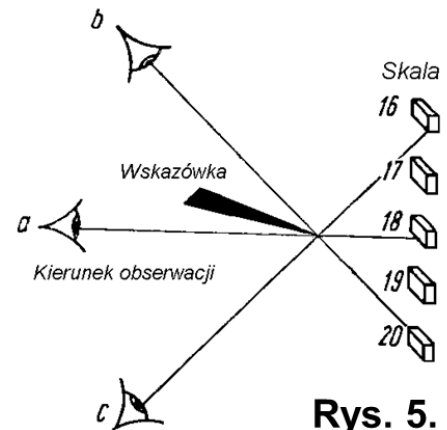


Wykonanie ćwiczenia

1. Włączyć zasilacz oraz źródło światła niespolaryzowanego.
Uwaga! Jedynym źródłem światła, które może oświetlać fotoogniwo, może być nasz oświetlacz. **Trzeba sprawdzić, czy lampy sąsiadów nie oświetlają fotoogniwa !!!!**
2. Ustawić polaryzator ruchomy w położenie odpowiadające kątowi α_0 .
Zapisać w tabeli wartość kąta α_0 oraz odpowiadające mu wskazania miernika I_0 (μA).
Wartość kąta α_0 podaje prowadzący ćwiczenia.
3. Obrócić polaryzator ruchomy o 5° . Odczytać wartość kąta α oraz odpowiadające mu natężenie fotoprądu I (μA). Pomiar przeprowadzać co 5° do uzupełnienia tabeli pomiarowej.

Odczyt wartości kąta należy wykonywać patrząc na wprost polaryzatora (możliwie prostopadle do skali) aby uniknąć błędu paralaksy (Rys. 5.)

Odczyt: a - prawidłowy,
b, c – nieprawidłowy



Rys. 5.

4. Z danych pomiarowych w tabeli odczytać maksymalną wartość natężenia prądu I_{\max} .
5. Obliczyć stosunek I/I_{\max} dla wszystkich pomiarów.
6. W celu sprawdzenia prawa Malusa sporządzić wykres zależności I/I_{\max} od kąta α ($I/I_{\max} = f(\alpha)$). Należy nałożyć otrzymane wyniki, w postaci punktów, na wykres funkcji $y = \cos^2 \alpha$ (narysowany w postaci linii) znajdujący się na ostatniej stronie instrukcji do ćwiczenia.
Punkty muszą być innego koloru niż wykres funkcji.

Rachunek błędów

W przypadku amperomierza cyfrowego dokładność pomiaru wynosi 1%. Uwzględniając inne możliwe powody niedokładności pomiaru wartości I/I_{\max} (np. polaryzatory nie mają 100 % skuteczności itd.) przyjmujemy, że dokładność pomiaru I/I_{\max} wynosi 2% pełnej skali.

Za dokładność odczytu wartości kąta z podziałki polaryzatora, należy przyjąć $\pm 2,5^\circ$.

Dokładność pomiarów (dla α punktów będących wielokrotnościami 30°) zaznaczamy na wykresie w postaci prostokątów otaczających punkty pomiarowe.

Dyskusja

1. Czy na podstawie uzyskanych z pomiarów danych naniesionych na wykres, uwzględniając dokładność pomiarów, można uznać, że w ćwiczeniu prawo Malusa zostało potwierdzone?
2. Wymień i opisz kilka zastosowań polaryzacji światła w urządzeniach spotykanych w Twoim otoczeniu (3 przykłady).

