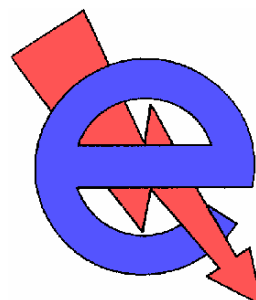




INSTYTUT ELEKTRONIKI
I SYSTEMÓW STEROWANIA



WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

LABORATORIUM FIZYKI

ĆWICZENIE NR 0-2

SPRAWDZANIE PRAWA MALUSA

I. Zagadnienia do przestudiowania

1. Fala elektromagnetyczna, pole elektryczne i magnetyczne fali
2. Polaryzacja, polaryzator, analizator
3. Sposoby polaryzowania fal
4. Natężenie światła
5. Prawo Brewstera
6. Prawo Malusa

II. Cel ćwiczenia

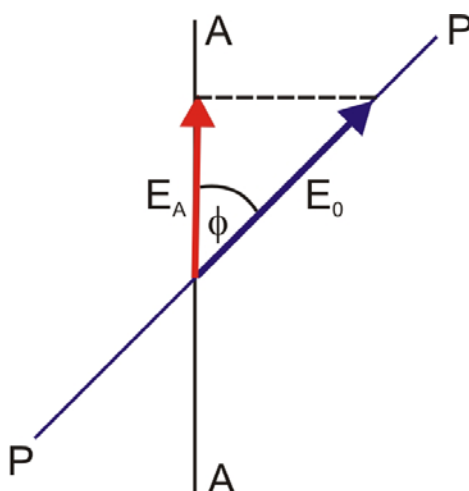
1. Wyznaczanie zależności pomiędzy wartością prądu płynącego przez fotoelement, proporcjonalnego do natężenia światła przepuszczonego przez filtr polaryzacyjny, dla różnych kątów pomiędzy płaszczyzną polaryzacji wiązki padającej i płaszczyzną polaryzacji filtru.
2. Sprawdzenie prawa Malusa.

III. Zasada pomiaru

Spolaryzowana liniowo wiązka światła otrzymywana z lasera przepuszczana jest przez polaryzator liniowy. Mierzony jest prąd fotoelementu proporcjonalny do natężenia światła przechodzącego przez filtr polaryzacyjny. Pomiar wykonywany dla różnych kątów pomiędzy płaszczyzną polaryzacji światła padającego i płaszczyzną przepuszczania filtru pozwala na sprawdzenie prawa Malusa, określającego natężenie przechodzącego światła w funkcji tego kąta. Wyznaczana jest płaszczyzna polaryzacji wiązki laserowej.

IV. Wprowadzenie teoretyczne

Płaszczyzna polaryzacji analizatora AA tworzy z polaryzacją PP (kierunek drgań ustawiony za pomocą polaryzatora) padającej wiązki światła kąt ϕ .



Rys. 1. Wzajemna orientacja płaszczyzn polaryzacji padającego światła i analizatora

Ćwiczenie O-2: Sprawdzanie prawa Malusa

Z Rys. 1. stosunek amplitud wiązek świetlnych wynosi:

$$\frac{E_A}{E_0} = \cos \varphi \quad (1)$$

Przez analizator przejdzie tylko część wiązki E_A wyrażona zależnością:

$$E_A = E_0 \cos \varphi \quad (2)$$

Natężenie rejestrowane za analizatorem można wyrazić ogólnie:

$$I = kE^2 \quad (3)$$

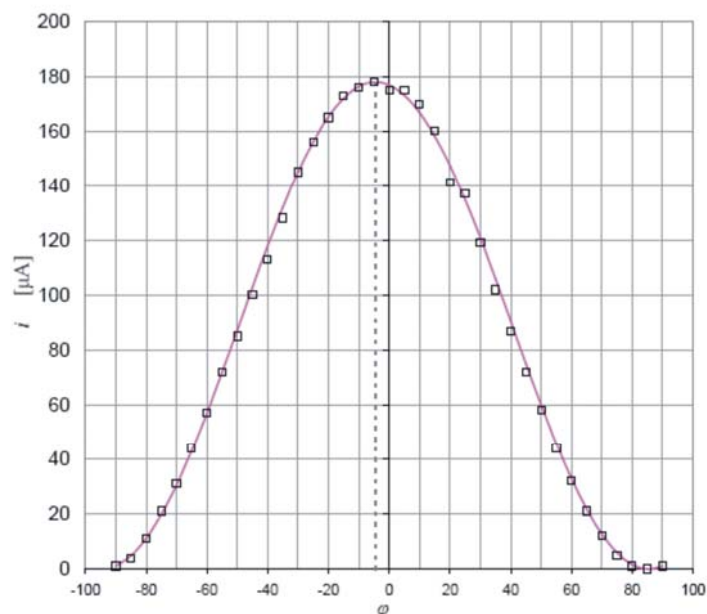
Zatem stosunek natężenia światła wychodzącego z analizatora I_A do natężenia światła padającego I_0 wynosi:

$$\frac{I_A}{I_0} = \frac{kE_A^2}{kE_0^2} = \frac{E_0^2 \cos^2 \varphi}{E_0^2} = \cos^2 \varphi \quad (4)$$

Natężenie I fali świetlnej jest wprost proporcjonalne do kwadratu natężenia pola elektrycznego, zatem zależność tę można zapisać jako prawo Malusa:

$$I_A = I_0 \cos^2 \varphi \quad (5)$$

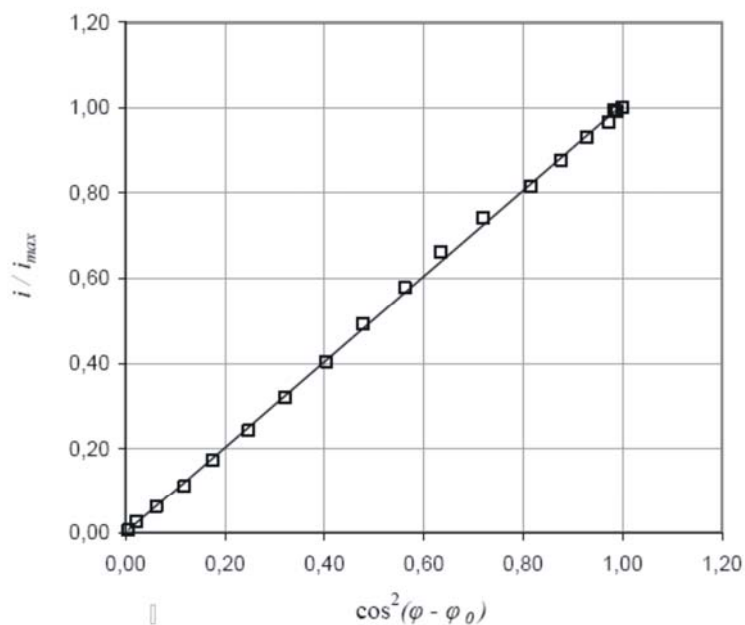
Na Rys. 2. Natężenie prądu fotokomórki w funkcji kąta obrotu płaszczyzny polaryzacji filtru względem płaszczyzny pionowej polaryzacji.



Rys. 2. Natężenie prądu fotokomórki w funkcji kąta obrotu płaszczyzny polaryzacji filtru względem płaszczyzny pionowej polaryzacji

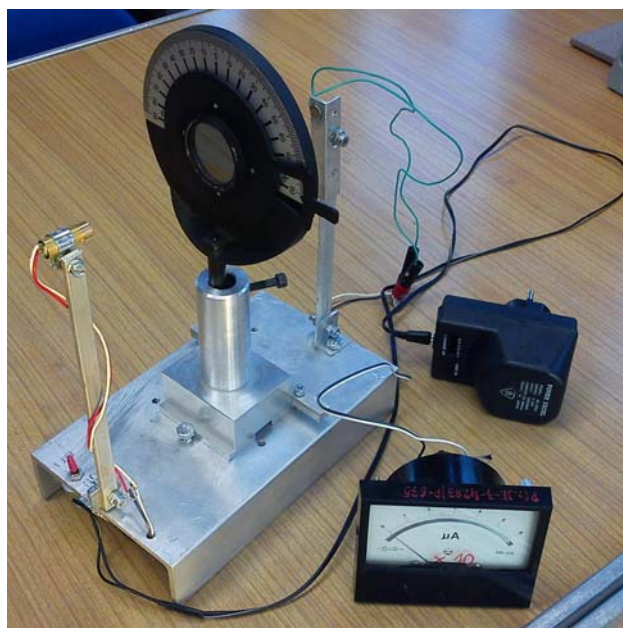
Ćwiczenie O-2: Sprawdzanie prawa Malusa

Na Rys. 3 przedstawiono znormalizowany i skorygowany prąd fotokomórki w funkcji kąta obrotu płaszczyzny analizatora. Prawo Malusa jest weryfikowane poprzez uzyskanie prostej nachylonej do osi wybranego układu pod kątem 45° .



Rys. 3. Znormalizowany prąd fotokomórki w funkcji $\cos^2(\varphi - \varphi_0)$

V. Zestaw pomiarowy



Rys.4. Pomiar prądu płynącego przez fotokomórkę proporcjonalnego do natężenia światła przy sprawdzaniu prawa Malusa.

Uwaga: nie kierować wiązki światła laserowego w stronę oczu.

VI. Przebieg ćwiczenia

1. Połączyć układ według schematu na rysunku 4, a następnie włączyć laser przełącznikiem „ON” umiejscowionym na ławie optycznej.
2. Połączyć fotokomórkę z miernikiem pracującym w zakresie μA .
3. Upewnić się czy wiązka światła lasera przechodząca przez filtr polaryzacyjny trafia całkowicie do fotokomórki. Wiazka światła powinna biec równolegle do ławy optycznej padając prostopadłe na płytkę filtru. Połączyć fotokomórkę z miernikiem pracującym w zakresie μA .
4. Ustawić kąt 0° na tarczy obrotowej filtru polaryzacyjnego (analizatora) i skierować wiązkę laserową na fotokomórkę w taki sposób, aby miernik wskazywał maksymalną wartość natężenia prądu (powyżej $50 \mu\text{A}$). **Nie dotykać lasera ani zasilającego go przewodu do zakończenia pomiarów!**
5. Jeśli pomieszczenie nie jest całkowicie zaciemnione, to miernik może rejestrować wpadające do fotokomórki światło – przy zasłoniętej wiązce światła lasera odczytać wartość odpowiadającego mu prądu fotokomórki jako i_0 .
6. Ustawić tarczę obrotową filtru polaryzacyjnego (analizatora) w pozycji kąta $\phi = -90^\circ$ i odczytać z miernika pierwszą wartość i' natężenia prądu fotokomórki. Powtórzyć odczyty natężenia prądu dla kolejnych wartości kąta ϕ aż do $+90^\circ$ z krokiem 5° .
7. Wyniki zapisać w tabeli.

V. Tabela pomiarowa

Lp.	φ [$^\circ$]	i_0 [μA]	i' [μA]	$i = i' - i_0$ [μA]	$\frac{i}{i_{\max} - i_0}$	φ_0 [$^\circ$]	$\cos^2(\varphi - \varphi_0)$
1.	-90						
2.	-85						
3.	-80						
...							
...							
	+90						

VI. Opracowanie wyników

1. W oparciu o otrzymane wyniki pomiarów sporządzić wykres zależności $i(\varphi)$ w funkcji kąta φ jak na Rys. 2. Na podstawie wykresu oszacować wartość maksymalną $i_{\max}$ oraz wartość kąta φ_0 dla którego występuje ta wartość maksymalna.
2. Na tym samym wykresie nanieść wartości funkcji $i(\varphi) = i_{\max} \cdot \cos^2(\varphi - \varphi_0)$.
3. Przedstawić zależność znormalizowanej intensywności światła przechodzącego przez analizator jako $\frac{i}{i_{\max} - i_0}$ od $\cos^2(\varphi - \varphi_0)$ jak na Rys. 3.

Ćwiczenie O-2: Sprawdzanie prawa Malusa

4. Przeanalizować zależność przedstawioną na Rys. 3 pod kątem sprawdzenia prawa Malusa.
5. Stosując metodę najmniejszych kwadratów dla prostej $y = ax + b$ wyliczyć nachylenie prostej a , dla $y = \frac{i}{i_{\max} - i_0}$ i $x = \cos^2(\varphi - \varphi_0)$.
6. Obliczyć niepewność pomiarową dla nachylenia a prostej.
7. Zapisać wartość a z uwzględnieniem niepewności pomiarowej.
8. Obliczyć błąd względny wartości a jako $\delta_a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\%$.
9. Napisać wnioski.

Literatura

1. H. Szydłowski – Pracownia Fizyczna, PWN Warszawa 1973 i późn.
2. J. Orear – Fizyka, T.1 i 2, WNT Warszawa 1990.
3. S. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna cz. 4, PWN 1982
4. R. Resnick, D. Halliday, J. Walker – Podstawy fizyki.
5. J. Lech Opracowanie wyników pomiarów w laboratorium podstaw fizyki, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Częstochowa 2005.