

عنوان آزمایش:

مطالعه قطبش و تحقیق قانون مالوس^۱

هدف آزمایش:

۱- تعیین رابطه بین شدت باریکه عبوری از میان یک قطبشگر (آنالیزور) و زاویه θ (زاویه بین محور پلاریزور و آنالیزور)

۲- تحقیق قانون مالوس

وسایل موردنیاز آزمایش:

۱- فیلتر قطبنده (آنالیزور و پلاریزور)

۲- فیلتر نوری زرد

۳- مولتی متر

۴- فوتوسل

۵- نگهدارنده فوتوسل

۶- محفظه لامپ هالوژن به همراه لامپ هالوژن ۱۲ ولت

۷- پایه اپتیکی (ریل اپتیکی)

۸- واگن

۹- لغزنده تصویر^۲

۱۰- منبع تغذیه ۲ ولت تا ۱۲ ولت، ۱۲۰ وات

۱۱- پرده نیمه شفاف نمایش

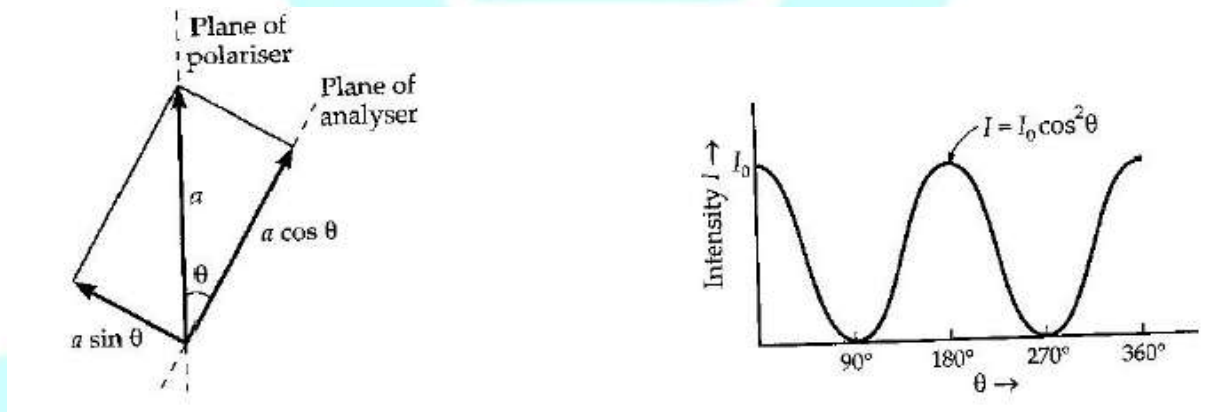
۱۲- یک جفت کابل ۱۰۰ سانتی متری (آبی/ قرمز)

1- Malus

2- Picture slider

تئوری آزمایش:

هنگامی که نور روی یک قطبشگر (پلاریزور) می‌تابد، نور قطبیده می‌شود. نور قطبیده که روی قطبشگر دیگری، که آنالیزور نامیده می‌شود، می‌تابد وابسته به جهت‌گیری محور آن نسبت به آنالیزور عبور می‌کند. شدت نور عبوری از آنالیزور از قانون مالوس پیروی می‌کند. قانون مالوس توضیح می‌دهد که چگونه شدت نور عبوری از آنالیزور با زاویه‌ای که صفحه عبور آن با آن قطبشگر (آنالیزور) می‌سازد، تغییر می‌کند. شکل (۱) وابستگی شدت نور عبوری از آنالیزور با زاویه θ را نشان می‌دهد.



شکل (۱): شدت نور عبوری با توان دوم \cos زاویه بین دو صفحه عبوری پلاریزور و آنالیزور تغییر می‌کند.

اگر A_0 دامنه نور فرودی و A_t دامنه نور عبوری از آنالیزور باشد، رابطه زیر برقرار است:

$$A_t = A_0 \cos(\theta) \quad (1)$$

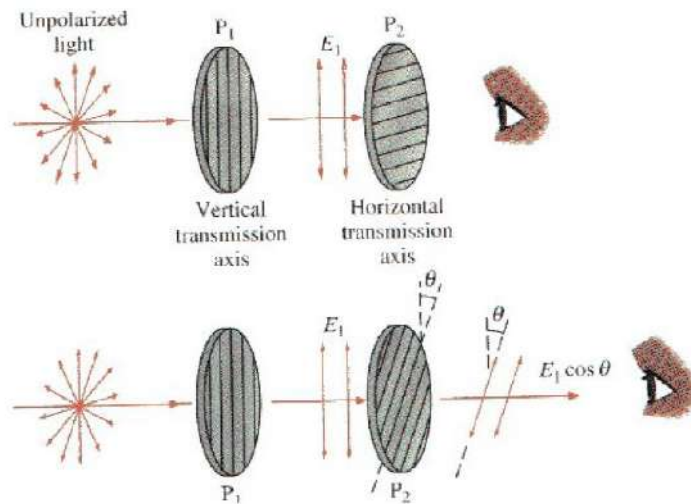
با توجه به اینکه شدت از توان دوم میدان به دست می‌آید، شدت نور عبوری از آنالیزور از رابطه زیر پیروی می‌کند (شکل (۲)):

$$I_t = A_t^2 = A_0^2 \cos^2(\theta) = I_0 \cos^2(\theta) \quad (2)$$

که در آن I_0 شدت نور قطبیده خطی تابیده روی آنالیزور و θ زاویه بین صفحات عبوری آنالیزور و پلاریزور است.

۱- اگر θ برابر صفر درجه باشد، یعنی صفحات پلاریزور و آنالیزور در یک راستا قرار گرفته باشند، شدت عبوری از فیلتر دوم برابر شدت نوری است که از فیلتر اول می‌گذرد. در این حالت، شدت بیشینه عبور می‌کند.

۲- اگر θ برابر ۹۰ درجه باشد، یعنی صفحات پلاریزور و آنالیزور به صورت متعامد قرار گرفته باشند، $\cos^2(90)$ برابر صفر است. بنابراین هیچ نوری از فیلتر دوم عبور نمی‌کند (این حالت شدت کمینه (صفر) را عبور می‌دهد).



شکل (۲): رابطه دامنه میدان الکتریکی با زاویه بین محور آنالیزور و پلاریزور

شدت نور نمی‌تواند به صورت مستقیم اندازه‌گیری شود. شدت نور با آشکارسازهای نوری مانند فوتوسل یا مقاومت وابسته به نور^۳ تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود. در چنین آشکارسازهای نوری‌ای جریان تولیدی به صورت مستقیم وابسته به شدت نور است.

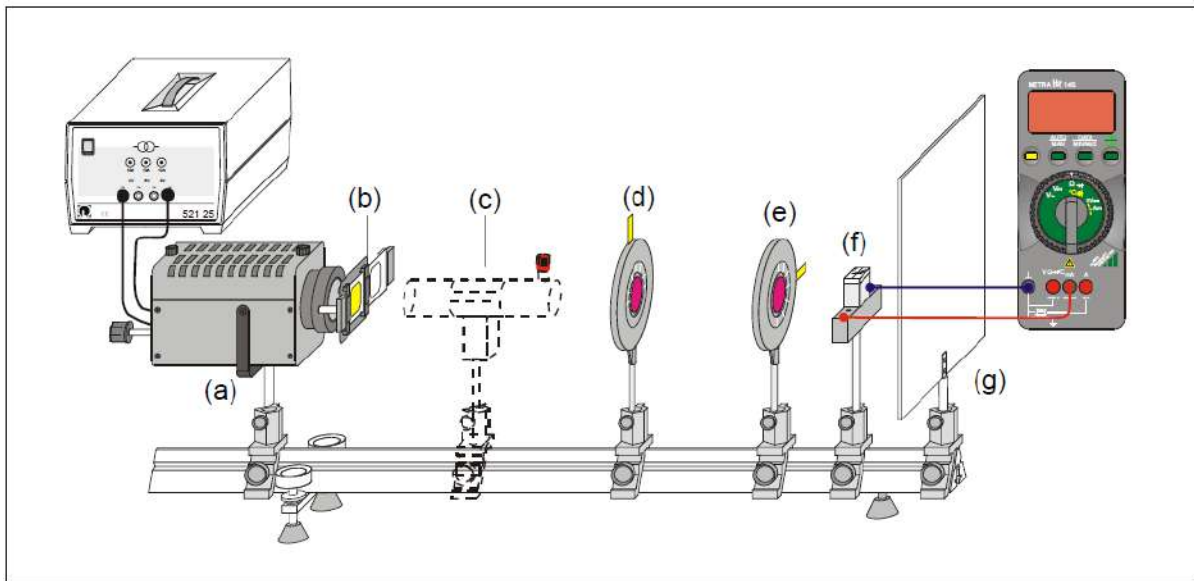
$$I_t \propto I(A) \quad (۳ الف)$$

$$I_t = K \cdot I(A) \quad (۳ ب)$$

که در آن K ثابت بازده تبدیل آشکارساز نوری است.

روش انجام آزمایش:

چیدمان آزمایش به صورت طرحواره در شکل (۳) نشان داده شده است.



(a) لامپ هالوژن، (b) لغزنده تصویر با فیلترها، (c) فیلتر حفاظت گرمایی، (d) قطبشگر (پلاریزور)، (e) قطبشگر (آنالیزور)، (f) فوتوسل سیلیکونی، (g) پرده نمایش نیمه شفاف

شکل (۳): چیدمان آزمایش تحقیق قانون مالوس

الف - نکاتی در رابطه با مسیر باریکه

- نور تولیدشده به وسیله لامپ هالوژن (a) با استفاده از یک متمرکزکننده (b) متمرکزشده و از میان یک فیلتر مقاومت گرمایی می‌گذرد تا از المان‌های نوری در مقابل گرم شدن محافظت کند.
- علاوه بر آن، یک فیلتر حفاظت گرمایی پر شده از آب نیز می‌تواند استفاده شود (این فیلتر در شکل با خطوط نقطه‌چین نمایش داده شده است) تا تابش مادون قرمز که منجر به سیگنال‌های پس‌زمینه بزرگ آشکارسازی شده در فوتوسل می‌شود را کاهش دهد.

ب- تنظیم اپتیکی:

- ۱- لامپ هالوژن (a) را با آینه بازتابنده تنظیم کرده و متمرکزکننده و لغزنده تصویر را در محفظه لامپ ثابت کنید.
- ۲- فیلتر نور زرد را در جلوی فیلتر گرمایی در لغزنده تصویر قرار دهید.
- ۳- پلاریزور و آنالیزور را طبق شکل تنظیم کنید (فاصله پلاریزور و لامپ هالوژن حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر باشد).
- ۴- فوتوسل سیلیکونی را پشت آنالیزور تنظیم کنید و مسیر پرتوی نور را به قسمی تنظیم کنید که فوتوسل به خوبی روشن‌سازی شود. با حرکت لامپ داخل محفظه لامپ هالوژن روشنایی می‌تواند تنظیم شود. یک تصویر واضح و تیز از پیچه لامپ روی یک ورقه کوچک کاغذی که در مرکز فوتوسل سیلیکونی (g) قرار گرفته است، تولید کنید.

توجه: پرده نمایش نیمه شفاف نشان داده شده در شکل (۳) برای انجام آزمایش به صورت کیفی،

مورد استفاده قرار می گیرد.

۵- برای اندازه گیری جریان فوتوسل، فوتوسل سیلیکونی را با یک جفت کابل آبی / قرمز به مولتی متر متصل کنید.

توجه: جریان فوتونی متناسب با شدت نور است. شدت نور متناسب با مربع بردار میدان الکتریکی است

$$(I \sim E^2)$$

▪ نکات ایمنی:

باید توجه شود که فیلترهای گوناگون به واسطه بیش از حد گرم شدن تخریب نشوند (آسیب نبینند).
❖ فیلتر قطبنده را به طور مستقیم جلوی منبع نور قرار ندهید. از فیلترهای حفاظت گرمایی برای جلوگیری از تخریب پوشش برگ پلاستیکی تداخلی (فیلتری که جهت تضعیف نور و جلوگیری از اشباع مورد استفاده قرار می گیرد) استفاده کنید.

۶- پلاریزور را روی موقعیت صفر تنظیم کنید.

۷- شدت نور را به صورت تابعی از موقعیت آنالیزور در بازه 0° تا 90° اندازه گیری کنید.

۸- جدول (۱) را تکمیل کنید.

جدول (۱): جریان اندازه گیری شده به صورت تابعی از θ

زاویه θ (بر حسب درجه)	$I (\mu A)$	$I - I_0 (\mu A)$	$\frac{I - I_0}{I_{\max} - I_0}$
-۹۰			
-۸۰			
-۷۰			
-۶۰			
-۵۰			
-۴۰			
-۳۰			
-۲۰			
-۱۰			
۰			

زاویه θ (بر حسب درجه)	$I(\mu A)$	$I - I_0 (\mu A)$	$\frac{I - I_0}{I_{\max} - I_0}$
۱۰			
۲۰			
۳۰			
۴۰			
۵۰			
۶۰			
۷۰			
۸۰			
۹۰			

خواسته‌های آزمایش:

۱- نمودار $\frac{I - I_0}{I_{\max} - I_0}$ را بر حسب $\cos(\theta)$ رسم کنید. آیا نتایج حاصل از نمودار با آنچه از قانون مالوس انتظار می‌رود، تطابق دارد؟

۲- نمودار $\frac{I - I_0}{I_{\max} - I_0}$ را بر حسب $\cos^2(\theta)$ رسم کنید. آیا رفتار شدت در این نمودار خطی است؟ آیا نتایج حاصل از نمودار با آنچه از قانون مالوس انتظار می‌رود، تطابق دارد؟

۳- خطای دیفرانسیلی ΔI را به دست آورید (برای یک زاویه مشخص، به طور مثال، 45°).

۴- چرا در حالتی که محورهای پلاریزور و آنالیزور بر هم عمودند، خاموشی کامل مشاهده نمی‌شود؟