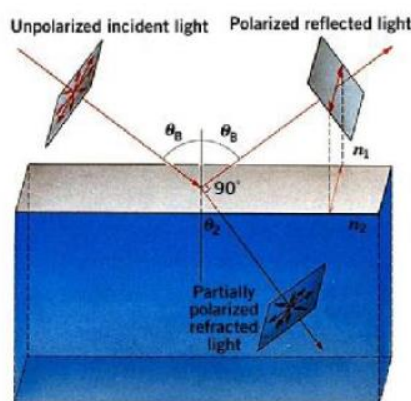


آزمایش (۷)

موضوع آزمایش: بررسی نور قطبی شده روی یک دی الکتریک و مقایسه نتایج آن با معادلات فرنل



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج
چراغ سدیم و منبع تغذیه
منشور
قطبشگر و تحلیلگر

مبانی نظری آزمایش:

زاویه بروستر (Brewster angle):

وقتی نور به مرز دو محیط با ضریب شکست متفاوت می‌رسد، همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، قسمتی از آن اغلب بازتاب می‌شود. بخش بازتابیده، توسط معادلات فرنل توصیف می‌شود و به قطبش نور تابیده و زاویه تابش بستگی دارد.

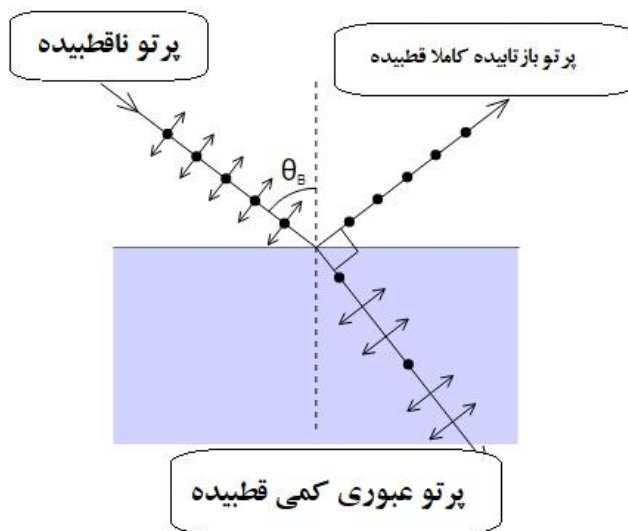
زاویه بروستر، زاویه تابش پرتو نور با قطبشی خاص است که بدون هیچ بازتابی به‌طور کامل از سطح یک دی الکتریک شفاف عبور می‌کند.

وقتی نور ناقطبیده در این زاویه تابیده می‌شود، نور بازتابیده از سطح به‌طور کامل قطبیده می‌شود. (شکل ۷-۱)

معادلات فرنل بیان می کند که نور با قطبش P (قطبش موازی با سطح، که در شکل با دایره های کوچک توپر نشان داده شده اند) بازتابیده نخواهد شد اگر زاویه تابش برابر باشد با:

$$\theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

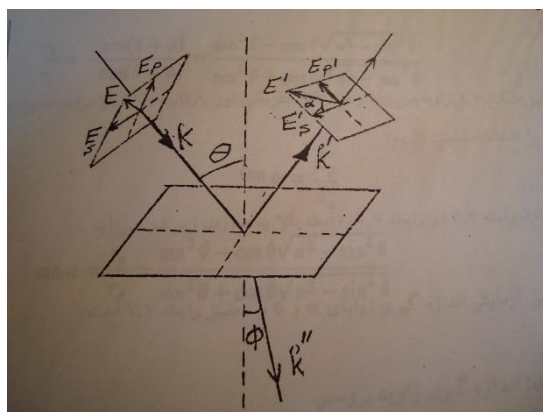
که n_1 ضریب شکست محیط اول و n_2 ضریب شکست محیط دوم است. این معادله، قانون بروستر و این زاویه، زاویه بروستر است.



(شکل ۷-۱)

معادلات فرنل:

فرض می کنیم که یک موج تخت تکفام دارای قطبش خطی، تحت زاویه θ ، بر فصل مشترک همواری که دو محیط دی الکتریک مختلف را از هم جدا می کند فرود آید (شکل ۷-۲).



(شکل ۷-۲)

در این حالت قسمتی از موج از سطح مشترک دو محیط بازتابیده و قسمتی از موج وارد محیط دوم شده و تحت زاویه φ شکست پیدا می کند. مطابق شکل مؤلفه موازی با صفحه تابش میدان الکتریکی نور فرودی را با E_p و مؤلفه عمود بر صفحه تابش میدان نور فرودی را با E_s نشان می دهیم.

E'_p و E'_s نیز مؤلفه های میدان الکتریکی نور بازتابیده می باشند. با توجه به شرایط مرزی که با استفاده از قوانین نظریه الکترو مغناطیس بدست می آیند و با استفاده از قانون اسنل، می توان ضرایب بازتاب را برای مؤلفه های عمود و موازی با صفحه تابش، از روابط زیر که به معادلات فرنال موسومند بدست آورد:

$$r_s = \frac{E'_s}{E_s} = -\frac{\sin(\theta-\varphi)}{\sin(\theta+\varphi)} \quad (1-7)$$

$$r_p = \frac{E'_p}{E_p} = -\frac{\tan(\theta-\varphi)}{\tan(\theta+\varphi)} \quad (2-7)$$

هرگاه بردار میدان الکتریکی نور تخت فرودی با صفحه تابش زاویه 45° درجه داشته باشد در آن صورت E_s و E_p با یکدیگر برابر بوده و از تقسیم رابطه ۲-۷ بر رابطه ۱-۷ داریم:

$$\frac{r_p}{r_s} = \frac{E'_p}{E'_s} = -\frac{\cos(\theta-\varphi)}{\cos(\theta+\varphi)} \quad (3-7)$$

با توجه به اینکه محیط اول در آزمایش ما هوا است بنابراین، قانون اسنل به صورت زیر خواهد بود:

$$\sin \theta = n \sin \varphi \quad (4-7)$$

که در آن n ، ضریب شکست محیط دوم است. با استفاده از رابطه ۴-۷، رابطه ۳-۷ به صورت زیر در می آید:

$$\frac{r_p}{r_s} = -\frac{\cos(\theta+\varphi)}{\cos(\theta-\varphi)} = \frac{\sin^2 \theta - \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta + \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (5-7)$$

اگر طبق شکل ۱-۷ زاویه بین بردار میدان الکتریکی نور بازتابیده، E' ، و مؤلفه عمود بر صفحه تابش، E'_s ، را با α نشان دهیم، داریم:

$$\tan \alpha = \frac{E'_p}{E'_s} \quad (6-7)$$

با قرار دادن رابطه ۵-۷ در رابطه ۶-۷، رابطه بالا به صورت زیر در می آید:

$$\tan \alpha = \frac{r_p}{r_s} = \frac{\sin^2 \theta - \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta + \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (7-7)$$

هدف از این آزمایش اندازه گیری زوایای α و θ و تحقیق رابطه ۷-۷ است.

آزمایش اول: اندازه گیری زاویه بروستر روش آزمایش:

دستگاه طیف سنج را مطابق دستوری که در آزمایش ۱ آمده است تنظیم کنید و سپس لامپ سدیم را مقابل شکاف موازی ساز قرار داده و تار موئی را بر تصویر شکاف منطبق کنید. بدون تغییر در مکان دوربین صفر صفحه حامل را بر صفر صفحه چرخان منطبق کرده و سعی کنید تا آخر آزمایش این تنظیم برقرار باشد. قطبشگر را روی ۹۰ درجه میزان کرده و جلوی چراغ سدیم بگذارید. مطابق آنچه در شکل مشاهده می شود، دوربین چشمی دستگاه را در موقعیتی که بتوان پرتو بازتاب را مشاهده کرد قرار می دهیم. پس از مشاهده انعکاس تصویر شکاف، منشور را بچرخانید و با دوربین تصویر شکاف را تعقیب کنید. با چرخش منشور در جهت مناسب، شدت نور تصویر شکاف کم می شود تا به حداقل رسیده و مجدداً شدت نور شکاف زیاد می شود. جایی که شدت نور تصویر شکاف کمینه است دوربین را محکم کرده و درجه مربوط با بخوانید (θ_1)، سپس منشور را برداشته و مستقیماً تصویر شکاف را بینیدی و زاویه را یادداشت کنید (θ_0). (در صورتیکه تنظیم طیف سنج به هم نخورده باشد مقدار آن صفر خواهد بود). مقادیر بدست آمده را در جدول ۷-۱ یادداشت کرده و این عمل را حداقل سه بار تکرار کنید. با استفاده از این نتایج زاویه تابش را که همان زاویه بروستر است محاسبه کرده و در جدول ۷-۱ یادداشت نمایید. با توجه به مقدار بدست آمده برای زاویه بروستر ضریب شکست منشور را از رابطه زیر بدست آورید:

$$n = \tan \theta_B \quad (7-8)$$



محاسبه خطا:

خطای زاویه ی بروستر را حساب کنید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را نوشته و راههای کاهش آنها را بیان کنید.

آزمایش دوم: اندازه گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب روش آزمایش:

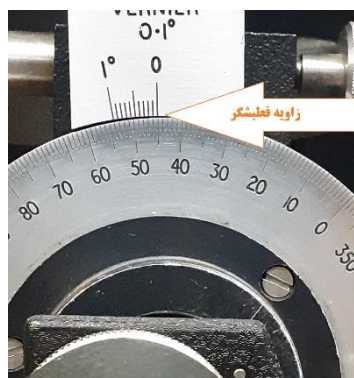


همانطور که در ابتدا گفته شد چون ضرایب بازتاب برای مؤلفه های عمودی و موازی میدان الکتریکی با صفحه تابش با یکدیگر تفاوت دارند بنابراین بعد بازتاب از یک سطح، جهت قطبش نور عوض می شود. ما در این آزمایش می خواهیم جهت قطبش نور را پیدا کرده و زاویه بین این جهت و امتداد عمود بر صفحه تابش را بیابیم. برای این منظور مراحل زیر را انجام می دهید:

۱- بدون اینکه در تنظیم اولیه طیف سنج تغییری ایجاد نمایید تحلیلگر را جلوی دوربین طیف سیج نصب کنید. قطبشگر را روی صفر قرار داده و منشور را از روی حامل بردارید، تا تصویر شکاف را ببینید. تحلیلگر را بچرخانید تا شدت نور تصویر شکاف به حداقل ممکن برسد. در این حالت عدد خوانده شده روی تحلیلگر را یادداشت کنید. این عدد را α_0 نامیده و آن را مبدأ سنجش قرار دهید.



۲- قطبشگر را روی زاویه ۴۵ درجه قرار داده منشور را روی حامل بگذارید.



- ۳- با چرخش مناسب دوربین زاویه تابش را طبق خواسته‌های جدول ۷-۲ تنظیم کنید. صفحه حامل منشور را بچرخانید تا تصویر شکاف بر روی تار موئی منطبق شود.
- ۴- تحلیلگر را بچرخانید تا شدت نور تصویر شکاف به کمترین مقدار خود برسد. زاویه تحلیلگر را یادداشت نمائید (α_1)، نتایج را در جدول ۷-۲ بنویسید. برای دقت بیشتر بهتر است که در محدوده زاویه بروستر تغییرات زاویه تابش، θ ، را کوچکتر کرده و تعداد اندازه‌گیری‌های خود را افزایش دهید.



بعد از اندازه‌گیری α مقدار $\tan \alpha$ را بدست آورده و در جدول ۷-۲ بنویسید. همچنین با استفاده از رابطه ۷-۷ مقدار $\tan \alpha$ را به ازای $n=1.52$ محاسبه کرده در جدول ۷-۲ یادداشت نمائید. نمودار تغییرات $\tan \alpha$ بر حسب θ را رسم کنید. (با استفاده از نتایج تجربی و نتایج بدست آمده از رابطه ۷-۷) با استفاده از منحنی تجربی زاویه بروستر، θ ، را بدست آورید و با نتیجه بدست آمده از آزمایش اول مقایسه کنید.

محاسبه خطا:

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۷

زاویه بروستر
جدول ۱-۷

دفعات	θ_0	θ_1	$\theta = \theta_1 - \theta_0$	زاویه ی بروستر	n
۱					
۲					
۳					
میانگین					

اندازه گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب
جدول ۲-۷

زاویه ی تابش θ	تنظیم اولیه α_0	α_1	$\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$	$\tan \alpha$ (آزمایش)	$\tan \alpha$ (محاسبه)
70°					
65°					
62.5°					
55°					
50°					
45°					
40°					