



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

(دانشکده فیزیک، طبقه 1، آزمایشگاه اپتیک و لیزر)

آزمایش 7: بررسی نور قطبی شده روی یک دیالکتریک و مقایسه‌ی نتایج آن با معادلات فرنل

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1403.2.5

در این آزمایش بعد از تنظیم طیف‌سنج، پرتوی قطبیده شده‌ی یک لامپ سدیم را به منشور می‌تابانیم. بعد از پیدا کردن پرتوی منعکس شده از منشور، زاویه‌ای که شدت نور پرتو به مینیمم مقدار خود می‌رسد را پیدا کرده و از روی این زاویه و زاویه‌ی خود پرتو بدون حضور منشور، زاویه‌ی بروستر را به دست می‌آوریم. در ادامه تحلیل‌گر را در مقابل دوربین قرار داده و به ازای زوایای تابش مشخص شده، زاویه‌ای از تحلیل‌گر که شدت نور انعکاس پرتو در آن مینیمم هست، را پیدا می‌کنیم. در نهایت نمودار تانژانت این زاویه را بر حسب زاویه‌ی تابش رسم کرده و زاویه‌ی بروستر را مجدداً محاسبه می‌کنیم. وسایل مورد نیاز برای آزمایش: چراغ سدیم و منبع تغذیه، طیف‌سنج، قطبش‌گر و تحلیل‌گر، منشور

۱ اندازه‌گیری زاویه‌ی بروستر

ابتدا طیف‌سنج را همان‌طور که در آزمایش‌های قبل توضیح دادم، تنظیم می‌کنیم. سپس قطبش‌گر را با زاویه‌ی 90 درجه مقابل لامپ سدیم و در پشت طیف‌سنج قرار می‌دهیم. سپس منشور را روی صفحه‌ی طیف‌سنج قرار می‌دهیم و انعکاس پرتوی لامپ از منشور را پیدا می‌کنیم. در مرحله‌ی بعد دوربین چشمی طیف‌سنج و صفحه‌ی منشور را همزمان و به آهستگی می‌چرخانیم تا زاویه‌ای که شدت نور پرتوی انعکاس به مینیمم مقدار خود برسد را پیدا کنیم. این زاویه را یادداشت کرده و θ_1 می‌نامیم. در این لحظه پدیده‌ی بروستر رخ داده است. سپس منشور را برمی‌داریم و پرتوی رسیده را مستقیماً با دوربین چشمی مشاهده می‌کنیم. زاویه‌ای که پرتو روی تار مویی قرار می‌گیرد را θ_0 می‌نامیم.

بعد از اندازه گیری های گفته شده، زاویه ی بروستر و ضریب شکست را از روابط زیر به دست می آوریم:

$$\theta_B = \frac{180 - (\theta_1 - \theta_0)}{2} \quad (۷-۱)$$

$$n = \tan \theta_B \quad (۷-۲)$$

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۷-۱: زاویه ی بروستر

دفعات	θ_0 (°)	θ_1 (°)	$\theta = \theta_0 - \theta_1$ (°)	زاویه ی بروستر (°)	n
1	0	72.5	72.5	53.75	1.36
2	0	67	67	56.5	1.51
3	0	71.5	71.5	54.25	1.39
میانگین	0	70.3	70.3	54.83	1.42

محاسبه ی خطا:

$$\delta \theta_B = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \approx \frac{2.07}{\sqrt{3}} \approx 1.19^\circ \quad (۷-۳)$$

این خطا به طور عمده به علت خطای چشم در پیدا کردن مینیمم شدت نور هست اما عوامل دیگری مثل خطای ابزار آزمایش از قبیل قطبش گر و وجود ناهمواری در سطح منشور هم تاثیر داشتند. برای کاهش این خطاها باید از ابزار لازم و دقیق به جای تشخیص چشمی استفاده کرد.

۲ اندازه‌گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب

ابتدا قطبش‌گر را روی زاویه‌ی صفر درجه قرار داده و منشور را از روی صفحه‌ی طیف‌سنج بر می‌داریم. همچنین تحلیل‌گر را در پشت دوربین چشمی طیف‌سنج قرار می‌دهیم. پرتوی رسیده از لامپ را از دوربین چشمی مشاهده کرده و زاویه‌ای از تحلیل‌گر که شدت نور پرتو را مینیمم می‌کند را پیدا می‌کنیم. این زاویه را α_0 می‌نامیم.

حالا زاویه‌ی قطبش‌گر را روی 45 درجه قرار می‌دهیم و منشور را روی صفحه‌ی طیف‌سنج می‌گذاریم. زوایای تابش در جدول مشخص شده‌اند. بر اساس زوایای تابش، زاویه‌ی دوربین چشمی طیف‌سنج را به‌دست آورده و دستگاه را روی آن تنظیم می‌کنیم (رابطه‌ی ۷-۴). سپس انعکاس پرتو را پیدا کرده و با تغییر زاویه‌ی تحلیل‌گر، زاویه‌ای که شدت نور پرتوی انعکاس مینیمم می‌شود را پیدا کرده و یادداشت می‌کنیم. این زاویه را α_1 می‌نامیم.

$$\text{زاویه‌ی تابش} \times 2 - 180 = \text{زاویه‌ی دوربین چشمی} \quad (۷-۴)$$

در ادامه تانژانت اختلاف این دو زاویه را محاسبه کرده و در جدول یادداشت می‌کنیم. همچنین این تانژانت را با استفاده از رابطه‌ی زیر هم محاسبه کرده و نتایج دو روش را با هم مقایسه می‌کنیم. توجه شود که $n = 1.52$:

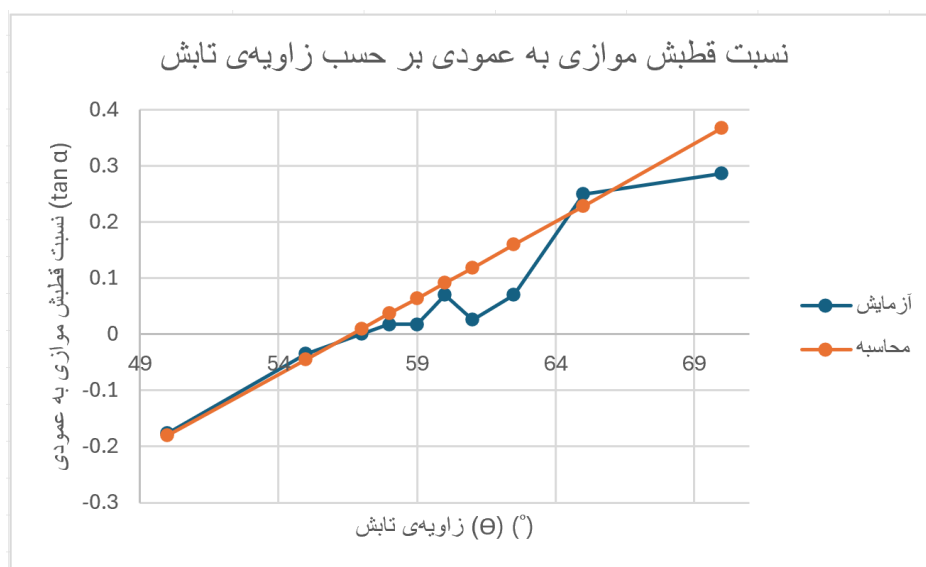
$$\tan(\alpha_1 - \alpha_0) = \frac{\sin^2 \theta - \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta + \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (۷-۵)$$

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۷-۲: اندازه‌گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب

زاویه‌ی تابش θ (°)	تنظیم اولیه α_0 (°)	α_1 (°)	$\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$ (°)	$\tan \alpha$ (آزمایش)	$\tan \alpha$ (محاسبه)
70	63	47	-16	-0.2867	0.3673
65	63	49	-14	-0.2493	0.2286
62.5	63	59	-4	-0.0699	0.1598
61	63	61.5	-1.5	-0.0262	0.1186
60	63	59	-4	-0.0699	0.0912
59	63	62	-1	-0.0175	0.0639
58	63	62	-1	-0.0175	0.0366
57	63	63	0	0	0.0093
55	63	65	2	0.0349	-0.0451
50	63	73	10	0.1763	-0.1797

حالا نمودار $\tan \alpha$ یا همان نسبت دامنهی قطبش موازی به عمودی را بر حسب θ یا همان زاویه‌ی تابش رسم می‌کنیم. نتایج به صورت زیر شد:



نمودار ۷-۱: نسبت قطبش موازی به عمودی بر حسب زاویه‌ی تابش

همانطور که مشاهده می‌شود، زمانی که قطبش موازی تقریباً صفر می‌شود، زاویه‌ی تابش حدوداً 57 درجه هست که زاویه‌ی بروستر نامیده می‌شود. این عدد بسیار نزدیک به عدد به‌دست آمده برای زاویه‌ی بروستر در بخش اول آزمایش (54.83°) است.

خطای سیستماتیک موجود در این بخش از آزمایش می‌تواند به دلیل خطای چشم برای پیدا کردن نقطه‌ی مینیمم شدت نور، خطای وسایل آزمایش از قبیل قطبش‌گر، تحلیل‌گر، ناهمواری‌های سطح منشور مورد استفاده در آزمایش و موازی و تکفام نبودن پرتوهای لامپ باشد. برای کاهش این خطاها می‌توان از ابزارهای دقیق‌تر برای پیدا کردن نقطه‌ی مینیمم استفاده کرد. همچنین از کیفیت و دقت وسایل آزمایش و وسایل اندازه‌گیری اطمینان پیدا کرد.

۳ نتیجه‌گیری

در این آزمایش نور قطبیده‌شده روی یک دی‌الکتریک را مشاهده کردیم و با پدیده‌ی بروستر آشنا شدیم. توانستیم زاویه‌ی بروستر را از دو روش یکی به صورت مستقیم و دیگری با استفاده از نمودار به‌دست آورده و با نتایج حاصل از معادلات فرنل مقایسه کنیم. همچنین منشا خطاهای موجود را بررسی و راه‌های کاهش آن‌ها را مطرح کردیم.