



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

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

آزمایش 1: اندازه گیری ضریب شکست منشور و محاسبه ی ضرایب کوشی

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1402.12.2

در این آزمایش بعد از تنظیم طیف سنج، با اندازه گیری زاویه ی بازتاب پرتوی لامپ هلیوم از منشور، زاویه ی راس منشور را به دست می آوریم. در ادامه با استفاده از طیف های جدا شده و زاویه ی مینیمم انحراف، ضریب شکست منشور و سپس ضرایب کوشی را به دست می آوریم و منحنی پاشندگی منشور را رسم می کنیم.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش: طیف سنج، منشور شیشه ای، لامپ هلیوم و منبع تغذیه

۱ تنظیم طیف سنج

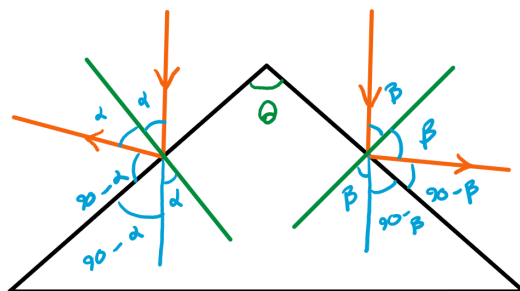
برای تنظیم دستگاه، ابتدا آن را به بیرون از فضای آزمایشگاه برده و با تغییر پیچ کنار دوربین چشمی سعی می کنیم تصویر واضحی از یک جسم در فاصله ی دور در چشمی دوربین ببینیم.

سپس طیف سنج را مقابل لامپ هلیوم قرار داده و دوباره با پیچاندن پیچ کنار دوربین چشمی سعی می کنیم تصویر واضحی از باریکه ی نور در چشمی مشاهده کنیم. همچنین می توانیم با استفاده از پیچ تنظیم ضخامت شکاف، ضخامت باریکه ی نور را هم تغییر دهیم. در نهایت باریکه ی نور را روی خط عمودی باریکی که در دوربین چشمی مشاهده می شود ثابت می کنیم.

حالا پیچ دوربین چشمی را ثابت کرده و پیچ ورنیه را باز می کنیم. 0 صفحه ی مدرج را روی 0 ورنیه قرار داده و سپس پیچ تنظیم ورنیه را ثابت می کنیم و پیچ تنظیم دوربین چشمی را باز می کنیم. در این مرحله طیف سنج تنظیم شده و آماده ی استفاده است.

۲ اندازه گیری زاویه ی راس منشور

منشور شیشه ای را روی صفحه ی حامل طیف سنج قرار می دهیم، به گونه ای که یکی از راس های آن دقیقاً روی دوربین موازی ساز قرار گیرد. در این حالت پرتوی لامپ هلیوم، به دو سطح منشور برخورد کرده و از دو سطح بازتاب می شود. با چرخاندن دوربین چشمی، یکبار پرتوی بازتاب شده از سطح سمت راست و یکبار پرتوی بازتاب شده از سطح سمت چپ را مشاهده کرده و زاویه ی دوربین چشمی از حالت 0 را در هر دو حالت از روی ورنیه می خوانیم و یادداشت می کنیم.



شکل ۱-۱: زوایای حاصل از برخورد پرتو و بازتاب آن

اگر دو خط موازی آبی رنگ را برهم منطبق فرض کنیم در می یابیم که:

$$\theta = (90 - \alpha) + (90 - \beta) \quad (۱-۱)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = (90 - \alpha) + (90 - \alpha) + (90 - \beta) + (90 - \beta) = 2\theta \quad (۲-۱)$$

توجه شود که θ_1 و θ_2 زوایای بازتاب هستند.
بنابراین، زاویه‌ی راس منشور برابر است با میانگین دو زاویه‌ی بازتاب خوانده شده از ورنیه.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱-۱: اندازه‌گیری زاویه‌ی راس منشور

دفعات	θ_1°	θ_2°	$\theta_1 + \theta_2 = \theta^\circ$	α° (راس منشور)
1	67	56	123	61.5
2	66	54	120	60
3	67	53	120	60
میانگین	66.67	54.3		60.5

همچنین خطای این زاویه را نیز به دست می‌آوریم:

$$\Delta\alpha = \max(\Delta\theta_1 + \Delta\theta_2, \frac{\sigma}{\sqrt{3}}) = \max(2 \text{ دقیقه}, 0.4^\circ) = 0.4^\circ \quad (۳-۱)$$

همانطور که مشاهده می‌شود، زاویه‌ی راس منشور با خطای نسبتاً کمی برابر با 60 درجه که مقدار واقعی این زاویه بود، شد. این خطا می‌تواند ناشی از زاویه‌ی دید، عدم تنظیم کامل دستگاه، موازی نبودن پرتوهای نور و ... باشد.

۳ اندازه‌گیری زاویه‌ی مینیمم انحراف و رسم منحنی پاشندگی منشور

در این قسمت منشور را به گونه‌ای روی صفحه‌ی حامل قرار می‌دهیم که پرتوی لامپ هلیوم از طریق دوربین موازی‌ساز به یک سطح آن برخورد کرده و از آن

بازتاب شود. حالا با چرخاندن دوربین چشمی سعی می‌کنیم خطوط طیفی خارج شده از منشور را مشاهده کنیم.

در ادامه صفحه‌ی حامل را به آرامی در یک جهت مشخص می‌چرخانیم و با چرخاندن همزمان دوربین چشمی یکی از خطوط طیفی را دنبال می‌کنیم. این کار را آنقدر ادامه می‌دهیم تا در یک زاویه‌ی مشخص حرکت خط طیفی دنبال شده برعکس شود. آن زاویه را یادداشت می‌کنیم. این کار را برای بقیه‌ی خطوط طیفی نیز انجام می‌دهیم.

در مرحله‌ی بعد با استفاده از فرمول زیر ضریب شکست منشور برای هر طول موج را محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta_m}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (۴-۱)$$

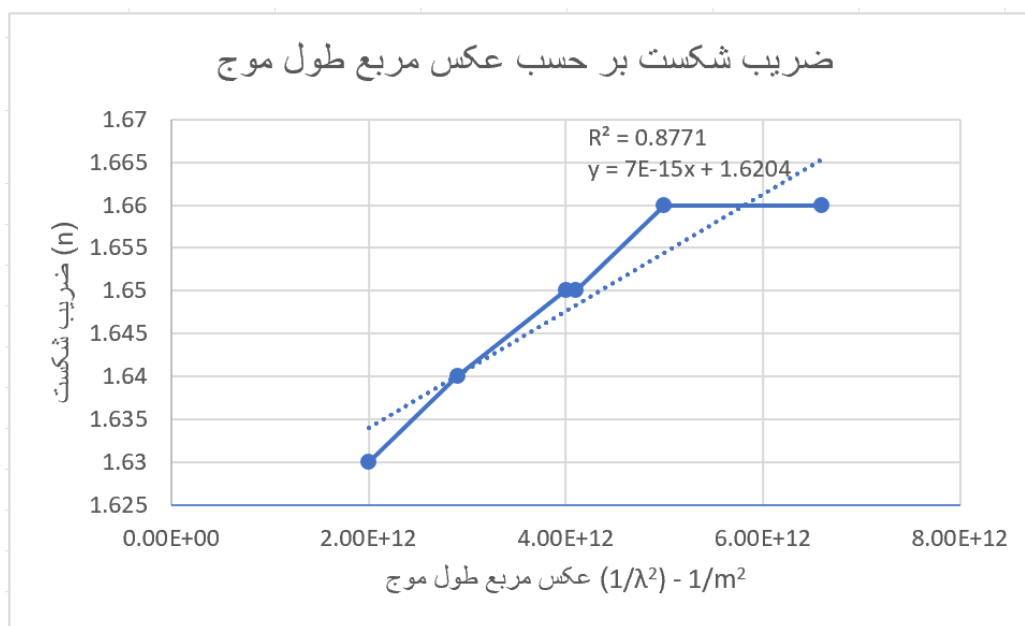
توجه شود که α زاویه‌ی راس منشور و δ_m میانگین زاویه‌ی مینیم انحراف برای یک رنگ مشخص است.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱-۲: زوایای مینیم انحراف لامپ هلیم

رنگ	$\lambda(A^\circ)$	° تنظیم اول	° تنظیم دوم	° تنظیم سوم	δ_m°	n
بنفش	3880	53.5	53	53.5	53.3	1.66
سبز پررنگ	5010	52	52	52	52	1.65
زرد	5880	51	51	51	51	1.64
قرمز	7060	50.5	50	50	50.2	1.63
سبز کم‌رنگ	4920	52	52	52.5	52.2	1.65
آبی	4470	52.5	53	52.5	52.7	1.66

حالا منحنی ضریب شکست را بر حسب عکس مربع طول موج رسم می‌کنیم تا ضرایب کوشی را به دست آوریم:



شکل ۱-۲: منحنی ضریب شکست بر حسب عکس مربع طول موج

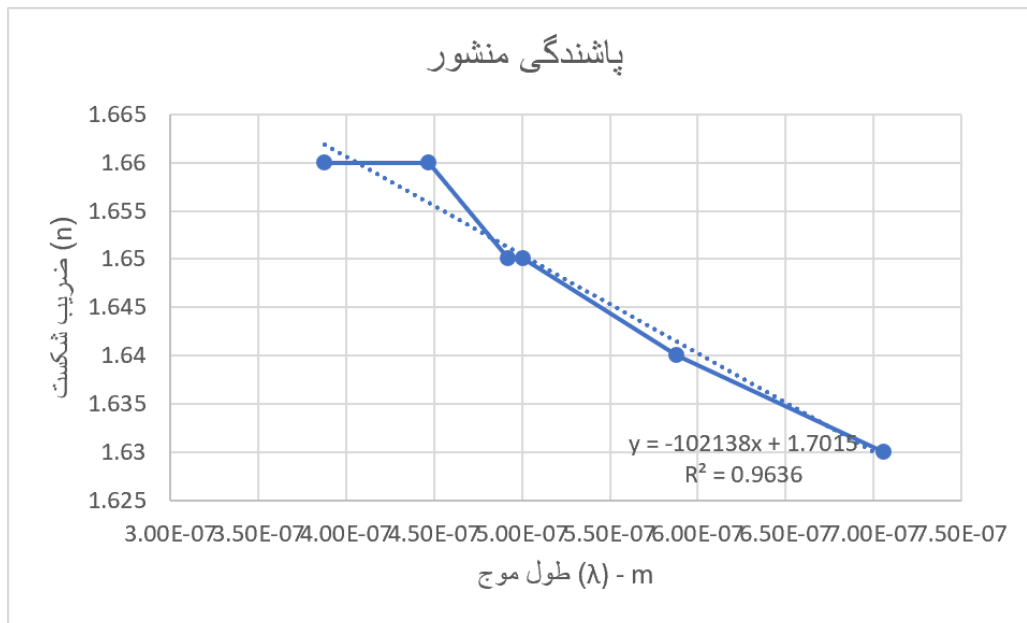
$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad (۵-۱)$$

با توجه به خط مشخص شده در نمودار، ضرایب کوشی به صورت زیر هستند:

$$y = 7 \times 10^{-15}x + 1.6204 \quad (۶-۱)$$

$$A = 1.6204 \quad (۷-۱)$$

$$B = 7 \times 10^{-15} \text{m}^2 \quad (۸-۱)$$



شکل ۱-۳: منحنی پاشندگی منشور

حالا به محاسبه‌ی خطای پارامترها می‌پردازیم:

$$\Delta\delta_m = \max(1', \frac{\sigma}{\sqrt{3}}) \quad (9-1)$$

$$\Delta n^2 = (\frac{\cos(\frac{\alpha+\delta_m}{2})}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \Delta\delta_m)^2 + (\frac{\cos(\frac{\alpha+\delta_m}{2})}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{\sin(\frac{\alpha+\delta_m}{2}) \cos \frac{\alpha}{2}}{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}})^2 \Delta\alpha^2 \quad (10-1)$$

$$\Delta B^2 = \frac{1}{\sigma^2} \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-2} \quad (11-1)$$

$$\Delta A^2 = (\frac{\sigma^2}{n} + (\frac{1}{\lambda^2})) \Delta B^2 \quad (12-1)$$

به طوریکه:

$$d_i = y_i - mx_i - h \quad (۱۳-۱)$$

جدول ۱-۳: خطای پارامترها

رنگ	$\Delta\alpha^\circ$	$\Delta\delta_m^\circ$	$\Delta\delta_m / \delta_m$	Δn
بنفش	0.4	0.1	0.002 - 0.2%	0.5
سبز پررنگ	0.4	0.01	0.0002 - 0.02%	0.4
زرد	0.4	0.01	0.0002 - 0.02%	0.4
قرمز	0.4	0.1	0.002 - 0.2%	0.5
سبز کم رنگ	0.4	0.09	0.002 - 0.2%	0.4
آبی	0.4	0.1	0.002 - 0.2%	0.5

$$\Delta B = 2.9169 \times 10^{-15} m^2 \quad (۱۴-۱)$$

$$\Delta A = 0.0019 \quad (۱۵-۱)$$

۴ نتیجه گیری

در این آزمایش آموختیم که چطور با یک دستگاه طیف سنج کار کنیم و با استفاده از آن زاویه‌ی راس یک منشور دلخواه را به دست بیاوریم. همچنین یاد گرفتیم که چگونه زاویه‌ی مینیمم انحراف هر خط از طیف لامپ را اندازه گرفته و با استفاده از آن منحنی پاشندگی منشور را رسم کنیم. همچنین خطاهای مربوط به هر پارامتر را نیز به دست آوردیم و منشا خطاها را تا حدودی شناسایی کردیم.