



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

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

آزمایش 2: اندازه‌گیری طول موج با استفاده از منحنی پاشندگی نوری

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1402.12.9

در این آزمایش بعد از تنظیم طیف سنج و مکان توری پراش، زاویه‌ی پراش را برای مرتبه‌ی اول، دوم، و سوم لامپ هلیوم اندازه می‌گیریم. سپس با داشتن زاویه‌ی تابش، زاویه‌ی پراش، و فاصله‌ی بین دو شیار متوالی توری، طول موج هر طیف را محاسبه می‌کنیم. همچنین منحنی زاویه‌ی پراش بر حسب طول موج را برای آن رسم می‌کنیم. این کار را برای لامپ کادمیوم نیز تکرار می‌کنیم و طول موج مربوط به دو خط طیف آن را محاسبه می‌کنیم. همچنین با استفاده از منحنی‌ای که رسم کرده بودیم طول موج این دو خط را تعیین کرده و با عددی که از فرمول به دست آوردیم مقایسه می‌کنیم.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش: طیف‌سنج، توری پراش، لامپ هلیوم و منبع تغذیه، لامپ کادمیوم و منبع تغذیه

۱ تنظیم طیف‌سنج و مکان توری پراش

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

سپس طیف‌سنج را مقابل لامپ هلیوم قرار داده و دوباره با پیچاندن پیچ کنار دوربین چشمی سعی می‌کنیم تصویر واضحی از باریکه‌ی نور در چشمی مشاهده کنیم. همچنین می‌توانیم با استفاده از پیچ تنظیم ضخامت شکاف، ضخامت باریکه‌ی نور را هم تغییر دهیم. در نهایت باریکه‌ی نور را روی خط عمودی باریکی که در دوربین چشمی مشاهده می‌شود ثابت می‌کنیم.

حالا پیچ دوربین چشمی را ثابت کرده و پیچ ورنیه را باز می‌کنیم. 0 صفحه‌ی مدرج

را روی 0 ورنیه قرار داده و سپس پیچ تنظیم ورنیه را ثابت می‌کنیم و پیچ تنظیم دوربین چشمی را باز می‌کنیم. در این مرحله طیف‌سنج تنظیم شده و آماده‌ی استفاده است.

برای تنظیم مکان توری پراش، باید کاری کنیم که توری بر پرتوهای تابیده شده از لامپ هلیوم (بعد از عبور از دوربین موازی‌ساز) عمود باشد. به این منظور، با چرخاندن دوربین چشمی، زاویه‌ی پراش یکی از خطوط طیف را اندازه می‌گیریم. سپس دوربین چشمی را به سمت مقابل چرخانده و زاویه‌ی پراش همان خط طیف و از همان مرتبه در سمت مقابل را اندازه می‌گیریم. این دو زاویه را از هم کم کرده و بر 2 تقسیم می‌کنیم. اگر عدد به دست آمده تقریباً برابر با 0 درجه بود، یعنی توری پراش تقریباً بر پرتوها عمود است. در غیر این صورت باید صفحه‌ی حامل را به اندازه‌ی عدد به دست آمده بچرخانیم تا عمود بودن حاصل شود.

۲ اندازه‌گیری زاویه‌ی پراش توری در مرتبه‌ی اول

برای انجام این بخش از آزمایش، دوربین چشمی را کمی به سمت راست یا چپ چرخانده تا به خطوط طیف پراش یافته‌ی مرتبه‌ی اول برسیم. برای هر رنگ زاویه‌ی پراش را اندازه گرفته و یادداشت می‌کنیم. برای افزایش دقت می‌توان یک بار مرتبه‌ی اول را از سمت راست و یک بار از سمت چپ اندازه‌گیری کرد و در نهایت میانگین گرفت.

بعد از این کار، با استفاده از فرمول و اطلاعات زیر طول موج مربوط به هر خط طیف را محاسبه می‌کنیم:

$$a(\sin \alpha - \sin i) = k\lambda \quad (۱-۲)$$

$$a = 25.4/2500mm = 10.16\mu m \quad (۲-۲)$$

$$i = 0^\circ \quad (۳-۲)$$

$$k = 1 \quad (۴-۲)$$

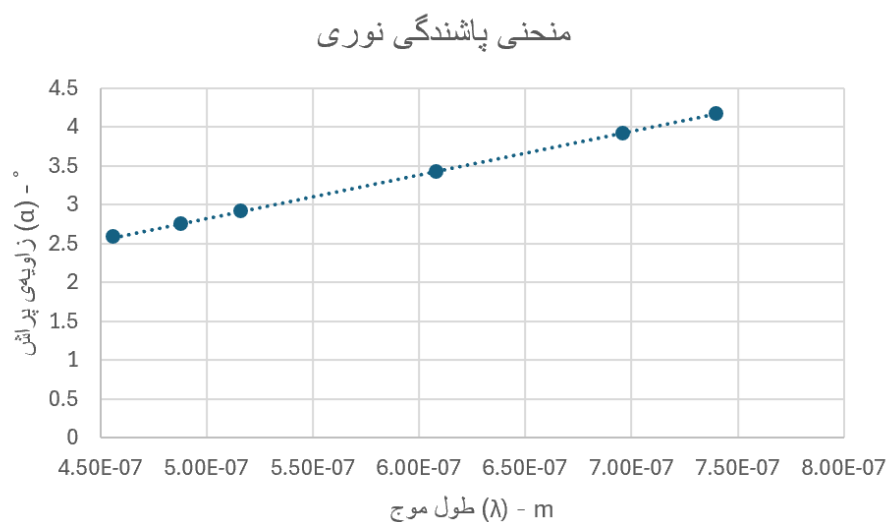
توجه شود که a فاصله‌ی دو شیار متوالی توری پراش، α زاویه‌ی پراش، i زاویه‌ی تابش، k مرتبه، و λ طول موج طیف است.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱-۲: زاویه‌ی پراش توری در مرتبه‌ی اول

رنگ‌ها	تنظیم اول ($^\circ$)	تنظیم دوم ($^\circ$)	تنظیم سوم ($^\circ$)	متوسط α ($^\circ$)	λ (Å)
بنفش	2.5	2.5	2.75	2.58	4560
سبز	3	2.75	3	2.92	5160
زرد	3.5	3.25	3.5	3.42	6080
قرمز	4	3.75	4	3.92	6960
آبی	3	2.5	2.75	2.75	4880
قرمز کمرنگ	4.25	4	4.25	4.17	7400

منحنی زاویه‌ی پراش بر حسب طول موج نیز به صورت زیر شد:



شکل ۱-۲: منحنی پاشندگی نوری

۳ اندازه‌گیری زاویه‌ی پراش برای مرتبه‌های دوم و سوم

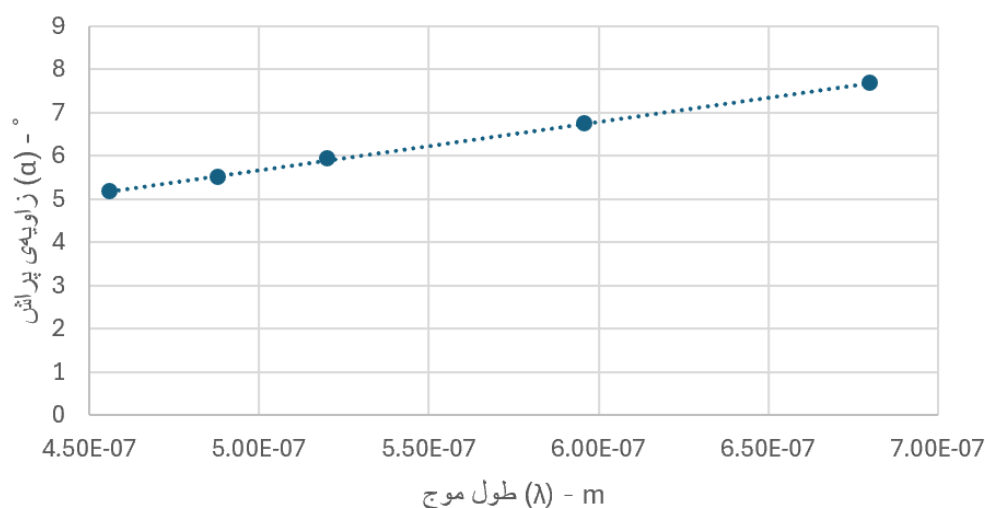
در این بخش، دوربین چشمی را بیشتر چرخانده تا رنگ‌های دیده شده تکرار شوند که یعنی به مرتبه‌ی دوم رسیدیم. زوایای پراش را یادداشت می‌کنیم. این کار را برای مرتبه‌ی سوم نیز انجام می‌دهیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۲-۲: زاویه‌ی پراش توری در مرتبه‌ی دوم

رنگ‌ها	($^{\circ}$) تنظیم اول	($^{\circ}$) تنظیم دوم	($^{\circ}$) تنظیم سوم	($^{\circ}$) متوسط α	$\lambda (A^{\circ})$
بنفش کمرنگ	5.25	5	5.25	5.17	4560
سبز کمرنگ	6	5.75	6	5.92	5200
زرد کمرنگ	6.75	6.75	6.75	6.75	5960
قرمز کمرنگ	7.75	7.5	7.75	7.67	6800
آبی بسیار کمرنگ	5.5	5.5	5.5	5.5	4880

منحنی پاشندگی نوری

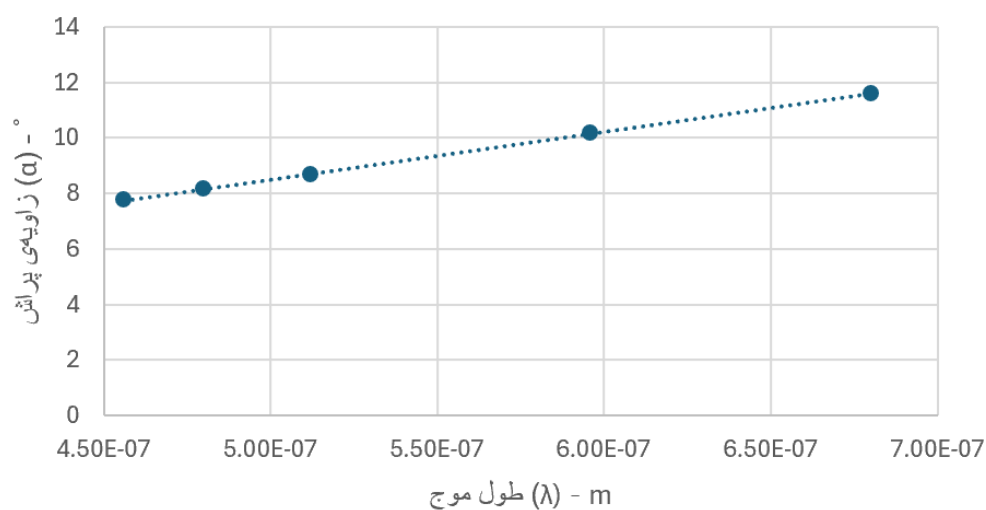


شکل ۲-۲: منحنی پاشندگی نوری

جدول ۲-۳: زاویه‌ی پراش توری در مرتبه‌ی سوم

رنگ‌ها	(°) تنظیم اول	(°) تنظیم دوم	(°) تنظیم سوم	(°) متوسط α	λ (Å)
بنفش	7.75	7.75	7.75	7.75	4560
سبز	8.75	8.5	8.75	8.67	5120
زرد	10.25	10	10.25	10.17	5960
قرمز	11.5	11.5	11.75	11.58	6800
آبی	8.25	8	8.25	8.17	4800

منحنی پاشندگی نوری



شکل ۲-۳: منحنی پاشندگی نوری

حالا با توجه به مقادیر به‌دست آمده خطای زاویه‌ی پراش و طول موج را برای هر رنگ در هر مرتبه به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta\alpha = \max(1 \text{ دقیقه}, \frac{\sigma}{\sqrt{3}}) \quad (۲-۵)$$

$$\lambda = \frac{a \sin \alpha}{k} \quad (۲-۶)$$

$$\Delta\lambda = \frac{a \cos \alpha \Delta\alpha}{k} \quad (۷-۲)$$

جدول حاوی خطاها در انتهای گزارش است.

۴ تعیین طول موج‌های لامپ کادمیوم

در این قسمت، همان مراحل قبل را برای دو خط طیف مرتبه‌ی اول تکرار می‌کنیم اما به جای لامپ هلیوم از لامپ کادمیوم استفاده می‌کنیم. طول موج این دو خط را یک بار با استفاده از فرمول و یک بار با استفاده از منحنی رسم شده در بخش قبل محاسبه می‌کنیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۲-۴: تعیین طول موج‌های مجهول لامپ کادمیوم

رنگ‌ها	($^{\circ}$) تنظیم اول	($^{\circ}$) تنظیم دوم	($^{\circ}$) تنظیم سوم	($^{\circ}$) متوسط α	(A°) λ منحنی	(A°) λ فرمول
سبز	3	3	3	3	5287	5320
قرمز	3.5	3.75	3.5	3.58	6310	6360

معادله خط منحنی پاشندگی نوری مرتبه‌ی اول لامپ هلیوم:

$$\alpha = 5.67 \times 10^{-4} \lambda - 0.004 \quad (۸-۲)$$

همانطور که مشاهده می‌شود اعداد طول موج حاصل از فرمول و منحنی به هم نزدیک هستند اما مقداری اختلاف نیز دارند که می‌تواند به دلیل صفر نبودن

زاویه‌ی تابش، عمود نبودن توری پراش، خطا در خواندن زوایا، غیرخطی بودن نمودار، و ... باشد.

خطاهای مربوط به زاویه‌ی پراش و طول موج این دو خط نیز همانند بخش قبل محاسبه می‌شود. جدول حاوی خطاها در انتهای گزارش است.

اگر به جداول این بخش توجه کنیم می‌بینیم که خطاها بسیار زیاد هستند. برخی عوامل سیستماتیک خطا عبارتند از محدودیت‌های دستگاه‌ها، خطای فرد آزمایشگر در خواندن اعداد، موازی نبودن پرتوهای لامپ‌ها، تکفام نبودن نور، محدودیت فرمول مورد استفاده، و برای کاهش این خطاها می‌توانیم آزمایش را با دقت و رعایت نکات مربوطه انجام دهیم، دستگاه‌ها را بهبود ببخشیم، یا از فرمول‌های دقیق‌تر و پیچیده‌تر استفاده کنیم.

۵ نتیجه‌گیری

در این آزمایش آموختیم که چطور با استفاده از دستگاه طیف‌سنج و توری پراش و با رعایت ملاحظات لازم، زاویه‌ی پراش و به دنبال آن طول موج طیف‌های مختلف لامپ هلیوم و کادمیوم را محاسبه کنیم و همچنین نمودار پاشندگی را برای آنها رسم کنیم. همچنین با برخی عوامل خطاهای سیستماتیک آشنا شدیم و درمورد راه‌های کاهش آن بحث کردیم.

۶ جداول خطا

جدول ۲-۵: خطاهای مربوط به هر رنگ لامپ هلیوم در مرتبه‌ی اول

رنگ‌ها	$\Delta\alpha$ (°)	$\Delta\lambda$ (μm)
بنفش	0.07	0.7
سبز	0.07	0.7
زرد	0.07	0.7
قرمز	0.07	0.7
آبی	0.1	1.01
قرمز کمرنگ	0.07	0.7

جدول ۲-۶: خطاهای مربوط به هر رنگ لامپ هلیوم در مرتبه‌ی دوم

رنگ‌ها	$\Delta\alpha$ (°)	$\Delta\lambda$ (μm)
بنفش	0.07	0.3
سبز	0.07	0.3
زرد	0.02	0.1
قرمز	0.07	0.3
آبی	0.02	0.1

جدول ۲-۷: خطاهای مربوط به هر رنگ لامپ هلیوم در مرتبه‌ی سوم

رنگ‌ها	$\Delta\alpha$ (°)	$\Delta\lambda$ (μm)
بنفش	0.02	0.07
سبز	0.07	0.2
زرد	0.07	0.2
قرمز	0.07	0.2
آبی	0.07	0.2

جدول ۲-۸: خطاهای مربوط به هر رنگ لامپ کادمیوم در مرتبه‌ی اول

رنگ‌ها	$\Delta\alpha$ (°)	$\Delta\lambda$ (μm)	$\Delta\lambda/\lambda$
سبز	0.02	0.2	0.37 - 37%
قرمز	0.07	0.7	1 – 100%