



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

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

آزمایش 10: پراش از تک شکاف و دو شکاف و بررسی اصل عدم قطعیت

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1403.2.26

در این آزمایش قصد داریم نمودار پراش حاصل از عبور لیزر هلیوم-نئون از تک شکاف و دو شکاف را رسم کنیم. برای این کار طرح پراش را روی یک فتوسل حرکت داده و با استفاده از اعداد نشان داده شده توسط مولتی متر متصل به فتوسل، نمودار را رسم می‌کنیم. در ادامه اصل عدم قطعیت را با استفاده از فاصله‌ی ماکسیموم مرکزی طرح پراش با نزدیک‌ترین مینیمم در یک سمت بررسی می‌کنیم. وسایل مورد نیاز برای آزمایش: ریل اپتیکی، مولتی متر، فتوسل، لیزر، پایه‌ی اسلایدی مخصوص قرار دادن شکاف‌ها، عدسی 100 mm ، عدسی 20 mm

۱ طرح پراش تک شکاف

برای انجام این آزمایش، ابتدا لیزر، عدسی 20 mm ، عدسی 100 mm ، پایه‌ی اسلایدی، و فتوسل را به ترتیب روی اعداد 2.5 cm ، 14 cm ، 27 cm ، 32.5 cm ، و 138 cm روی ریل اپتیکی قرار می‌دهیم. همچنین فتوسل به یک مولتی متر متصل است.

شکاف 0.2 mm را روی پایه‌ی اسلایدی قرار می‌دهیم.

برای شروع آزمایش یک نور در پس‌زمینه‌ی کار قرار می‌دهیم به طوری که تغییرات نور محیط آزمایشگاه، در مقابل آن قابل صرف نظر باشد. در این صورت با تغییر نور محیط، نتیجه‌ی آزمایش تغییر چندانی نخواهد کرد.

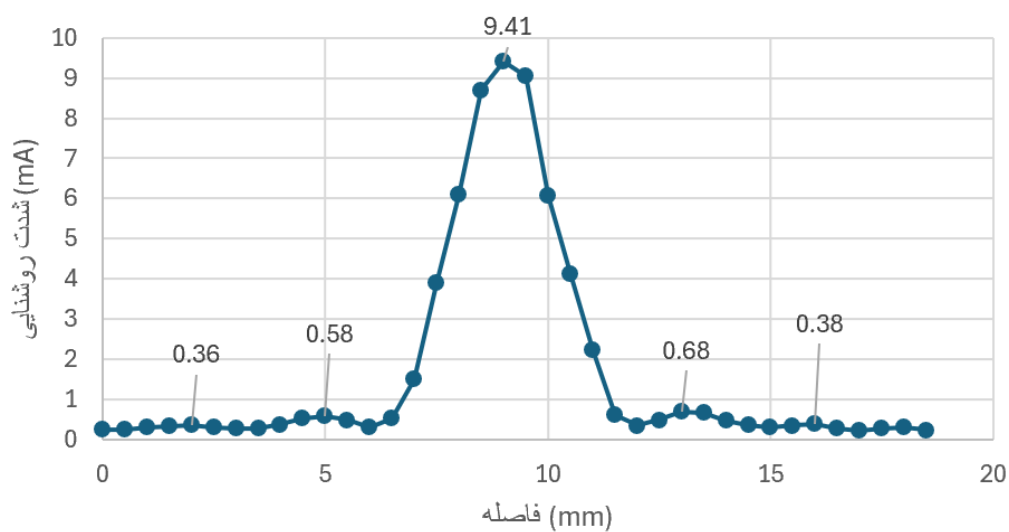
حالا فتوسل را روی سومین مینیمم در یک سمت از طرح پراش قرار می‌دهیم. برای پیدا کردن مینیمم می‌توانیم از عدد مولتی متر هم استفاده کنیم. سپس با حرکت دادن ریزسنج در فاصله‌های مساوی از هم، عدد مولتی متر را یادداشت می‌کنیم تا اینکه به سومین مینیمم در سمت دیگر طرح پراش برسیم. با استفاده از این اعداد، می‌توانیم نمودار طرح پراش را به صورت شدت روشنایی بر حسب فاصله رسم کنیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱۰-۱

X (mm)	I (mA)	X (mm)	I (mA)	X (mm)	I (mA)
0	0.24	7	1.5	14	0.47
0.5	0.24	7.5	3.9	14.5	0.35
1	0.29	8	6.1	15	0.3
1.5	0.33	8.5	8.7	15.5	0.34
2	0.36	9	9.41	16	0.38
2.5	0.31	9.5	9.05	16.5	0.27
3	0.26	10	6.08	17	0.22
3.5	0.26	10.5	4.12	17.5	0.26
4	0.37	11	2.23	18	0.29
4.5	0.52	11.5	0.61	18.5	0.23
5	0.58	12	0.34	19	-
5.5	0.48	12.5	0.48	19.5	-
6	0.29	13	0.68	20	-
6.5	0.52	13.5	0.66	20.5	-

نمودار طرح پراش از تک شکاف



شکل ۱۰-۱: نمودار طرح پراش از تک شکاف به صورت شدت روشنایی بر حسب فاصله

توجه شود که فاصله‌ی مشخص شده روی محور افقی به اندازه‌ی 9 mm به سمت چپ شیف‌ت داده شده است.

شکل به دست آمده همانطور که انتظار داشتیم شد.

حالا با استفاده از روابط زیر، مقادیر ماکسیموم شدت روشنایی را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{I_{\text{firstpeak}}}{I_0} = 0.045 \xrightarrow{I_0=9.41\text{ mA}} I_{\text{firstpeak}} \approx 0.423\text{ mA} \quad (1-10)$$

$$\frac{I_{\text{secondpeak}}}{I_0} = 0.016 \xrightarrow{I_0=9.41\text{ mA}} I_{\text{secondpeak}} \approx 0.151\text{ mA} \quad (2-10)$$

توجه شود که I_0 همان شدت روشنایی در ماکسیموم مرکزی است.

با توجه به شکل درمی‌یابیم که اعداد کمی با یکدیگر اختلاف دارند اما به طور کلی در یک مرتبه بزرگی هستند. این اختلاف می‌تواند به دلیل آلودگی نوری موجود در آزمایشگاه و خطا در خواندن مولتی‌متر باشد.

۲ طرح پراش دو شکاف

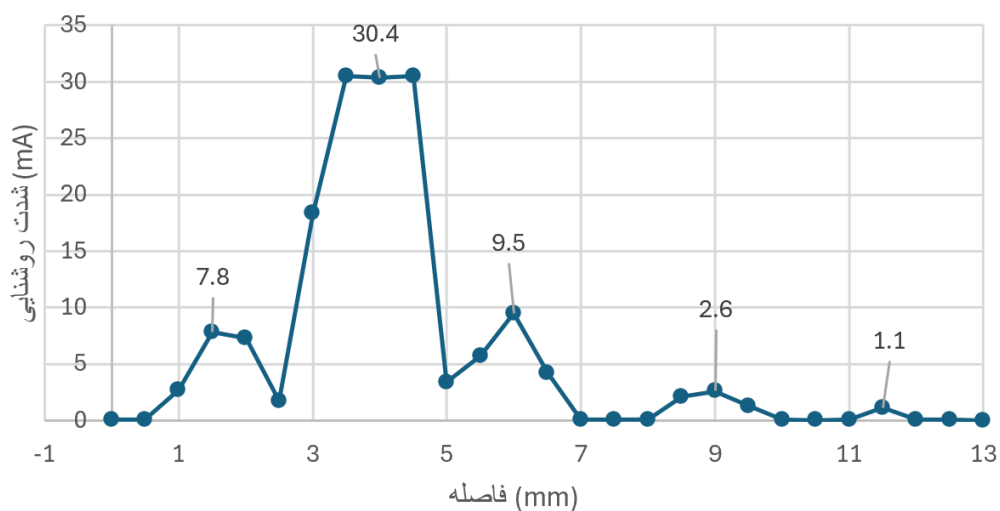
حالا دو شکاف با پهنای 0.2 mm و فاصله‌ی 0.25 mm را در پایه‌ی اسلایدی قرار می‌دهیم. مجدداً آزمایش بخش قبل را تکرار می‌کنیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱۰-۲

X (mm)	I (mA)	X (mm)	I (mA)	X (mm)	I (mA)
0	0.04	4.5	30.5	9	2.6
0.5	0.06	5	3.4	9.5	1.3
1	2.7	5.5	5.7	10	0.04
1.5	7.8	6	9.5	10.5	0.03
2	7.3	6.5	4.2	11	0.05
2.5	1.7	7	0.09	11.5	1.1
3	18.4	7.5	0.04	12	0.09
3.5	30.5	8	0.06	12.5	0.04
4	30.4	8.5	2.1	13	0.01

نمودار طرح پراش از دو شکاف

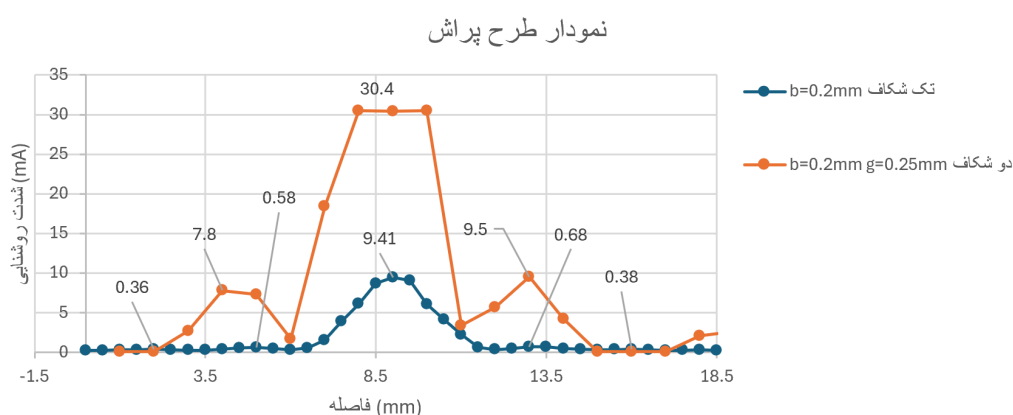


شکل ۱۰-۲: نمودار طرح پراش از دو شکاف به صورت شدت روشنایی بر حسب فاصله

توجه شود که فاصله‌ی مشخص شده روی محور افقی به اندازه‌ی 4 mm به سمت

چپ شیفت داده شده است. همچنین به دلیل اشباع فتوسل در ماکسیموم مرکزی، در بازه‌ی کوتاهی، عدد یکسانی برای شدت روشنایی اندازه‌گیری کردیم. شکل نمودار همانطور که انتظار داشتیم شد.

حالا دو نمودار را برای مقایسه در یک صفحه رسم می‌کنیم:



شکل ۱۰-۳: نمودار طرح پراش به صورت شدت روشنایی بر حسب فاصله

توجه شود که فاصله‌ی مشخص شده روی محور افقی به اندازه‌ی 9 mm به سمت چپ شیفت داده شده است.

نسبت شدت روشنایی در ماکسیموم مرکزی در حالت تک شکاف به حالت دو شکاف را بررسی می‌کنیم. می‌دانیم که شدت روشنایی در حالت تک شکاف از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$I(\Phi) = b^2 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \Phi\right)}{\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \Phi\right)^2} \quad (۱۰-۳)$$

b پهنای شکاف است.

همچنین در ماکسیموم مرکزی داریم:

$$\sin \Phi = 0 \quad (۴-۱۰)$$

بنابراین با انجام کمی محاسبات متوجه می‌شویم که در حالت ماکسیموم مرکزی، شدت روشنایی برابر است با:

$$I(\Phi) = b^2 \quad (۵-۱۰)$$

همچنین می‌دانیم که شدت روشنایی در حالت دو شکاف از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$I(\Phi) = b^2 \frac{\sin^2(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \Phi)}{(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \Phi)^2} \times \frac{\sin^2(\frac{N\pi}{\lambda} g \sin \Phi)}{\sin^2(\frac{\pi}{\lambda} g \sin \Phi)} \quad (۶-۱۰)$$

g فاصله‌ی دو شکاف و N تعداد شکاف‌ها است.

در ماکسیموم مرکزی داریم:

$$\sin \Phi = 0 \quad (۷-۱۰)$$

با انجام برخی محاسبات درمی‌یابیم که شدت روشنایی در ماکسیموم مرکزی در حالت دو شکاف برابر است با:

$$I(\Phi) = N^2 b^2 \quad (۸-۱۰)$$

بنابراین نسبت شدت روشنایی در ماکسیموم مرکزی در حالت دو شکاف، به حالت تک شکاف، برابر است با $N^2 = 4$.

با استفاده از اعدادی که در آزمایش به دست آوردیم هم این نسبت را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{I_{0\text{double}}}{I_{0\text{single}}} = \frac{30.4}{9.41} \approx 3.23 \quad (9-10)$$

اعداد به دست آمده با دقت قابل قبولی برابر هستند.

۳ بررسی اصل عدم قطعیت

در این قسمت از آزمایش، تک شکاف را در پایه‌ی اسلایدی قرار می‌دهیم. به ترتیب برای هر سه مقدار b ، فاصله‌ی دو مینیم در دو سمت ماکسیموم مرکزی را از روی ریزسنج اندازه می‌گیریم و یادداشت می‌کنیم. سپس با تقسیم این عدد بر 2 فاصله‌ی ماکسیموم مرکزی از نزدیک‌ترین مینیم را پیدا می‌کنیم. دلیل استفاده نکردن از ماکسیموم مرکزی، افزایش دقت در آزمایش است. همانطور که در بخش قبل هم دیدیم، پیدا کردن نقطه‌ی دقیق ماکسیموم مرکزی به دلیل اشباع فتوسل دشوار است.

در ادامه با استفاده از خط کش فاصله‌ی تک شکاف تا فتوسل را اندازه می‌گیریم. نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱۰-۳

	$b \text{ (mm)}$	$d \text{ (cm)}$	$a \text{ (mm)}$	$b/\lambda \sin(\arctan(a/d))$
	0.1	102.5	6.3775	0.983
	0.2	102.5	3.1825	0.981
	0.4	102.5	1.7025	1.05
میانگین				1.005

توجه شود که $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ است.

همانطور که مشاهده می‌کنیم، اصل عدم قطعیت تصدیق می‌شود و مقدار نهایی بسیار نزدیک به 1 است.

۴ نتیجه‌گیری

در این آزمایش اول از همه نمودار پراش تک شکاف و دو شکاف را رسم کردیم و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کردیم. در ادامه مقادیر به‌دست آمده را با محاسبات تئوری مقایسه کردیم. در بخش آخر هم اصل عدم قطعیت را با استفاده از تک شکاف‌هایی با پهناهای متفاوت بررسی و صحت آن را اثبات کردیم.