



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

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

آزمایش 4: تداخل به وسیله دو شکاف یانگ و دو منشور فرنل

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1402.12.23

در این آزمایش قصد داریم با پدیده‌ی تداخل آشنا شویم. به همین دلیل دو بخش خواهیم داشت. بخش اول تداخل به وسیله‌ی دو شکاف یانگ و بخش دوم تداخل به وسیله‌ی دو منشور فرنل هستند. در بخش اول با اندازه‌گیری فاصله‌ی بین نوارهای روشن، فاصله‌ی دو شکاف را به‌دست خواهیم آورد. در بخش دوم ابتدا با اندازه‌گیری فاصله‌ی بین نوارهای تداخلی ایجاد شده و فواصل بین عدسی‌ها و منشورها، فاصله‌ی بین دو چشمه را به‌دست می‌آوریم و سپس با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده طول موج و زاویه‌ی راس منشور را به‌دست می‌آوریم.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش: طیف‌سنج، دو شکاف یانگ، لامپ سدیم و منبع تغذیه، لیزر هلیوم نئون، دو منشور فرنل، دو عدد عدسی، خط کش چوبی، کولیس، ریل ایتیکی و پایه‌های لازم

۱ تداخل به وسیله‌ی دو شکاف یانگ

برای انجام این آزمایش، ابتدا طیف‌سنج را مطابق آزمایش‌های قبل تنظیم می‌کنیم. سپس دو شکاف یانگ را روی صفحه قرار داده و لامپ سدیم را مقابل دوربین موازی‌ساز قرار می‌دهیم. در این حالت خطوط پراش در دوربین چشمی قابل مشاهده هستند. زاویه‌ی بین 5 تا از خطوط را مشاهده کرده و یادداشت می‌کنیم. سپس با استفاده از رابطه‌ی زیر فاصله‌ی بین دو شکاف را به‌دست می‌آوریم:

$$\alpha\theta = m\lambda \quad (۱-۴)$$

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۴-۱: تداخل به وسیله دو شکاف یانگ

دفعات	$\theta_1(^{\circ})$	$\theta_2(^{\circ})$	$\theta = \theta_1 - \theta_2(^{\circ})$	n	$\theta_n = \theta/n(^{\circ})$	$\lambda (A^{\circ})$	$\alpha (mm)$
1	-0.5	0	0.5	5	0.1	5893	0.338
2	-0.5	0	0.5	7	0.07		0.482
3	0	0.5	0.5	6	0.08		0.422
میانگین			0.5		0.08		0.414

محاسبه‌ی خطا

$$\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 1 \text{ دقیقه} \approx 0.017^{\circ} \quad (۲-۴)$$

$$\Delta\theta = \sqrt{\Delta\theta_1^2 + \Delta\theta_2^2} \approx 0.024^{\circ} \quad (۳-۴)$$

$$\Delta\alpha = \sqrt{\left(-\frac{m\lambda}{\theta^2}\Delta\theta\right)^2} = \frac{m\lambda}{\theta^2}\Delta\theta \approx 0.12mm \quad (۴-۴)$$

خطای به دست آمده ممکن است به دلیل خطا در خواندن زوایا، موازی نبودن پرتوها، تکفام نبودن پرتوها، خطا در شمردن فریزها، موازی نبودن شکاف‌ها، و خطای تنظیم دستگاه باشد. برای کاهش این خطاها می‌توان دقت دستگاه‌ها و اندازه‌گیری را بالا برد و همچنین کیفیت دستگاه‌ها را افزایش داد.

۲ تداخل به وسیله دو منشور فرنل

برای انجام این آزمایش لیزر هلیوم نئون را در پشت عدسی ۵ میلی متری قرار می‌دهیم. سپس در مقابل آن‌ها دو منشور فرنل را قرار می‌دهیم. در مقابل این ریل و با فاصله‌ی بیشتری از بقیه یک کاغذ نصب می‌کنیم تا پرتوهای خروجی از سیستم را مشاهده کنیم. فواصل باید در طول بخش‌های مختلف آزمایش ثابت باشند. در بخش بعدی

آزمایش عدسی دیگری در مقابل دو منشور فرنل قرار می‌گیرد و ما باید قادر باشیم دو چشمه‌ی مجازی را روی کاغذ مشاهده کنیم. بنابراین در همین ابتدا عدسی دوم (100 میلی‌متری) را قرار داده و فواصل را مطابق آن تنظیم می‌کنیم. سپس عدسی دوم را برداشته و آزمایش را شروع می‌کنیم.

روی صفحه‌ی کاغذ یکی از نوارهای تداخلی را مشخص کرده و 20 نوار را می‌شماریم. روی نوار آخر هم علامت می‌زنیم. حالا فاصله‌ی بین دو علامت را با کولیس اندازه‌گیری کرده و یادداشت می‌کنیم. همچنین فاصله‌ی بین عدسی تا دو منشور فرنل و فاصله‌ی بین عدسی تا صفحه‌ی کاغذ را با خط کش چوبی اندازه گرفته و یادداشت می‌کنیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۴-۲: تداخل به وسیله‌ی دو منشور فرنل

دفعات	فاصله‌ی عدسی 5 میلی‌متری تا دو منشور فرنل (d) (cm)	(D) فاصله‌ی عدسی 5 میلی‌متری تا پرده (cm)	l (cm)	n	$i = l/n$ (cm)
1	7.6	229	2.35	20	0.1175
2			2.40		0.12
3			2.30		0.115
میانگین			2.35		0.1175

۳ اندازه‌گیری طول موج نور لیزر هلیوم نئون

برای انجام این بخش عدسی 100 میلی‌متری را جلوی دو منشور فرنل قرار می‌دهیم. سپس آنقدر آن را به دو منشور فرنل نزدیک می‌کنیم تا بتوانیم تصویر واضحی از دو چشمه‌ی مجازی روی صفحه ببینیم. حالا فاصله‌ی تصویر دو

چشمه‌ی مجازی را با کولیس اندازه می‌گیریم و یادداشت می‌کنیم. سپس فاصله‌ی بین عدسی 100 میلی‌متری و صفحه‌ی کاغذ و همچنین فاصله‌ی دو عدسی را با خط کش اندازه گرفته و یادداشت می‌کنیم.

حالا می‌توانیم با استفاده از رابطه‌ی زیر فاصله‌ی دو چشمه‌ی مجازی را به‌دست آوریم:

$$\frac{P}{P'} = \frac{\alpha}{\alpha'} \quad (4-5)$$

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۴-۳

دفعات	فاصله‌ی عدسی 5 میلی‌متری تا عدسی 100 (P) (cm)	فاصله‌ی عدسی 100 میلی‌متری تا پرده (P') (cm)	فاصله‌ی تصویر دو چشمه‌ی مجازی (α') (cm)	α (cm)
1	11.1	225.1	2.505	0.124
2	10.9	226.4	2.515	0.121
3	11.5	224.9	2.525	0.129
میانگین	11.2	225.5	2.515	0.125

حالا با استفاده از رابطه‌ی زیر طول موج لیزر هلیوم نئون را به‌دست می‌آوریم:

$$i = \frac{\lambda D}{\alpha} \quad (4-6)$$

توجه شود که i و D در بخش قبل آزمایش به‌دست آمده‌اند.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۴-۴

i (cm)	α (cm)	D (cm)	λ (Å)
0.1175	0.125	229	6413.76

محاسبه‌ی خطا

$$\Delta\alpha = \sqrt{(\Delta P \frac{\alpha'}{P'})^2 + (-\Delta P' \frac{\alpha' P}{P'^2})^2 + (\Delta\alpha' \frac{P}{P'})^2} \xrightarrow{\Delta P = \Delta P' = \Delta\alpha' = 0.1cm} \quad (۷-۴)$$

$$\frac{\Delta P}{P'} \sqrt{\alpha'^2 + (\frac{\alpha' P}{P'})^2 + P^2} \approx 51.2\mu m$$

$$\Delta\lambda = \sqrt{(\Delta i \frac{\alpha}{D})^2 + (\Delta\alpha \frac{i}{D})^2 + (-\Delta D \frac{i\alpha}{D^2})^2} \approx 268.3A^\circ \quad (۸-۴)$$

خطای سیستماتیک در این آزمایش می‌تواند به دلیل خطای آزمایشگر یا دستگاه‌های آزمایش و یا دستگاه‌های اندازه‌گیری باشد. همچنین پرتوهای تداخلی و تصویر چشمه‌ها ضخامت کوچکی داشت که امکان خطا در اندازه‌گیری فاصله‌ی آن‌ها را افزایش می‌دهد. با افزایش دقت دستگاه‌ها و روند آزمایش و یا افزایش تعداد نوارهای شمارش شده می‌توان این خطاها را کاهش داد.

۴ اندازه‌گیری زاویه‌ی رأس منشور فرنل

در این بخش با استفاده از رابطه‌ی زیر و اطلاعات داده شده زاویه‌ی رأس منشور فرنل را به‌دست می‌آوریم:

$$A = \frac{a}{2(n-1)d} \quad (۹-۴)$$

$$n = 1.52 \quad (۱۰-۴)$$

توجه شود که مقادیر α و d را در بخش‌های قبلی آزمایش به‌دست آوردیم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۴-۵

α (cm)	d (cm)	n	$A(^{\circ})$
0.125	7.6	1.52	0.016

محاسبه‌ی خطا

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\Delta \alpha}{2(n-1)d}\right)^2 + \left(-\Delta d \frac{a}{2(n-1)d^2}\right)^2} \approx 0.00068^{\circ} \quad (۴-۱۱)$$

۵ نتیجه‌گیری

در این آزمایش پدیده‌ی تداخل را با دو وسیله بررسی کردیم. ابتدا با استفاده از دو شکاف یانگ این پدیده را مشاهده کردیم و با کمک روابط فیزیک و اندازه‌گیری‌های لازم فاصله‌ی دو شکاف را محاسبه کردیم. سپس با استفاده از دو منشور فرنل این پدیده را دیدیم و با استفاده از روابط و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز، فاصله‌ی دو چشمه‌ی مجازی، طول موج لیزر و زاویه‌ی راس منشور را محاسبه کردیم.