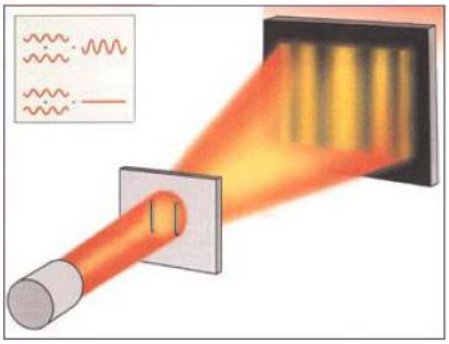
آزمایش (۴)

موضوع آزمایش: تداخل به وسیله‌ی دو شکاف یانگ و دو منشور فرنل



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج

دو شکاف یانگ

لامپ سدیم و منبع تغذیه

لیزر هلیوم نئون

دو منشور فرنل

دو عدد عدسی

خط کش چوبی

کولیس

ریل اپتیکی و پایه‌های لازم

پرده‌های ثابت و متحرک

مبانی نظری آزمایش:

تداخل را می‌توان بر هم‌کنش دو یا چند موج دانست که شدت برآیند آنها، تابعی از اختلاف فاز بین امواج می‌باشد. بطور کلی پدیده تداخل به دو قسمت می‌شود.

۱-تداخل با دو موج

۲-تداخل با چند موج

گروه اول (تداخل با دو موج) بر اساس ابزارهای تداخل سنجی به کار رفته به دو دسته تقسیم می‌شود.

الف-تداخل به وسیله تداخل سنجهای شکافنده جبهه موج

ب-تداخل به وسیله تداخل سنجهای شکافنده دامنه موج

در دسته اول، بخشهایی از جبهه موج اولیه، یا مستقیما" همچون جبهه‌های گسیلنده امواج ثانویه، یا، در ارتباط با ابزارهای نوری، برای تولید چشمه‌های مجازی امواج ثانویه به کار می‌روند. سپس این امواج به هم رسانده شده و با هم تداخل می‌کنند. در این دسته می‌توان از تداخل بوسیله دو شکاف یانگ، دو منشور فرنل، دو آینه فرنل و آینه لوید نام برد.

در دسته دوم، کل موج اولیه به دو بخش تقسیم می‌شود که قبل از ترکیب مجدد و تداخل، مسیرهای متفاوتی را می‌پیمایند. در این دسته می‌توان از تداخل سنج مایکلسون و تداخل سنج ساگناک نام برد.

در تداخل چند موجی، یک باریکه موازی بوسیله بازتاب‌ها و شکستهای متوالی به چندین باریکه موازی و همدوس تقسیم می‌شود سپس این باریکه‌ها با یکدیگر تداخل می‌کنند (مان ند تداخل در یک تیغه شیشه‌ای و تداخل بوسیله گوه هوا). هر گاه دو موج همدوس با یکدیگر ترکیب شوند با فرض اینکه انتشار در خلأ و یا با تقریب در هوا صورت میگیرد با استفاده از اصل برهمنهی می‌توان نشان داد که، شدت تابیدگی کل از رابطه زیر بدست می آید.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\delta \qquad (۱-۴)$$

که در آن δ، اختلاف فازی است که از اختلاف بین دو مسیر ناشی می‌شود و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\delta = K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) \qquad (۲-۴)$$

بیشینه شدت هنگامی بدست می‌آید که $\cos\delta=1$ و این در صورتی است که اختلاف فاز بین دو موج مضرب زوجی از π باشد. این حالت را تداخل سازنده می‌نامند. کمینه شدت هنگامی بدست می‌آید که امواج ۱۸۰ درجه اختلاف فاز داشته باشند یعنی $\cos\delta= -1$ و این در حالتی است که اختلاف فاز بین دو موج مضرب فردی از π باشد. این حالت راتداخل ویرانگر می‌نامند. بنابراین معادلات مربوط به شدت بیشینه و کمینه به صورت زیر در می‌آیند.

$$K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2m\pi \qquad (۳-۴)$$

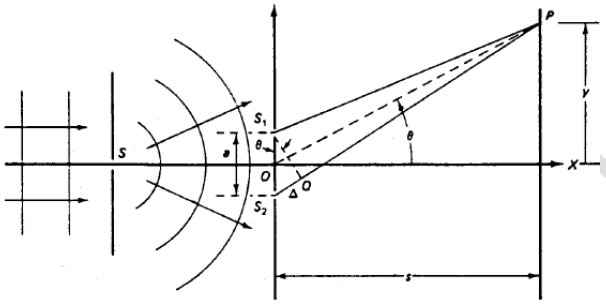
$$K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = (2m + 1)\pi \qquad (۴-۴)$$

در روابط فوق . . .،۲، ۱، ۰ = m شماره نوار تداخلی را مشخص می‌کند.

آزمایش اول: تداخل بوسیله دو شکاف یانگ

روش آزمایش:

هنگامی که دو شکاف باریک در مسیر نور (تخت یا کروی) قرار گیرد ای پرتو تبدیل به دو چشمه نور همدوس می‌شود که امواج حاصل از آنها می‌توانند با یکدیگر تداخل کنند. این تداخل به صورت نوارهای تاریک و روشن در روی پرده نمایش ظاهر می‌گردد.



شکل ۴-۱

با توجه به شکل ۴-۱ با فرض اینکه فاصله پرده خیلی بزرگتر از فاصله دو شکاف و θ کوچک است، اختلاف مسیر را می‌توان چنین بیان کرد.

$$r_1 - r_2 = a \sin\theta \approx a\theta \qquad (۵-۴)$$

با استفاده از روابط ۴-۳ و ۴-۵ برای فریز روشن m ام رابطه زیر به دست می‌آید:

$$a\,\theta = m\lambda \qquad (۶-۴)$$

برای انجام آزمایش ابتدا طیف سنج را آماده کنید. برای آشنایی با روش تنظیم طیف سنج به آزماش اول مراجعه کنید. لامپ سدیم را مقابل شکاف موازی ساز قرار داده و تار موئی دوربین را بر روی تصویر شکاف تنظیم کرده و صفر حامل را بر روی صفر صفحه متحرک منطبق کنید. با قرار دادن دو شکاف یانگ در محل مخصوص آن تار موئی را روی نوار مرکزی یا یکی از نوارهای روشن میزان کرده و زاویه را بخوانید. با چرخش جزئی دوربین حداقل تعداد پنج نوار روشن را رد کرده و مجددا " زاویه را بخوانید. تفاضل دو زاویه‌ی فوق را محاسبه کنید. این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج را در جدول ۴-۱ یادداشت کنید. میانگین زاویه‌ی θ را بدست آورده و مقدار a یعنی فاصله بین دو شکاف را با استفاده از رابطه ۴-۶ بدست آورید. طول موج نور زرد سدیم را ۵۸۹۳Å بگیرید.

محاسبه خطا:

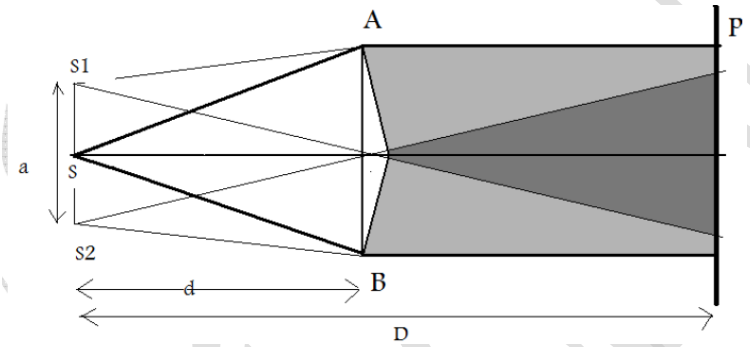
با توجه به نتایج جدول ۴-۱ خطای مربوط به اندازه‌گیری θ و θ۱ را به دست آورده و با توجه به آن، خطای θ و a را محاسبه نمایید.

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش دوم: تداخل بوسیله دو منشور فرنل

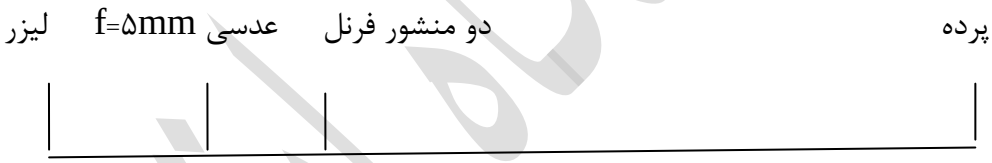
روش آزمایش:

همانگونه که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است، منشور دوگانه فرنل شامل دو منشور نازک است که قاعده‌های آنها به هم چسبیده‌اند. یک جبهه موج به دو منشور برخورد می‌کند، بخش پایینی جبهه‌ی موج به سوی بالا و بخش بالایی به سوی پایین می‌شکند. در نتیجه در ناحیه‌ای از فضا این دو موج با هم تداخل کرده و نوارهای تاریک و روشن را بوجود می‌آورند.



شکل ۴-۲

برای انجام آزمایش وسایل را مطابق شکل زیر روی ریل اپتیکی سوار کنید.



ریل اپتیکی

نور لیزر را طوری تنظیم کنید که از میان عدسی عبور کرده و به دو منشور بتابد. در این حال نوارهای تداخلی را روی پرده مشاهده می‌کنید. تنظیم را طوری انجام دهید که نوارها به خوبی قابل مشاهده و قابل شمارش باشند. روی یکی از نوارها علامت بزنید. حداقل بیست نوار را رد کرده و روی آخرین نواری که

شمرده‌اید نیز علامت بگذارید. فاصله دو علامت را بوسیله کولیس اندازه بگیرید. با دانستن فاصله نواره ا و تعداد آنها فاصله دو نوار را محاسبه نمایید. محل عدسی و دو منشور فرنل را از روی ریل خوانده و محل پرده را بوسیله خط‌کش اندازه بگیرید. این کار را حداقل پنج بار انجام دهید. کلیه مقادیر بدست آمده را در جدول ۴-۲ یادداشت کنید.

توجه: محل عدسی و دو منشور فرنل را برای آزمایش بعدی تغییر ندهید.

آزمایش سوم: اندازه‌گیری طول موج نور لیزر هلیوم نئون.

روش آزمایش:

با استفاده از رابطه ۴-۶ می‌توان نشان داد که پهنای نوارهای متوالی (فاصله دو نوار روشن یا تاریک) از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$i = \frac{\lambda D}{a} \qquad (۴-۷)$$

که در آن، a، فاصله دو چشمه نوری S_1 و S_2، D فاصله چشمه تا صفحه مشاهده P می باشد. کمیتهای i و D در آزمایش دوم اندازه‌گیری شده اند، با دانستن a می‌توان مقدار طول موج نور لیزر، λ، را مشخص کرد. برای اندازه گیری a، بدون آنکه به ترتیب و مکان وسایل آزمایش قبلی دست بزنید. عدسی دوم (+۱۰۰ mm = f) را بین دو منشور فرنل و پرده نمایش قرار دهید. مکان عدسی را بگونه‌ای تنظیم کنید که تصویر دو چشمه نور مجازی را به وضوح روی پرده ببینید. فاصله دو چشمه نور مجازی را با کولیس اندازه بگیرید (a'). محل پرده و عدسی (f=+۱۰۰ mm) را یادداشت کنید. این کار را حداقل سه بار تکرار نمایید. (می‌توانید محل پرده و این عدسی را تغییر دهید. اما محل عدسی f = +۵ mm و دو منشور فرنل نباید تغییر کند.) نتایج بدست آمده را در جدول ۴-۳یادداشت کنید.

با استفاده از رابطه ۴-۷ طول موج نور لیزر هلیوم نئون را محاسبه کرده و در جدول ۴-۴ یادداشت کنید.

محاسبه خطا:

مقدار خطای آزمایش در تعیین طول موج لیزر هلیوم نئون را محاسبه کنید. (توجه داشته باشید که λ تابعی از a و D بوده که a نیز تابعی از a' و P و P' می باشد.)

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش چیست؟ راههای کاهش آنها را بیان کنید.

آزماش چهارم: اندازه‌گیری زاویه رأس منشور فرنل

روش آزمایش:

این قسمت آزمایش احتیاج به اندازه‌گیری نداشته و می‌توانید از نتایج بدست آمده در آزمایشهای قبلی استفاده کنید. اگر A زاویه رأس منشور و α زاویه انحراف نور باشد، برای منشورهای نازک که در هوا قرار دارند، داریم:

$$\alpha = A(n-1) \qquad (۸-۴)$$

که در آن n ضریب شکست منشور می‌باشد. از طرفی با توجه به شکل ۴-۲ داریم:

$$s_1 s = \frac{a}{2} = d\alpha = d(n-1)A \qquad (۹-۴)$$

بنابراین با دانستن فاصله دو منشور فرنل تا منبع نوری، d، و ضریب شکست منشور،n، می‌توان زاویه رأس را از رابطه زیر بدست آورد:

$$A = \frac{a}{2(n-1)d} \qquad (۱۰-۴)$$

با استفاده از رابطه‌ی بالا برای n =۱/۵۲ زاویه رأس منشور را محاسبه کرده و مقدار آن را در جدول ۴-۵ بنویسید.

محاسبه خطا:

مقدار خطای زاویه ی رأس منشور را محاسبه کنید.

بسمه تعالی

آزمایشگاه اپتیک

جدولهای آزمایش ۴

جدول ۴-۱ تداخل به وسیله دو شکاف یانگ

دفعات	θ_1	θ_2	$\theta=\theta_1-\theta_2$	n	$\theta_n=\theta/n$	λ	α
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
						میانگین	

جدول ۴-۲ تداخل به وسیله دو منشور فرنل

دفعات	محل عدسی f=5 mm	محل دو منشور فرنل	محل پرده	D	d	l	n	i=l/n
۱								
۲								
۳								
۴								
۵								
							میانگین	

جدول ۴-۳

دفعات	محل عدسی f=5 mm	محل دو منشور فرنل	محل عدسی f=100 mm	محل پرده	P	P'	α'	α
۱								
۲								
۳								
							میانگین	

جدول ۴- ۴

i	α	D	λ

جدول ۴-۵

α	d	n	A