

آزمایش ۷

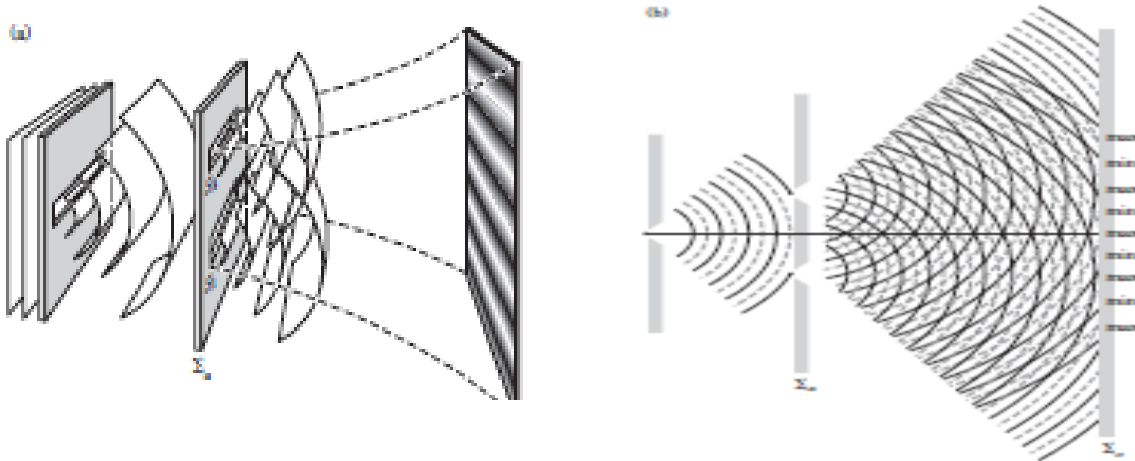
تداخل

هدف: اندازه‌گیری عرض و فاصله بین دو شکاف

وسایل مورد نیاز: لیزر، اسلاید دو شکافی، پرده، پایه، متر، خط‌کش و کولیس

زمینه نظری آزمایش: هر گاه در بخشی از فضا دو یا چند موج منتشر شوند، در بعضی از نواحی فضا ممکن است به طور کلی و یا جزئی یکدیگر را حذف کرده و در نواحی دیگر این برهم نهی باعث ترکیب امواج با یکدیگر شود. این پدیده در امواج مکانیکی (ارتعاش ریسمان، ارتعاشات شاره‌ها و...) نیز قابل مشاهده است. این پدیده را تداخل می‌نامند. تداخل نوری را می‌توان بر هم کنش دو یا چند موج نوری دانست که شدت برآیند آنها از مجموع شدت مولفه‌ها بیشتر و یا کمتر باشد.

دستگاه‌های نوری که تداخل تولید می‌کنند، به دو گروه شکافنده جبهه موج و شکافنده دامنه موج تقسیم می‌شوند. در گروه اول بخشهایی از جبهه موج اولیه به عنوان چشمه‌های امواج ثانویه حقیقی و یا مجازی به کار می‌روند. همانند دو شکافی یانگ، دو آینه‌ای فرنل و ... در گروه دوم موج اولیه به دو بخش تقسیم شده و پس از ترکیب مجدد و تداخل مسیره‌های متفاوتی را می‌پیماید. همانند تداخل مایکلسون، ماخ‌زندر، و ...



دو چشمه نقطه‌ای S_1, S_2 (شکل بالا) را در نظر بگیرید که امواج یک فام هم فرکانس گسیل می‌کنند. نقطه مشاهده P را به اندازه کافی دور از چشمه‌ها تعیین می‌کنیم به نحوی که جبهه موجها در این نقطه تخت باشند. امواج قطبیده خطی

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{10} \cos(\vec{k}_1 \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon_1), \vec{E}_2 = \vec{E}_{20} \cos(\vec{k}_2 \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon_2)$$

$$I = \langle E^2 \rangle = \langle \vec{E} \cdot \vec{E} \rangle$$

را در نظر بگیرید. شدت نور در نقطه ρ برابر است با

و در نتیجه شدت برابر است با

$$I = \langle E_1^2 \rangle + \langle E_2^2 \rangle + 2\langle \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \rangle = I_1 + I_2 + I_{12}$$

پس از کمی محاسبات ریاضی و میانگین گیری در یک دوره می توان نشان داد که

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \quad \delta = (\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

بحث مشابهی را می توان برای چشمه های نقطه ای با امواج کروی همسانگرد نیز انجام داد.

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{10} e^{i(kr_1 - \omega t + \varepsilon_1)} \quad \vec{E}_2 = \vec{E}_{20} e^{i(kr_2 - \omega t + \varepsilon_2)}$$

مقدار $\delta = (\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ می باشد. بیشینه تابیدگی به ازای $\delta = 2m\pi$ و کمینه تابیدگی (تاریکی)

به ازای $\delta = (2m + 1)\pi$ رخ می دهد که $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ می باشد. نواحی تاریک و روشنی که می توانند در روی

پرده های واقع در ناحیه تداخل دیده می شوند، فریزهای تداخلی نامیده می شوند. مجدداً به شرط بیشینه در تداخل

برمی گردیم. با توجه به $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ شرط چنین است $r_2 - r_1 = m\lambda$. به عنوان مثال به ازای $m=0$ ، $r_1 \approx r_2$ که

بیشینه مرکزی در تداخل را نشان می دهد. حال تصور کنید که فاصله بین پرده و شکاف به نسبت بین فاصله دو شکاف

(چشمه) یعنی a بسیار زیاد باشد (شکل زیر)، به نحوی که بتوان از تقریب $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$ استفاده کرد. با

توجه به شکل $r_2 - r_1 = a\theta$ و $\theta = \frac{y_m}{D}$ و در نتیجه $r_2 - r_1 = \frac{D}{a} y_m$ و با توجه به شرط بیشینه

$$r_2 - r_1 = m\lambda \quad y_m = \frac{D}{a} m\lambda$$

که y_m فاصله m امین روشنایی از روشنایی مرکزی است.

هر گاه بیشینه مرکزی ($m = 0$) را فریز صفرم به حساب آوریم، این رابطه وضع فریز روشن m ام بر روی پرده

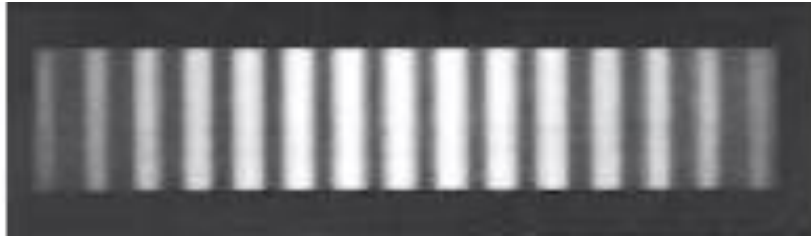
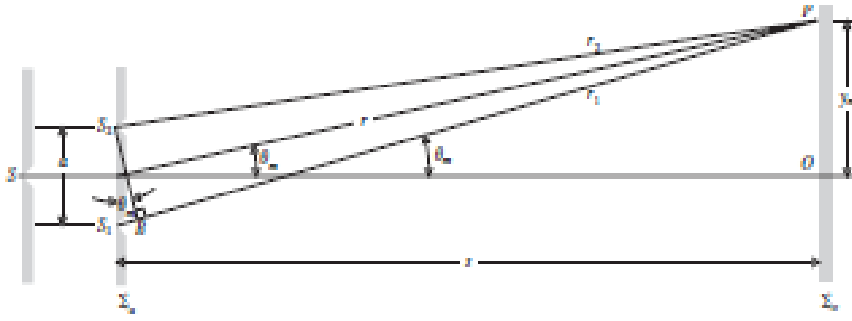
بدست می دهد. فاصله بین دو فریز متوالی بر پرده چنین محاسبه می شود

$$y_{m+1} - y_m = \frac{D}{a} \lambda [(m+1) - m] = \frac{D}{a} \lambda$$

این فاصله که بین دو روشنایی صرف نظر از مرتبه بر قرار است، اندر فریز (i) نامیم. $i = \frac{D}{a} \lambda$ هر گاه نور تک فامی به

طول موج معلوم بر دو شکافی با فاصله مجهول بتابد، با محاسبه اندر فریز و فاصله پرده تا دو شکاف، a فاصله بین دو

شکاف محاسبه می شود. و به طریق عکس می توان طول موج مجهولی را با دو شکاف معلوم محاسبه کرد.



روش انجام آزمایش:

نور لیزر را عمود بر پرده و در راستای افق تنظیم کنید. اسلاید که سه دو شکافی A و B و C است، در فواصل مورد نظر و عمود بر جهت نور لیزر بر روی پایه نصب کنید و برای مشاهده نقش تداخل و محاسبه اندازه دو شکاف، (فاصله بین دو شکاف) نور لیزر باید بر هر دو شکاف یکسان بتابد تا فریزها واضح مشاهده شوند. برای دقت در خواندن اندر فریز، تعدادی از اندر فریزها را اندازه گیری کنید. جدول زیر را تکمیل کنید. طول موج نور لیزر را 6328 آنگسترم منظور کنید.

نوع اسلاید	$D(m)$	n_i (تعداد فریز)	i_n (فاصله فریزها)	I (اندر فریز)	اندازه a دو شکاف	$\frac{\Delta a}{\bar{a}}$
A	۹					
	۶					
B	۹					
	۶					
C	۹					
	۶					

*** خطای نسبی تئوری و عملی را مقایسه کنید. تقریب $\lambda \Delta = 0$ را استفاده کنید.

*** هر گاه حداقل $i=1mm$ را بتوان اندازه گیری کرد، فاصله اسلاید تا پرده را تا چه حد می توان کم کرد؟

ب) پراش دو شکاف

روش آزمایش: در محاسبه اندازه دو شکاف در مرحله الف در این آزمایش و در مشاهده نقش تداخلی دیده می شود که نقش پراش نیز وجود دارد. در واقع بر روی پرده نقش پراشی را مشاهده می کنیم که بر خلاف پراش تک شکافی، لکه مرکزی و دیگر لکه های پراش کاملاً روشن نیست بلکه در روشنایی پراش نیز نوارهای تاریک وجود دارد که این همان نقش تداخل مرحله الف است. طبق محاسبات پراش، رابطه ای مشابه با پراش تک شکاف بدست می آید، $b \sin \theta = k \lambda$ همانند مرحله قبل لیزر را تنظیم و بر اسلاید بتابانید. برای محاسبه پراش هر کدام از دو شکافها بهتر است نور لیزر بر یکی از شکافها بیشتر متمرکز شود به نحوی که ممکن است نقش تداخل ضعیف مشاهده شود. جدول زیر را پر کنید.

نوع اسلاید	$D(m)$	d پهنای لکه مرکزی	b عرض شکاف	\bar{b}	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A					
B					
C					

*** خطای نسبی $\frac{\Delta b}{\bar{b}}$ تئوری و عملی را مقایسه کنید.