

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

گروه دوم – چهارشنبه از ساعت ۱۳:۳۰ الی ۱۷:۳۰

تاریخ انجام آزمایش : ۲۷ اسفند سال ۱۳۹۹

آزمایش چهارم

تداخل به وسیله ی دو شکاف یانگ و دو منشور فرنل

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

در این آزمایش پدیده ی تداخل به وسیله دو شکاف یانگ و دو منشور فرنل را بررسی کردیم و توانستیم برخی از مشخصه های فیزیک دوشکاف یانگ و دومنشور فرنل را بدست بیاوریم. سعی کردیم با بررسی فیزیک این پدیده به نتایج آزمایشگاهی دست پیدا کنیم و پدیده ی تداخل را بهتر و دقیقتر بشناسیم. آزمایش به آزمایش پیش می رویم و نتایج را ذکر و خطاها و علل آن را بررسی می کنیم.

آزمایش اول: تداخل بوسیله دو شکاف یانگ

در این آزمایش، دوشکاف را روی حامل طیف سنج قرار دادیم و با روشن کردن منبع تغذیه که لامپ سدیم با نور زرد بود و با چرخاندن دوربین، نوارهای باریک و روشن را دیدیم و در ادامه سعی می کنیم که فاصله ی بین دو شکاف را به کمک روابطی که بر این آزمایش حاکم است به دست بیاوریم. داده هایی که به دست آورده ایم، اختلاف زاویه ی بین نوارهای روشن یا تاریک متوالی است.

جدول داده ها را ببینید:

تداخل به وسیله دو شکاف یانگ				جدول ۱-۴			
a	λ	$\theta_n = \theta/n$	n	$\theta = \theta_2 - \theta_1$	θ_2	θ_1	دفعات
۲۸۱.۳۷ μm	۵۸۹۳ A	۷.۲'	۵	۳۶'	۲۶'	-۱۰'	۱
۲۷۳.۷۶ μm		۷.۴'	۵	۳۷'	۱۰'	-۲۷'	۲
۲۸۱.۳۷ μm		۷.۲'	۵	۳۶'	۲۵'	-۱۱'	۳
۲۷۸.۸۳ μm	میانگین: ۷.۲۷'						

مطابق رابطه ی $a\theta = m\lambda$ می توانیم فاصله دو شکاف را بخوانیم^۱، که در اینجا منظور از m شماره ی شکاف روشن نسبت به نوار روشن صفرم است. مقادیر فاصله ی بین دو شکاف در بالا آورده شده است.

خطای آزمایش:

خطای کمیت های θ_1 و θ_2 را به کمک نرم افزار اکسل به دست آورده ام:

$$\delta\theta_1 = ۰.۱۲۹۹^\circ$$

$$\delta\theta_2 = ۰.۱۲۲۰^\circ$$

و به کمک خطای کمیت های مرکب می توان خطای θ و a را به دست آورد:

^۱ حتما توجه داشته باشید که باید زاویه را در این رابطه بر حسب رادیان جاگذاری کنیم چرا که تقریب $\sin(\theta) = \theta$ برای زوایای رادیان درست است و برای زاویه درجه بایستی از تقریب $\sin(x) = \frac{\pi x}{۱۸۰}$ استفاده کرد.

$$\theta = \theta_2 - \theta_1 \implies \delta\theta^2 = \delta\theta_1^2 + \delta\theta_2^2 \implies \delta\theta = 0.1782^\circ$$

و همینطور خطای a را می توان به دست آورد:

$$a = \frac{\lambda}{\theta} \implies \delta a^2 = \frac{1}{\theta^2} \delta\lambda^2 + \frac{\lambda^2}{\theta^4} \delta\theta^2 \implies \delta a = 16.170 \mu m$$

البته می توان خطای پراکندگی کمیت a را هم حساب کرد که برابر با $3.587 \mu m$ است و خطای کمیت های وابسته اینجا قابل اعتماد تر است چرا که خطای پراکندگی صرفا به ما می گوید که این داده ها چطور توزیع شده اند و خطای کمیت هایی که در آن جاگذاری شده اند را در نظر نمی گیرد.

عوامل خطا این ها می توانند باشند:

- خطای آزمایشگر در منطبق کردن رتیکول بر وسط نوار روشن
- خطای آزمایشگر در تنظیم طیف سنج
- عمود قرار ندادن دوشکاف یانگ بر پرتوی خروجی از موازی ساز
- خطاهای دستگاه های آزمایشی

آزمایش دوم: تداخل به وسیله دو منشور فرنل

در این آزمایش با دو منشور فرنل و شیوه کارکرد آن آشنا شدیم و طرح تداخلی را روی پرده ای مشاهده کردیم و با استفاده از این ست آپ آزمایشی یک سری داده به دست آوردیم که در قسمت های بعدی این آزمایش برایمان سودمند بود.

جدول این آزمایش چنین بود:

جدول ۴-۲			تداخل به وسیله دو منشور فرنل				
دفعات	فاصله عدسی ۵ میلی متری تا دو منشور فرنل	فاصله عدسی ۵ میلی متری تا پرده	D	d	l	n	i=l/n
۱	-	-	۲۲۷/۲cm	۵/۹cm	۲.۹۹۴ cm	۲۰	۱.۴۹۷ mm
۲					۲.۹۹۲ cm		۱.۴۹۶ mm
۳					۲.۹۹۰ cm		۱.۴۹۵ mm
					۲.۹۹۲ cm	میانگین	۱.۴۹۶ mm

این آزمایش خواسته ای نداشت ولی خطاها را برای فاصله ی بین دو نوار روشن متوالی محاسبه می کنیم:

$$\sigma_i = 8.1 \times 10^{-5} \text{ cm} \text{ : همان انحراف معیار است برابر با :}$$

همچنین خطای طول اندازه گیری شده توسط کولیس هم مطابق با عکس داده ها برابر با 0.02 mm بود، یعنی دقت ریزسنج.

آزمایش سوم : اندازه گیری طول موج لیزر هلیوم نئون

در اینجا باز هم از ست آپ دو منشور فرنل استفاده کردیم فقط با این تفاوت که برای بدست آوردن فاصله دو چشمه مجازی (a) از یک عدسی با فاصله ی کانونی ۱۰۰ میلی متری استفاده کردیم، تا بتوانیم مطابق رابطه $i = \frac{\lambda D}{a}$ طول موج لیزر را هلیوم نئون را محاسبه کنیم.

جدول داده های این آزمایش:

جدول ۳-۴

داده های ثبت شده برای فاصله ی بین تصویر دو چشمه مجازی نور

دفعات	فاصله عدسی ۵ میلی متری تا عدسی ۱۰۰ میلی متری P	فاصله عدسی ۱۰۰ میلی متری تا پرده P'	فاصله تصویر دو چشمه مجازی a'	a
۱	۱۰.۸ cm	۲۱۶.۴ cm	۱.۹۹۲ cm	۰.۹۹۴ mm
۲			۱.۹۹۴ cm	۰.۹۹۵ mm
۳			۱.۹۹۲ cm	۰.۹۹۴ mm
میانگین: ۱.۹۹۳ cm				۰.۹۹۴۳ mm

و مطابق $\frac{a}{a'} = \frac{P}{P'}$ می توانیم فاصله دو چشمه نور مجازی را حاصل کنیم، که نتایج در ردیف آخر جدول بالا نوشته شده اند.

جدول مربوط به محاسبه طول موج را ببینیم:

جدول ۴-۴ محاسبه طول موج لیزر هلیوم نئون

i	α	D	λ
$1.496 \pm 0.2 \text{ mm}$	$0.9943 \pm 0.00927 \text{ mm}$	$227.2 \pm 0.1 \text{ (cm)}$	$6546.9 \pm 105.7 \text{ A}$

و حالا وقت به دست آوردن طول موج است:

$$\lambda = \frac{ia}{D} = 6546/9 \text{ \AA}$$

البته این عدد برای طول نسبتاً خوب است چرا که عدد دقیقتر ۶۳۲۶ آنگستروم است و بایستی خطای این عدد را هم حساب کنیم.

محاسبه خطاها:

خطای فاصله تصویر دو منبع نور مجازی (a') برابر با خطای ریزسنج است که برابر با 0.02 mm می باشد و خطای پراکندگی آن برابر با $\sigma_{a'} = 9 \times 10^{-4} \text{ cm}$ است.^۲

خطای فاصله دو منبع نور مجازی (a) هم را باید با داشتن خطای P و P' را محاسبه کرد ولی چون ما خطای آن ها را نداریم، فرض را بر این می گذاریم که این فاصله سنجی ها با خط کش انجام شده پس دقت آن در حد میلی متر است.

$$\delta a = \sqrt{\left(\frac{a'}{P'}\right)^2 \delta P^2 + \left(\frac{P}{P'}\right)^2 \delta a'^2 + \left(\frac{aP}{P'^2}\right)^2 \delta P'^2} = 9.27 \text{ } \mu\text{m}$$

و خطای پراکندگی این کمیت را اکسل به دست می دهد: $\sigma_a = 0.471 \text{ } \mu\text{m}$ و می بینیم که در این مورد هم خطای کمیت وابسته بیشتر از خطای پراکندگی است چرا که به طور ضمنی خطای کمیت های دیگر را در دل خود دارد.

و حالا وقت به دست آوردن خطای طول موج است:

$$\lambda = \frac{a i}{D}, \quad \delta \lambda = \sqrt{\left(\frac{i}{D} \delta a\right)^2 + \left(\frac{a}{D} \delta i\right)^2 + \left(\frac{ai}{D^2} \delta D\right)^2} = 1.057 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\lambda = 6546/9 \text{ \AA} \pm 105.7 \text{ \AA}$$

می بینیم که اثر خطاهای کوچک در بدست آوردن طول موج بسیار زیاد است و این خطاها باعث ایجاد تصحیحات زیادی بر طول موج می شوند.

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک و راه کاهش آن ها:

^۲ محاسبه ی خطای پراکندگی تمامی داده ها در فایل اکسل ضمیمه شده انجام شده است.

- یک نکته مهم به نظرم این بود که فاصله ی منبع عدسی تا پرده را هر چه بهتر و دقیقتر بدست آوریم، خطای نهایی کمتر است. پس این فاصله سنجی ابتدا و انتها را با وسایل دقیقتر اگر انجام دهیم، نتیجه نهایی کار بهتر است.
- همانطور که در فیلم هم اشاره شد بایستی عدسی ۱۰۰ میلی متری به اندازه کافی به دومنشور فرنل نزدیک شود تا تصویر دو چشمه مجازی به اندازه کافی متمرکز و واضح باشد.
- زاویه دار و کج بودن هر یکی از عدسی ها یا دو منشور باعث منحرف شدن تصویر می شود و این باعث ایجاد خطا در فاصله بین عدسی و پرده می شود.
- اگر محل عدسی ۵ میلیمتری تغییر کند، نتایج به دست آمده در آزمایش قبلی که در این آزمایش به کار می رود، همگی اشتباه می شوند پس باید مکان آن ثابت بماند.
- خطای دستگاه های آزمایش

آزمایش چهارم : اندازه گیری زاویه راس دو منشور فرنل

در این آزمایش هم فقط از داده های قسمت قبلی استفاده کردیم و زاویه راس منشور را محاسبه کردیم. جدول این آزمایش این است:

جدول ۴-۵		محاسبه زاویه راس منشور	
A	n	d	α
$0.928^{\circ} \pm 0.017^{\circ}$	۱/۵۲	5.9 ± 0.1 cm	$0.9943 \pm 9.27 \times 10^{-3}$ mm

در رابطه ی $A = \frac{a}{2(n-1)d}$ جاگذاری کردیم و مقدار زاویه بالا را برای زاویه راس منشور حاصل کردیم.^۳ و برای محاسبه ی خطای آن هم داریم:

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{2(n-1)d}\right)^2 + \left(\frac{a}{2(n-1)d^2} \Delta d\right)^2} = 0.01795^{\circ}$$

^۳ توجه شود که زاویه حاصل شده را باید از رادیان به درجه تبدیل کرد.