

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

آزمایش دوازدهم

کار با تداخل سنج فابری پرو

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

آزمایشگاه اپتیک – دانشکده فیزیک – دانشگاه صنعتی شریف

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

تاریخ انجام آزمایش : ۵ خرداد سال ۱۴۰۰

مقدمه ی آزمایش

در این آزمایش با یکی دیگر از تداخل سنج ها آشنا می شویم؛ تداخل سنج فابری پرو.

از لحاظ ساختاری این تداخل سنج بسیار مشابه با تداخل سنج مایکلسون است که در آزمایش هشتم با آن آشنا شدیم؛ ولی به طور خلاصه، این تداخل سنج متشکل از دو تیغه اندوده شده (۸۰ درصد) است که به موازات هم قرار دارند و با دویچ قابلیت تنظیم این دو تیغه را داریم. تداخل در فاصله ی مابین این دو تیغه صورت می گیرد و نتیجه روی پرده ای که در طرف دیگر تداخل سنج قرار دارد، مشاهده می شود^۱.

در این آزمایش ما قصد داریم ابتدا شیوه مدرج کردن تداخل سنج را یاد بگیریم و سپس طول موج یکی از خط های زرد رنگ سدیم را محاسبه کنیم. قابل توجه است که ماهیت این آزمایش و آزمایش هشتم، پدیده ی تداخل و برهم نهی نور است و حتی شیوه ی انجام این دو آزمایش هم بسیار مشابه است.

وسایل آزمایش:

- تداخل سنج فابری پرو
- لامپ جیوه و منبع تغذیه
- لامپ سدیم و منبع تغذیه
- پالایه سبز

آزمایش اول: مدرج کردن تداخل سنج

در این آزمایش هدف ما به دست آوردن ضریب تبدیلی است که تغییر مکان ریز سنج (D) را به تغییر فاصله ی دو تیغه ای که داخل تداخل سنج قرار دارند (d) نسبت می دهد؛ روش به دست آوردن این ضریب تبدیل این چنین است:

از یک نور تکفام مشخص، مثلاً نور سبز جیوه با طول موج $\lambda = 5460\text{\AA}$ در تداخل سنج استفاده می کنیم. کاری که می کنیم این است که مکان اولیه ریزسنج را یادداشت می کنیم و سپس با چرخاندن ریزسنج، تعداد ۱۰۰ نوار را به داخل یا خارج می شماریم. پس از این کار، مقدار ثانویه ریزسنج را یادداشت می کنیم. به وضوح مقدار D ، از تفاضل مقدار دو عدد خوانده شده از ریزسنج حاصل می شود و مقدار d را باید از روی رابطه $2d = n\lambda$ بخوانیم که $n = 100$ است. با تقسیم این دو عدد، ضریب تبدیل را پیدا می کنیم.

^۱ ساختار تداخل سنج و اجزاء آن و شیوه تنظیم کردن این تداخل سنج را در فایل پیش گزارش دیدیم و در اینجا از آوردن آن خودداری می کنیم.

جدول داده های این آزمایش را ببینید:

مدرج کردن تداخل سنج فابری پرو جدول ۱۲-۱

دفعات	$D(mm) \pm 0.01mm$	$d(mm) \pm 0.0005mm$	$\frac{d}{D} \pm \Delta\left(\frac{d}{D}\right)$
۱	0.56	0.0273	0.04875
۲	0.55	0.0273	0.04963
۳	0.58	0.0273	0.04707
میانگین			0.0485 ± 0.0008

دقت ریزسنج تداخل سنج برابر ۰.۰۱ میلی متر بود و دقت سنجی مان برای فاصله ی دو آینه، بسته به این بود که دقتمان در شمارش فریزها چقدر بود که با در نظر گیری $\Delta n = 1$ و $\Delta \lambda = 1A$ ، مقدار خطا مطابق بالا برابر ۰.۰۰۰۵ میلیمتر حاصل می شود:

$$d = n \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta d = \sqrt{\left(\frac{\Delta n \lambda}{2}\right)^2 + \left(\frac{n \Delta \lambda}{2}\right)^2} = 0.0005$$

همچنین برای به دست آوردن خطای $\frac{d}{D}$ از رابطه ی خطای کمیت وابسته به شکل زیر استفاده می کنیم:

$$\Delta\left(\frac{d}{D}\right) = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{D}\right)^2 + \left(\frac{d \Delta D}{D^2}\right)^2} \cong 0.001$$

ولی ممکن است خطای آزمایشگر هم وجود داشته باشد؛ بهتر است که برای گزارش خطای این نسبت، از خطای پراکندگی استفاده کنیم که مقدار آن به دست می آید:

$$\delta\left(\frac{d}{D}\right) = \frac{\sigma_{1,2,3}}{\sqrt{3}} \cong 0.0008$$

پس مقدار این نسبت را اینطور گزارش می کنیم:

$$\frac{d}{D} = 0.0485 \pm 0.0008$$

آزمایش دوم: بدست آوردن یکی از طول موجهای خط زرد سدیم

حالا که تداخل سنج را مدرج کردیم؛ از آن استفاده می کنیم تا بتوانیم طول موج خط زرد رنگ طیف سدیم را حاصل کنیم. مشابه آزمایش قبل، تعدادی n فریز را می بینیم و با در دست داشتن ضریب تبدیل بالا، می توانیم فاصله آینه را طی دو ناهمسازی متوالی پیدا کنیم. از رابطه $2d = n\lambda$ طول موج نور زرد طیف سدیم را محاسبه می کنیم.

اندازه گیری طول موج زرد سدیم جدول ۱۲-۲

دفعات	$D(mm) \pm 0.01mm$	$d(mm) \pm 0.0004mm$	$\lambda(\text{\AA}) \pm \Delta\lambda$
۱	0.61	0.0296	5920
۲	0.60	0.0290	5800
۳	0.64	0.0310	6200
میانگین			5973 ± 167

جدول ۱۲-۳

	$\lambda(\text{\AA})$
آزمایش	5973 ± 167
مقدار ذکر شده در مراجع	5890

برای به دست آوردن خطای d از رابطه خطای کمیت وابسته استفاده می کنیم:

$$\Delta d = \sqrt{(\Delta D \alpha)^2 + (D \Delta \alpha)^2} \cong 0.0004$$

خطای طول موج هم به طور مشابه به دست می آید که مقدار $\Delta n = 1$ را جایگذاری کرده ایم.

$$\lambda = \frac{2d}{n}, \quad \Delta \lambda = \sqrt{\left(\frac{2\Delta d}{n}\right)^2 + \left(\frac{2d\Delta n}{n^2}\right)^2} \cong 80 \text{ \AA}$$

اما برای گزارش خطا باید پراکندگی داده های به دست آورده را حساب کنیم که برابر $\sigma_\lambda = 167 \text{ \AA}$ است پس می توانیم مقدار طول موج حاصل شده را اینطور گزارش کنیم.

$$\lambda = \lambda_{mean} \pm \Delta \lambda = 5973 \text{ \AA} \pm 167 \text{ \AA}$$

با این داده ها و دانستن مقدار طول موجی که در مراجع ذکر شده است جدول ۱۲-۳ را پر کرده ایم. در نهایت بد نیست خطای نسبی این دو طول موج را هم پیدا کنیم.

$$rel_{error} = \frac{5973 - 5890}{5890} \times 100 \cong \%1$$

آزمایش سوم: تعیین اختلاف طول موج دو خط زرد طیف سدیم

مشابه کاری که در آزمایش مایکلسون صورت گرفت را انجام می دهیم. چون طیف اتم سدیم شامل دو خط از رنگ زرد است، در تداخل طیف این اتم، هر دو رنگ برهم نهی می شوند. به جاهایی که خطوط روشن و خطوط تاریک برهم منطبق هستند، همسازی و به جاهایی که خطوط تاریک و روشن روی یکدیگر قرار می گیرند ناهمسازی می گوییم. از یک ناهمسازی شروع می کنیم و ناهمسازی های متوالی را مشاهده می کنیم. با در دست داشتن ضریب تبدیل بالا، می توانیم فاصله آینه را طی دو ناهمسازی متوالی پیدا کنیم. می دانیم که برای هر دو طول موج در هنگام ناهمسازی این رابطه برقرار است:

$$2 d = m \lambda_1 = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda_2$$

حالا اگر به ناهمسازی بعدی برویم، بایستی $m \rightarrow m + 1$ و با جایگذاری کردن و کسر این دو رابطه از هم به دست می آوریم:

$$2(d - d') = n \lambda_1 = (n + 1) \lambda_2$$

$$\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2 (d - d')} = \frac{(5893)^2}{2 I}$$

که در آن $d - d'$ ، اختلاف بین دو مقدار خوانده شده از ریزسنج است.

ما در این آزمایش فاصله ی بین سه ناهمسازی را می بینیم، تا دقتمان بهتر شود. بدیهی است که فاصله ی بین دو ناهمسازی، نصف فاصله ی بین سه ناهمسازی می شود.

حالا جدول داده ها را تکمیل می کنیم:

تعیین اختلاف طول موج دو طیف زرد سدیم جدول ۱۲-۴

دفعات	$L'(mm) \pm 0.01mm$	$I(mm) \pm 0.001mm$	$\Delta\lambda(\text{\AA}) \pm \Delta(\Delta\lambda)$
۱	12.39	0.300	5.78
۲	12.49	0.302	5.75
۳	12.51	0.303	5.73
میانگین			5.75 ± 0.02

جدول ۱۲-۵

	$\Delta\lambda(\text{\AA})$
آزمایش	5.75 ± 0.02
مقدار ذکر شده در مراجع	6

حالا وقت محاسبه کردن خطا هاست، خطای I را از روابط زیر محاسبه می کنیم ($I = \frac{L'}{2} \times \frac{d}{D}$):

$$\Delta I = \sqrt{\left(\frac{\Delta L' \alpha}{2}\right)^2 + \left(\frac{L' \Delta \alpha}{2}\right)^2} \cong 0.001$$

و همچنین خطای وابسته ی اختلاف طول موج (همان رابطه $\frac{\Delta(\Delta\lambda)}{\Delta\lambda} = \frac{\Delta I}{I}$):

$$\Delta\lambda = \frac{(5893)^2}{2I}, \quad \Delta(\Delta\lambda) = \frac{(5893)^2}{2I^2} \Delta I = \Delta\lambda \frac{\Delta I}{I} \cong 0.05$$

و مقدار پراکندگی داده های اختلاف طول موج هم به دست آوریم:

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_{mean} \pm \Delta(\Delta\lambda), \quad \Delta\lambda = \frac{\sigma_{1,2,3}}{\sqrt{3}} = 0.02$$

یعنی مقدار اختلاف طول موج را به شکل بالا گزارش می کنیم.

و درنهایت خطای نسبی این اختلاف طول موج ها را هم محاسبه می کنیم:

$$rel_{error} = \frac{6 - 5.75}{5.75} \times 100 \cong \%4$$