

بسم الله الرحمن الرحيم

گزارش کار آزمایشگاه اپتیک – دکتر مهدوی

آزمایش هشتم

کار با تداخل سنج مایکلسون

حسین محمدی

۹۶۱۰۱۰۳۵

آزمایشگاه اپتیک – دانشکده فیزیک – دانشگاه صنعتی شریف

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

تاریخ انجام آزمایش : ۸ اردیبهشت سال ۱۴۰۰

مقدمه ی آزمایش

در این آزمایش با یکی از تداخل سنج مایکلسون آشنا می شویم و علاوه بر آشنایی با مقدمات تئوری و روابط حاکم بر این تداخل سنج، شیوه کارکردن با این تداخل سنج را یاد می گیریم.

این تداخل سنج متشکل از دو بازوی متعامد است که در وسط آن یک آینه نیم اندود شده قرار دارد و به دلیل تفاوت طول بازوهای دو آینه، پدیده ی تداخل مشاهده می شود، همچنین به علت گسترده بودن منبع نور آن، شکلی که به عنوان نتیجه تداخل سنجی می بینیم، فریزهای دایره ای و هم مرکز هستند.

در آزمایش اول ضریب تبدیل «تغییرات پیچ ریزسنج» به «فاصله ی بین دو آینه» را با کمک روابطی که بر این تداخل سنج حاکم است، به دست می آوریم و سپس در آزمایش دوم، با تغییر منبع تغذیه به لامپ سدیم، اختلاف طول موج بین خط زرد طیف سدیم را می خوانیم.

وسایل آزمایش:

- تداخل سنج مایکلسون
- لامپ سفید و لامپ جیوه به همراه منبع تغذیه
- لامپ سدیم
- پالایه نور سبز
- پخش کننده نور (شیشه مات)

آزمایش اول: اندازه گیری رابطه تغییرات پیچ ریزسنج و فاصله بین دو آینه

برای انجام این آزمایش، از لامپ جیوه و پالایه نور سبز استفاده می کنیم. تداخل سنج را طوری تنظیم می کنیم که فریزهای دایره ای دقیقا در وسط میدان دید ما قرار بگیرند؛ (این کار را به کمک دو پیچی که روی آینه ی رو به روی منبع تغذیه قرار دارد انجام می دهیم.) حالا همه چیز برای انجام آزمایش آماده است.

هدف از این کار مدرج کردن ریزسنج متصل به آینه است؛ کافی است که عدد اولیه ریزسنج را یادداشت کنیم و آن را بچرخانیم تا دقیقا صد تا فریز رد شود و عدد ثانویه آن را هم بخوانیم. از تفاصل این دو عدد می توانیم کمیت D را به دست بیاوریم و از رابطه $2d = n\lambda$ هم کمک می گیریم¹ (طول موج سبز لامپ جیوه برابر ۵۴۶۰ آنگستروم است) و تغییر فاصله بین دو آینه را می خوانیم. حالا از تقسیم این دو عدد، ضریب تبدیل

¹ این رابطه در حقیقت همان رابطه $2d \cos(\theta_m) = n\lambda$ است که برای وقتی که فاصله دو آینه به نسبت کم است، زاویه ی تننا تقریباً برابر صفر است و این یعنی که رابطه به همان رابطه ای که در بالا نوشته شده تقلیل می یابد.

خواسته شده را به دست می آوریم. (توجه شود که برای کاهش خطای این آزمایش، سه بار این کار فرآیند را تکرار می کنیم).

در جدول زیر نتایج این اندازه گیری ها آمده است:

مدرج کردن تداخل سنج مایکلسون جدول ۸-۱

دفعات	$n \pm 1$	$D(mm) \pm 0.01mm$	$d^2(mm) \pm 0.0003 mm$	$\frac{d}{D} \pm \Delta(\frac{d}{D})$
۱	102	0.14	0.02876	0.205 ± 0.014
۲	96	0.13	0.02707	0.208 ± 0.016
۳	99	0.14	0.02792	0.200 ± 0.014
میانگین				0.204 ± 0.016

به ذکر جزئیات خطاها می پردازیم:

خطای اندازه گیری ریزسنج، کوچکترین واحد اندازه گیری آن یعنی $\Delta D = 0.01mm$ است.

خطای تغییر فاصله ی دو آینه برابر است با:

$$\delta d^2 = \frac{1}{2} ((\lambda \delta n)^2 + (n \delta \lambda)^2)$$

که با جایگذاری $\delta \lambda = 1A$ و همچنین $\delta n = 1$ ، به سادگی خطای اندازه گیری فاصله ی دو آینه برابر با $\Delta d = 0.0003 mm$ حاصل می شود.

و همچنین:

$$\delta \left(\frac{d}{D} \right)^2 = \left(\frac{\delta d}{D} \right)^2 + \left(\frac{d \delta D}{D^2} \right)^2$$

که برای هر سطر از جدول ۸-۱ نوشته شده است و خطای مطلوبی هم به نظر می رسد.

² مقدار خطای این کمیت را با فرض این که خطای شمارش ما یک واحد بوده است حساب کرده ایم.

در نهایت خطای پراکندگی آماری داده های $\frac{d}{D}$ هم برابر با ۰.۰۰۴ به دست می آید. از آنجا که خطای کمیت وابسته بیشتر است، بایستی بیشینه آن را به عنوان خطا گزارش کنیم پس:

$$\frac{d}{D} = 0.204 \pm 0.016$$

آزمایش دوم: تعیین اختلاف طول موج دو خط زرد سدیم

حالا پس از پیدا کردن درجه بندی تداخل سنج، تفاوت طول موج زرد نور سدیم را پیدا می کنیم. (طول موج بزرگتر را λ_1 و دیگری را λ_2 بنامید).

لامپ سدیم را به جای منبع تغذیه تداخل سنج قرار می دهیم و با چرخاندن پیچ ریز سنج دو حالت را می بینیم:

۱. همسازی: وقتی که نوارهای تاریک طول موج اول منطبق بر نوارهای تاریک طول موج دومی باشد و همچنین نوارهای روشن هم بر هم منطبق باشند.

۲. ناهمسازی: وقتی که نوارهای تاریک طول موج اول منطبق بر نوارهای روشن طول موج دومی باشد و بالعکس که در این حالت میدان دید ما کاملا روشن است.

حالا برای انجام این آزمایش، فاصله ی بین سه ناهمسازی متوالی را می بینیم و سپس آن ها را یادداشت می کنیم؛ با در دست داشتن این کمیت و با داشتن ضریب تبدیل بین ریزسنج-آینه از آزمایش بالا، و به کمک روابطی که در ادامه خواهد آمد، می توانیم اختلاف طول موج دو خط زرد سدیم را به دست بیاوریم.

جدول داده ها را مشاهده کنید:

تعیین اختلاف طول موج دو خط زرد سدیم جدول ۲-۸

دفعات	$L'(mm) \pm 0.01mm$	$L(mm) \pm 0.005 mm$	$\Delta\lambda(\text{\AA}) \pm \delta(\Delta\lambda)\text{\AA}$
۱	۲.۹۷	۱.۴۸۵	5.73 ± 0.03
۲	۲.۸۸	۱.۴۴	5.91 ± 0.03
۳	۲.۸۹	۱.۴۴۵	5.89 ± 0.03
میانگین			5.85 ± 0.49

حالا مطابق روابطی که در گزارش کار دیدیم، برای به دست آوردن تفاوت این دو خط طیفی زرد رنگ از رابطه زیر استفاده می کنیم:

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

که در آن l فاصله ی بین آینه پس از مشاهده ناهمسازی های متوالی است.

به ذکر جزئیات خطاها می پردازیم:

خطای L' که فاصله سه ناهمسازی متوالی است برابر است با دقت ریزسنج یعنی $\Delta L' = 0.01mm$

و خطای فاصله دو ناهمسازی که نصف بالایی است می شود $\Delta L = 0.005 mm$

اختلاف طول موج ها را با رابطه زیر به دست می آوریم:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2l \times \frac{d}{D}} \times 10^{-7} A$$

همچنین خطای اختلاف طول موج را اگر بخواهیم حساب کنیم باید بنویسیم^۳:

$$\delta(\Delta\lambda) = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2l^2} \delta l = \frac{1}{l} \delta l \times \Delta\lambda \implies \frac{\delta_{\text{وابسته}}(\Delta\lambda)}{\Delta\lambda} = \frac{\delta_{\text{وابسته}} l}{l}$$

ابتدا خطای فاصله ی دو آینه را حساب کنیم (فاصله ی خوانده شده روی ریزسنج را L بنامید)

$$l = d - d' = \frac{d}{D} \times (L) \implies \delta l^2 = L^2 \times \delta \left(\frac{d}{D} \right)^2 + \left(\frac{d}{D} \delta L \right)^2$$

با جایگذاری خطای $\frac{d}{D}$ که از قبل داشتیم و خطای L که برابر دقت ریزسنج است به سادگی به دست می آوریم:

$$\delta_{\text{وابسته}} l = 0.024 mm$$

و بی درنگ خطای اختلاف طول موج زرد بدست می آید:

$$\delta_{\text{وابسته}} (\lambda_1 - \lambda_2) = 0.49 A$$

³ اندیس وابسته را برای این قرار می دهیم که مفهوم دلتا با یکدیگر خلط نشود.

پس خطای اختلاف طول موج را هم حاصل کردیم^۴.

حال اگر هدفمان این باشد که مقدار λ_1 و λ_2 را به دست بیاوریم به سادگی از حل معادله زیر:

$$\begin{cases} \lambda_1 - \lambda_2 = 5.85 \text{ \AA} \\ \lambda_1 \lambda_2 = 5893^2 \text{ \AA}^2 \end{cases}$$

نتیجه می گیریم:

$$\begin{cases} \lambda_2 = 5890.1 \text{ \AA} \\ \lambda_1 = 5895.9 \text{ \AA} \end{cases}$$

که همان چیزی است که در سر کلاس هم اشاره شد. (البته بدون در نظرگیری خطای یک دهم آنگسترومی)

⁴ مانند همیشه، ماکسیم خطا را وارد جدول کرده ایم و در این جا باز هم خطای کمیت وابسته بیش از خطای پراکندگی آماری شد.