



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

آزمایشگاه اپتیک

(دانشکده فیزیک، طبقه 1، آزمایشگاه اپتیک و لیزر)

آزمایش 12: کار با تداخل سنج فابری پرو

نویسنده: ملیکا رجبی - 99101608

تاریخ انجام آزمایش: 1402.11.25

تداخل سنج فابری پرو شامل دو تیغه‌ی نیمه‌اندود موازی هست که می‌توانند توسط پیچ‌های تنظیم جابجا شوند. یکی از ویژگی‌های این تداخل سنج این است که یک پرتو را به چندین پرتوی موازی تبدیل می‌کند. بنابراین تداخل در بی‌نهایت صورت گرفته و می‌توان سیستم فریز را به طور مستقیم با چشم مشاهده کرد. البته در صورت نزدیک شدن حلقه‌ها به هم، باید از یک دوربین برای بزرگنمایی استفاده کرد.

هدف ما در این آزمایش، آشنایی با کار با این تداخل سنج است. بعد از تنظیم تداخل سنج، ابتدا آن را مدرج می‌کنیم. این به این معناست که ضریب $\frac{d}{D}$ را با استفاده از لامپ جیوه به دست می‌آوریم. (d فاصله‌ی دو تیغه و D تغییر مکان پیچ ریز سنج است.) در بخش بعدی، با استفاده از ضریب به دست آمده، طول موج یکی از خطوط زرد سدیم را به دست می‌آوریم. در نهایت با استفاده از همسازی و ناهمسازی دو طول موج، اختلاف طول موج دو خط طیف زرد سدیم را به دست می‌آوریم.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش: تداخل سنج فابری پرو، لامپ جیوه و منبع تغذیه، لامپ سدیم و منبع تغذیه، پالایه‌ی سبز

۱ تنظیم دستگاه

قبل از شروع آزمایش باید دستگاه را تنظیم کنیم. ابتدا لامپ جیوه که منبع نوری ما هست را در پشت دستگاه قرار می‌دهیم. سپس با استفاده از دو پیچ تنظیم که روی تیغه‌ها قرار دارند، کاری می‌کنیم که دو تیغه به صورت موازی نسبت به هم قرار گیرند. در این حالت، تصویر مشاهده شده از چشمی تداخل سنج، که منبع نوری را

نشان می‌دهد، به صورت متمرکز در یک نقطه خواهد بود و نه به صورت چندین تصویر متوالی و محو.

در ادامه، منبع را به دستگاه نزدیک‌تر می‌کنیم و یک عدسی و یک تلسکوپ را به ترتیب در جلوی چشمی قرار می‌دهیم. حالا با نگاه به داخل تلسکوپ، باری دیگر با استفاده از پیچ‌های تنظیم تیغه‌ها، طرح‌های تداخلی که اکنون به صورت دوائر متحدالمرکز قابل مشاهده هستند را به مرکز میدان دید آورده تا دستگاه کاملاً تنظیم شود.

توجه شود که برای تنظیم دستگاه، می‌توان عدسی و تلسکوپ را هم جابجا کرد. همچنین نباید پیچ‌های تنظیم را مقدار زیادی تغییر دهیم تا دستگاه از تنظیم اولیه خارج شود.

۲ مدرج کردن تداخل سنج

در این بخش، ابتدا پیچ ریزسنج که در سمت راست تداخل سنج قرار دارد را روی یک عدد مشخص تنظیم می‌کنیم. سپس درحالی‌که به درون تلسکوپ نگاه می‌کنیم، ریزسنج را در یک جهت مشخص حرکت می‌دهیم. با حرکت پیچ ریزسنج، فاصله‌ی تیغه‌ها تغییر کرده و در نتیجه دوائر طرح‌های تداخلی از مرکز به سمت بیرون و یا برعکس حرکت می‌کنند. زمانی که 100 دایره از مرکز خارج و یا به آن وارد شد، حرکت ریزسنج را متوقف کرده و میزان جابجایی آن را یادداشت می‌کنیم (D). در ادامه با استفاده از فرمول و اطلاعات زیر، d را به دست می‌آوریم:

$$2d = n\lambda \quad (1-12)$$

$$n = 100, \lambda = 5460\text{\AA} \quad (2-12)$$

در نهایت با تقسیم دو عدد به دست آمده، ضریب مورد نظرمان را محاسبه می‌کنیم. نتایج به صورت زیر شد:

$$d = \frac{100 \times 5460 \times 10^{-10}}{2} = 0.0273mm \quad (۱۲-۳)$$

جدول ۱۲-۱: مدرج کردن تداخل سنج فابری پرو

دفعات	D(mm)	d(mm)	d/D
1	0.65	0.0273	0.042
2	0.60	0.0273	0.0455
3	0.62	0.0273	0.04403
میانگین	0.623	0.0273	0.0438

۳ اندازه‌گیری طول موج یکی از خط‌های زرد سدیم

در این بخش، به جای لامپ جیوه، لامپ سدیم را در پشت دستگاه قرار داده و در صورت لزوم دوباره دستگاه را تنظیم می‌کنیم. سپس مراحل طی شده در بخش قبل را تکرار می‌کنیم و D مربوط به خروج یا ورود 100 دایره را برای لامپ سدیم به دست می‌آوریم و یادداشت می‌کنیم.

با ضرب کردن این عدد در ضریب به دست آمده در بخش قبل، به مقدار d می‌رسیم. سپس با استفاده از فرمول $12 - 1$ و با داشتن اطلاعات $n = 100$ ، طول موج یکی از خط‌های زرد سدیم را به دست می‌آوریم.

نتایج به صورت زیر شد:

جدول ۱۲ - ۲: اندازه گیری طول موج زرد سدیم

دفعات	D(mm)	d(mm)	$\lambda(A^\circ)$
1	0.615	0.026937	5387.4
2	0.63	0.027594	5518.8
3	0.66	0.028908	5781.6
میانگین	0.635	0.027813	5562.6

همچنین با جستجو در مراجع، مقدار طول موج زرد سدیم را با مقدار به دست آمده در آزمایش مقایسه می کنیم:

جدول ۱۲ - ۳

	$\lambda(A^\circ)$
آزمایش	5562.6
مقدار ذکر شده در مراجع	5890

همانطور که مشاهده می شود، تفاوتی بین دو مقدار وجود دارد که می تواند به دلیل خطا در شمارش تعداد فریزها، خطا در خواندن مقدار ریزسنگ، لرزش دست هنگام چرخاندن پیچ ریزسنگ و ... باشد.

۴ تعیین اختلاف طول موج دو خط طیفی زرد سدیم

همانطور که می دانیم، طیف لامپ سدیم دارای دو خط زرد رنگ هست که فاصله ی کوچکی از هم دارند. در این بخش می خواهیم اختلاف طول موج این دو خط را به دست بیاوریم.

هر طول موج یک طرح تداخلی جدا ایجاد می کند. با چرخاندن پیچ ریزسنگ و تغییر فاصله ی بین دو آینه، این دو طرح روی هم حرکت می کنند زیرا سرعت های

متفاوتی دارند. در برخی نقاط، بخش‌های تاریک دو طرح کاملاً روی هم قرار می‌گیرند. به این حالت همسازی کامل گفته می‌شود. همچنین در برخی نقاط بخش‌های تاریک یک طرح دقیقاً در وسط دو بخش تاریک متوالی طرح دیگر قرار می‌گیرد. به این حالت ناهمسازی کامل گفته می‌شود.

ابتدا دستگاه را در حالت ناهمسازی کامل قرار می‌دهیم و عدد ریزسنگ را یادداشت می‌کنیم. سپس پیچ ریزسنگ را آنقدر حرکت می‌دهیم تا از حالات همسازی کامل، ناهمسازی کامل دوم و همسازی کامل دوم عبور کرده و به حالت ناهمسازی کامل سوم برسیم. در این حالت عدد ریزسنگ را یادداشت کرده و اختلاف آن با عدد قبل را محاسبه می‌کنیم. این مقدار را L' می‌نامیم. در ادامه با استفاده از روابط زیر اختلاف دو طول موج را به دست می‌آوریم:

$$L' = \text{فاصله‌ی بین سه ناهمسازی متوالی} \quad (۱۲-۴)$$

$$\frac{L'}{2} = \text{فاصله‌ی بین دو ناهمسازی متوالی} \quad (۱۲-۵)$$

$$l = \frac{L'}{2} \times \frac{d}{D} = \text{تغییر مکان واقعی بین دو تیغه‌ی} \quad (۱۲-۶)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{5893^2}{2l} \quad (۱۲-۷)$$

نتایج به صورت زیر شد:

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

دفعات	$L'(\text{mm})$	$l(\text{mm})$	$\Delta\lambda(\text{\AA})$
1	10.65	0.2332	7.4458
2	11.61	0.25426	6.8291
3	11.87	0.25995	6.6796
میانگین	11.378	0.24913	6.9848

حالا با مراجعه به مراجع، مقدار اختلاف دو طول موج را با مقدار به دست آمده در آزمایش مقایسه می‌کنیم:

جدول ۱۲- ۵

	$\Delta\lambda(A^\circ)$
آزمایش	6.9848
مقدار ذکر شده در مراجع	6

همانطور که مشاهده می‌شود دو عدد تقریباً به هم نزدیکند اما خطایی وجود دارد که علاوه بر علت‌های ذکر شده در بخش‌های قبل، می‌تواند به دلیل دقیق نبودن دقت چشم به منظور تشخیص نقطه‌ی همسازی یا ناهمسازی کامل باشد.

۵ محاسبه خطا

با توجه به آزمایش بخش ۱ می‌دانیم:

$$\Delta D = 0.01mm \quad (۱۲-۸)$$

$$\Delta(d/D) = (d/D) \frac{\Delta D}{D} \approx 0.0007 \quad (۱۲-۹)$$

همچنین با توجه به آزمایش بخش ۲ می‌دانیم:

$$\Delta d = d \times \sqrt{\left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(d/D)}{(d/D)}\right)^2} \approx 0.0006mm \quad (۱۲-۱۰)$$

$$\Delta\lambda = \lambda \times \frac{\Delta d}{d} \approx 120A^\circ \quad (۱۲-۱۱)$$

با توجه به آزمایش بخش 3 می‌دانیم:

$$\Delta L' = 0.01mm \quad (12-12)$$

$$\Delta l = l \times \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{L'}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(d/D)}{(d/D)}\right)^2} \approx 0.004mm \quad (13-12)$$

حالا با توجه به رابطه‌ی زیر خطای اختلاف دو طول موج را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta(\lambda_1 - \lambda_2) = (\lambda_1 - \lambda_2) \times \frac{\Delta l}{l} \approx 0.1A^\circ \quad (14-12)$$

۶ نتیجه‌گیری

با انجام بخش‌های مختلف این آزمایش، ما یاد گرفتیم که چطور با یک تداخل‌سنج فابری پرو کار کنیم. به این صورت که ابتدا باید با ابزارهای مناسب آن را تنظیم کنیم. سپس با روش‌های ذکر شده آن را مدرج کنیم. در ادامه آموختیم که چطور با استفاده از ضریب به‌دست آمده، طول موج جدیدی را محاسبه کنیم و همچنین اختلاف طول موج دو خط موجود در یک طیف را به‌دست بیاوریم. همچنین منشا خطاهای هر آزمایش را شناختیم، مقدار آن‌ها را محاسبه کردیم و سعی کردیم که آن‌ها را به حداقل برسانیم.