

به نام خدا



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده فیزیک

آزمایشگاه اپتیک

راهنمای آزمایشگاه اپتیک

در این نوشته که به طور مختصر تحت عنوان "دستور کار آزمایشگاه اپتیک" در اختیار شما قرار می‌گیرد سعی شده است که مطالب مربوط به هر آزمایش بطور خلاصه یادآوری شود در این گزارش مبانی نظری آزمایش‌ها بطور کامل شرح داده نشده است و فرض شده است که دانشجویان درس اپتیک را گذارنده‌اند. برای مرور و آشنایی بیشتر می‌توانید به مراجع معرفی شده در پایان دستور کار مراجعه کنید به هنگام آزمایش رعایت نکات زیر ضروری است.

- ۱- قبل از ورود به آزمایشگاه دستور کار آزمایش مربوطه بدقت مطالعه شود.
 - ۲- پس از ورود به آزمایشگاه مستقیماً پشت میز مربوط به آزمایش خود بروید و وسایل روی میز را با فهرست وسایل مورد نیاز آزمایش خود مقایسه کنید و در صورت ناقص بودن وسایل از مسئول آزمایشگاه در مورد وسیله مورد نظر سؤال کنید.
 - ۳- قبل از اتصال دستگاهها به برق شهر باید تمام کلیدها به حالت خاموش باشند. بعد از اتمام کار نیز ابتدا دستگاهها را خاموش کرده سپس اتصال آنها را با برق شهر قطع کنید.
 - ۴- به هنگام آزمایش مراقب باشید تا دست شما با سطوح اپتیکی تماس پیدا نکند.
 - ۵- در صورتیکه در حین آزمایش به هر یک از وسایل آسیبی وارد شود فرد یا گروه آزمایش کننده مسئول خواهد بود و از این جهت به هنگام استفاده از وسایل آزمایشگاه مراقبت لازم را بنمایید.
 - ۶- پس از انجام آزمایش خطای مربوط به هر آزمایش را با توجه به دقت دستگاهها، برآورد یا محاسبه کنید.
- هر نفر بایستی گزارش کار خود را با استفاده از نتایج به دست آمده در آزمایشگاه تهیه کرده و یک هفته بعد از آزمایش مورد نظر آن را به مسئول آزمایشگاه تحویل دهد.

گزارش کار باید شامل بخشهای زیر باشد.

الف- بیان مختصری از هدف آزمایش

ب- خلاصه مبانی نظری آزمایش

ج- ارائه نتایج بدست آمده در آزمایش به همراه نمودارهای خواسته شده در دستور کار.

د- برآورد و محاسبه‌ی خطاهای آزمایش با توجه به دقت وسایل هر آزمایش و بیان دلایل ایجاد خطا.

به هنگام ارائه نتایج هر آزمایش نکات زیر ضروری است.

- باید نتایج را با واحد مربوطه ارائه دهید.

- در رسم نمودارها باید محورها کاملاً مشخص بوده و از روشهای رسم منحنی استفاده شود.

روش نوشتن گزارش

۱- خواص کلی گزارش

گزارش نوشته این است که بوسیله آن یک فرد نتایج و جزئیات یک کار، مشاهده یا آزمایش را برای قضاوت یا تصمیم‌گیری در اختیار دیگران قرار می‌دهد. موضوع گزارش هر چه باشد، بسیار مهم است که گزارش بگونه‌ای نوشته و تنظیم شود که بیشترین اطلاعات را در کمترین حجم منتقل کند، ضمن اینکه کامل و بدور از تحریف باشد. گزارشگر تمام جزئیات را بدون هیچگونه استنباط شخصی آورده و سپس در جای خود به بحث و تحلیل آنها می‌پردازد. با توجه به اهمیت گزارش نویسی و نقشی که در زندگی شغلی هر فردی دارد، خوب است که نوشتن گزارشهای آزمایشگاه را لااقل بعنوان تمرینی برای آینده جدی بگیریم.

یک گزارش خوب باید تمیز و مرتب باشد. اگر از کاغذ کلاسور استفاده می‌کنید، حتی المقدور در یک طرف آن بنویسید. صفحه‌ی اول را به نام گزارش، نام نویسنده و ... اختصاص دهید. بگونه‌ای بنویسید که بتوان برآحتی در مورد آن قضاوت کرد. نتایج باید واضح و برآحتی در صفحه دیده شوند. قسمتهای مجزا باید سرفصل و احتمالاً "شماره داشته باشند. هر شکل یا جدولی در یک جای متن باید آدرس داده شده باشد. اگر گزارش دست نویس است. در نوشتن بی‌مبالات نباشید، خوانایی یک اصل مهم در گزارش نویسی است.

سعی کنید این اصول را در حد امکان در گزارشهای آزمایشگاه که می‌نویسید بکار ببرید. در قسمتهای بعد جزئیات بیشتری از گزارش نویسی آزمایشگاه آورده شده است.

۲- گزارش آزمایشگاه

هر آزمایش شامل دو یا چند آزمایش کوچکتر است که بصورت مثلاً "آزمایش ۱، آزمایش ۲ و ... مشخص شده‌اند. نتایج هر کدام از آنها باید در قسمتهای مستقل از هم نوشته شوند. در ابتدای گزارش شرح مختصری در مورد کل آزمایش بدهید و سپس آزمایشهای مختلف را به ترتیب ذکر کنید. برای هر کدام از آزمایشها توضیح کوتاهی از نحوه انجام و هدف آن بنویسید و آنگاه نتایج را در یک یا چند جدول بیاورید. حتی المقدور سعی کنید تمام اطلاعات را در یک جدول بیاورید. برای کمیتها

حتماً" واحد را ذکر کنید. مثلاً" اگر می‌نویسید "ارتفاع" جلو آن مشخص کنید که اعداد زیر یا روبروی آن در جدول بر حسب متر هستند یا سانتیمتر و ...

	عمق حقیقی (mm) (± 0.01 mm)	عمق ظاهری (mm) (± 0.01 mm)	ضریب شکست
۱	۲۱/۵۲	۱۴/۱۴	$1/522 \pm 0/001$
۲	۲۱/۴۷	۱۴/۱۶	$1/516 \pm 0/001$
۳	۲۱/۶۴	۱۴/۱۰	$1/535 \pm 0/001$
۴	۲۱/۴۸	۱۴/۱۳	$1/521 \pm 0/001$
میانگین n			۱/۵۲۳
انحراف معیار σ_{n-1}			8×10^{-3}
$n=1/523 \pm 0/004$			4×10^{-3}
$\sigma/\sqrt{n}$			

جدول بالا مثال ساده‌ای از یک جدول کامل برای یک آزمایش است. آزمایش مربوط می‌شود به اندازه‌گیری ضریب شکست با استفاده از اندازه‌گیری عمق ظاهری و عمق حقیقی ($n = \frac{\text{عمق حقیقی}}{\text{عمق ظاهری}}$).

دقت کنید که واحد اندازه‌گیری در بالا ذکر شده است. تمام اعداد همراه با خطاهایشان آورده شده‌اند. در مورد عمق‌ها خطای اندازه‌گیری خطای خط کش ورنیه دار ($0/01$ mm) گرفته شده که برای همگی اندازه‌گیری‌ها مشترک است و در بالا نوشته شده است. برای هر کدام از مقادیر ضریب شکست بدست آمده است، خطای منتقل شده از ($0/01$ mm) خطای عمق‌ها محاسبه و در جلو آن نوشته شده است. مثلاً" اگر خطا $0/0008$ بدست می‌آید بیش از سه رقم بعد از ممیز جایز نیست. ضمناً" در حذف کردن رقم‌های بعدی قواعد گرد کردن استفاده شده‌اند. مثلاً" $1/52166$ به $1/522$ گرد می‌شود. میانگین، انحراف معیار و خطای اتفاقی $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ در زیر ستون ضریب شکست محاسبه و آورده شده‌اند. مقدار نهایی

ضریب شکست به همراه خطای آن (محاسبه‌ی خطا در بخش بعد توضیح داده می‌شود) در یک جعبه در گوشه نوشته شده است. به این ترتیب هر کسی با اولین نگاه نتیجه‌ی نهایی آزمایش را می‌بیند. در ادامه با مشخص کردن یک تیتیر می‌توانید جزئیات محاسبه‌ی خطاهایی که در جدول نوشته‌اید بیاورید. در آخر بر روی نتیجه بحث کنید. آیا مقدار بدست آمده قابل قبول است؟ اگر این مقدار با مقادیر بدست آمده از روش‌های دیگر متفاوت است، آیا اختلاف در محدوده‌ی خطای محاسبه شده است؟ اگر

نیست علت احتمالی چیست؟ وجود خطاهای سیستماتیک یا اشتباه در محاسبه‌ی خطا؟ حتماً به حدود خطاها دقت کنید. مثلاً اگر خطای اندازه‌گیری یک طول موج را $0.1 \text{ \AA}$ بدست آوردید. با احتمال قوی اشتباهی مرتکب شده‌اید زیرا این معادل حدود 0.01% دقت است که بعید می‌نماید. در بسیاری از آزمایشها دقت 1% قابل قبول است. بخاطر داشته باشید که خطای کمتر لزوماً به معنی آزمایش بهتر نیست. بلکه تحلیل نتیجه بدست آمده اهمیت دارد. اگر برای آزمایش لازم است نمودار بکشید آن را بر روی کاغذ مخصوص رسم کنید و در انتهای گزارش اضافه کنید. دقت کنید که محورها نام و واحد داشته باشند. محورها باید طوری مقیاس بندی شوند که از حداکثر فضای صفحه استفاده شود. بعنوان مثال اگر اعداد محور در محدوده $1/82 - 1/61$ تغییر می‌کنند، محور از صفر یا ۱ درجه بندی نکنید، بلکه بگونه‌ای درجه‌بندی کنید که به عنوان مثال از $1/60$ تا $1/85$ را بپوشاند. هر کدام از نقاط بدست آمده را روی نمودار با یک علامت * یا مشابه آن مشخص کنید و اگر قرار است که این نقاط روی یک خط باشند، بهترین خط را مشخص و رسم کنید. شیب و عرض از مبدا را که بروش کمترین مربعات حساب کنید در یک گوشه بنویسید. اصولاً فهم نمودار تا جایی ممکن باید مستقل از توضیحات متن باشد و بتوان با یک نگاه تمام اطلاعات را از آن گرفت.

۳- محاسبه‌ی خطا

خطا ممکن است اتفاقی یا سیستماتیک (منظم) باشد. عوامل اتفاقی نظیر زاویه‌ی دید، عدم تنظیم کاملاً دقیق، نویز، ... موجب خطای اتفاقی می‌شوند. اعداد بدست آمده ناشی از اینگونه عوامل معمولاً توزیعی گاوسی حول یک نقطه‌ی میانگین تشکیل می‌دهند (البته اگر تعدادشان زیاد باشد). خطاهای سیستماتیک ناشی از محدودیتهای دستگاهی، عادات فرد آزمایشگر یا هر عامل دیگری است که به یک صورت در تمام نتایج آزمایشی اثر می‌گذارد. عادت آزمایشگر در خواندن اعداد روی خطکش از یک زاویه‌ی خاص، موازی نبودن نور در آزمایشی که نور باید کاملاً موازی باشد، تکفام نبودن نوری که باید علی‌الاصول تکفام باشد، محدودیت فرمولی که با آن محاسبه می‌کنید، درجه‌بندی دستگاه اندازه‌گیری و .. همگی عواملی هستند که موجب خطای سیستماتیک می‌شوند. اینگونه خطا با تکرار آزمایش کشف و تصحیح نمی‌شود و گاهی تا حدود زیادی مقدار واقعی را تغییر می‌دهد. کشف عوامل خطای سیستماتیک و تصحیح آن بسیار مهم و نشان دهنده توافق آزمایشگر بر کار است. در آزمایشهایی که انجام می‌دهید خطاها را تا جایی ممکن می‌کنید (بیشتر خطای اتفاقی) و در مورد عوامل خطای سیستماتیک و روش‌های بهبود بحث کنید.

-خطای انجام مکرر یک آزمایش

فرض کنید اعداد $x_1, x_2, \dots, x_n$ در n آزمایش برای اندازه‌گیری یک کمیت بدست آمده‌اند. مقدار میانگین $\bar{x}$ را نزدیکترین و محتملترین عدد برای مقدار واقعی می‌گیرند. محتملترین خطا، ناشی از

پراکندگی اعداد حول که به علت عوامل اتفاقی بوجود آمده است، مساوی $\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ است که σ_{n-1}

انحراف معیار و n تعداد آزمایش است.

-انتقال خطا

فرض کنید Z تابعی از متغیرهای x و y ... باشد. در این صورت در محاسبه Z از روی x و y و ... خطای آنها به Z منتقل می‌شود. اگر تابع بصورت $Z=f(x,y,...)$ باشد، با یک دیفرانسیل‌گیری خواهیم داشت:

$$\delta Z = \frac{\partial f}{\partial x} \delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \delta y + \dots$$

خطای منتقل شده محتمل‌تر را معمولاً "بصورت زیر حساب می‌کنند:

$$(\delta Z)^2 = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \delta x \right]^2 + \left[\frac{\partial f}{\partial y} \delta y \right]^2 + \dots \quad (1)$$

یک حالت خیلی مهم وقتی است که تابع f حاصلضرب متغیرهای x و y ... است. در این صورت (۱) بصورت زیر در می‌آید:

$$\left[\frac{\delta z}{z} \right]^2 = \left[\frac{\delta x}{x} \right]^2 + \left[\frac{\delta y}{y} \right]^2 + \dots$$

و اگر داشته باشیم $z=x^n y^m$... نتیجه می‌شود:

$$\left[\frac{\delta z}{z} \right]^2 = n^2 \left[\frac{\delta x}{x} \right]^2 + m^2 \left[\frac{\delta y}{y} \right]^2 + \dots$$

اینها روابط بسیار مهمی هستند که مکرراً در محاسبه خطاها بکار می‌روند.

-خطای کلی آزمایش‌ها

فرض کنید برای زاویه مینیمم انحراف نوری با طول موج مشخص از یک منشور را در ۵ آزمایش، مقادیر زیر بدست آورده باشیم:

$\delta_m =$	$37^\circ, 18'$	$37^\circ, 15'$	$37^\circ, 31'$	$37^\circ, 22'$	$37^\circ, 25'$
--------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

محتمل‌ترین مقدار برای δ_m میانگین آنها یعنی $37^\circ, 22'$ است.

دقت اندازه‌گیری $1'$ می‌باشد منتها خطاهای اتفاقی دیگری وجود دارند که موجب پراکندگی اعداد بدست آمده شده‌اند. این خطا معادل $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ است که σ انحراف معیار و n تعداد اندازه‌گیری است. اگر این

مقدار خطا از دقت اندازه‌گیری کمتر بود خطای کل همان خطای وسیله‌ی اندازه‌گیری ($1'$) می‌باشد و

اگر بزرگتر بود، خود $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ خطاي اندازه گيري است. در مورد مثال گفته شده: $\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 3''$ بنابراین مقدار مينيمم انحراف برابر است

$$\text{با } \bar{\delta}_m = 37, 22' \pm 3''.$$

دقت کنید چون مقدار خطا $3''$ است مي توان مقدار δ_m را بصورت $22'$ و 37° نوشت، اگر اين مقدار خطا بيشتر از $5'$ بود رقم آخر بي معني بود. در آن صورت مي شد نوشت: $20'$ و 37° . اين قاعده كلي است مثلاً عدد 785615 با دقت ± 750 را بايد به صورت 786×10^3 نوشت. فرض کنید اکنون بخواهيم ضريب شکست منشور را براي اين طول موج با داشتن اين زاويه ي مينيمم انحراف حساب کنیم. فرمول آن چنين است:

$$n = \frac{\sin\left[\frac{\delta_m + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$$

که A زاويه رأس منشور است. فرض کنید: $A = 59^\circ, 31' \pm 5'$ با اين فرض ها مقدار n بدست مي آيد: $n = 1.5075886$ تمام ارقام اين عدد با معني نيستند و بايد با محاسبه خطا دید که تا چند رقم اعشار مي توان عدد را نوشت. مقدار خطا را بدست مي آوريم:

$$\left[\frac{\delta n}{n}\right]^2 = \left[\frac{\delta\left[\sin\frac{\delta_m + A}{2}\right]}{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}\right]^2 + \left[\frac{\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]}{\sin\frac{A}{2}}\right]^2 = \left[\frac{\delta\left[\sin\frac{\delta_m + A}{2}\right]}{\frac{0}{74}}\right]^2 + \left[\frac{\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]}{\frac{0}{49}}\right]^2$$

$$\left[\delta\left[\sin\frac{\delta_m + A}{2}\right]\right]^2 = \left[\frac{1}{2}\cos\left[\frac{\delta_m + A}{2}\right]\delta(\delta_m)\right]^2 + \left[\frac{1}{2}\cos\frac{\delta_m + A}{2}\delta A\right]^2 = 3 \times 10^{-7}$$

$$\left[\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]\right]^2 = \left[\frac{1}{2}\cos\frac{A}{2}\delta A\right]^2 = 4 \times 10^{-7}$$

$\delta(\delta_m)$ و $A\delta$ بر حسب راديان هستند. بنابراین در کل خواهيم داشت:

$$\left[\frac{\delta n}{n}\right]^2 = \frac{2}{2} \times 10^{-6} \rightarrow \frac{\delta n}{1/5} = \frac{1}{5} \times 10^{-3} \rightarrow \delta n = 2 \times 10^{-3}$$

بنابراین $n = 1.508 \pm 0.0002$.

به اين ترتيب ما ابتدا با انجام چند آزمایش مقدار δ_m همراه با خطاي آن را بدست آورده و سپس انتقال اين خطا را به n حساب نموديم.

می‌توان برای هر کدام از δ_m ها مقدار n را بدست آورد و آنگاه خطای n را معادل $\frac{\sigma}{\sqrt{5}}$ گرفت که σ

انحراف معیار اعداد بدست آمده برای n است. البته بعداً باید مقایسه کرد که این مقدار خطا از مقدار خطای منتقل شده به n بر اثر خطای اندازه‌گیری δ_m (δ_m') کمتر نباشد.

-خطا در کشیدن خط با روش کمترین مربعات

برای رسم بهترین خطی که از نقاط (x_1, y_1) و (x_2, y_2) و ... عبور می‌کند از روش کمترین مربعات استفاده می‌شود. اگر m ضریب زاویه و h عرض از مبدأ باشد در این روش به این صورت بدست می‌آیند:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - mx_i)}{n} \quad \text{و} \quad m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

در ماشین‌های حساب کاسیو، در مد LR، محاسبه m و h به این طریق امکان‌پذیر است به دلیل خطاهای مختلف نقاط در حوالی خط بدست آمده پراکنده شده‌اند. این پراکندگی موجب خطا در مقدار m و h می‌شود. این خطاها با روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$(\delta_m)^2 \simeq \frac{1}{D} \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-2}$$

$$(\delta_h)^2 \simeq \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{D} \right] \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-2} = \left[\frac{D}{n} + \bar{x}^2 \right] (\delta_m)^2$$

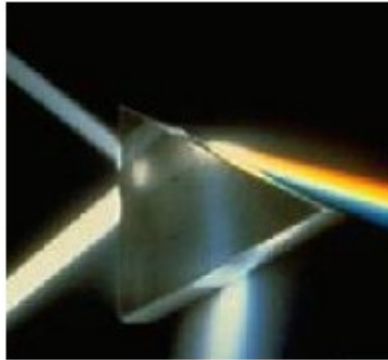
بطوریکه:

$$d_i = y_i - mx_i - h, \quad D = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

با دادن مقادیر زوج‌های مرتب (x_1, y_1) به ماشین حساب می‌توانید m و h را حساب کنید. همچنین مقدار D براحتی بدست می‌آید زیرا: $D = (n-1)\sigma_{n-1}^2$ و σ_{n-1} با ماشین حساب محاسبه می‌شود.

آزمایش (۱)

موضوع آزمایش: اندازه‌گیری ضریب شکست منشور و محاسبه ضرایب کوشی.



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج

منشور شیشه‌ای

لامپ هلیوم و منبع تغذیه

لامپ کادمیوم و منبع تغذیه

چراغ رومیزی

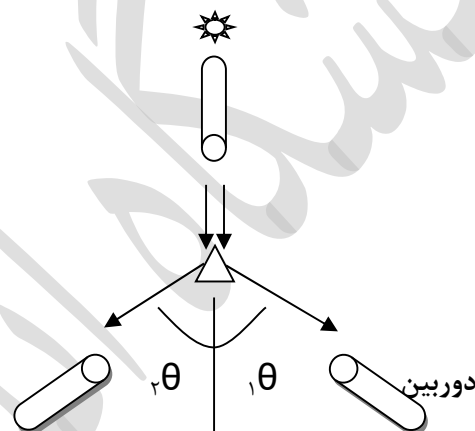
تنظیم طیف سنج: ابتدا قطعه چشمی را حرکت دهید تا تار موئی بطور وضوح دیده شود. سپس عدسی دوربین را بوسیله پیچ کناری دوربین حرکت دهید تا تصویر جسمی که در فاصله دور قرار دارد کاملاً واضح دیده شود. بعد از تنظیم دوربین، در حالیکه دوربین و موازی‌ساز در یک امتداد قرار دارند شکاف را با نور لامپ هلیوم روشن کرده و عدسی موازی‌ساز را بوسیله پیچ کناری آن حرکت دهید تا تصویر شکاف در دوربین بطور وضوح دیده شود. شکاف را حتی الامکان باریک کرده و با قرار دادن تار موئی بر روی تصویر شکاف صفر حامل را بر صفر صفحه متحرک منطبق کنید. در طول آزمایش سعی کنید که تنظیم عدسی دوربین و موازی‌ساز به هم نخورد.



آزمایش ۱ - ۱: اندازه گیری زاویه ی رأس منشور

روش آزمایش:

منشور را روی حامل خود طوری قرار دهید که یکی از رئوس آن به طرف شکاف موازی ساز باشد. در این حالت باریکه نور خارج شده از موازی ساز مطابق شکل ۱،۱ به دو باریکه تقسیم شده و هر کدام به یکی از سطوح منعکس کننده منشور می تابند.



دوربین موازی ساز

(شکل ۱-۱)

دوربین را بچرخانید تا تصویر شکاف که از بازتاب باریکه نور در یکی از سطوح منشور بوجود می آید بطور واضح در دوربین دیده شود. پیچ های تنظیم حامل منشور و جهت شکاف موازی ساز طوری باشد که تصویر شکاف دقیقاً روی خط عمودی و وسط میدان دید واقع شود.

در این حالت، مطابق شکل ۱-۱ درجه ورنیه مدرج یعنی θ را خوانده و یادداشت کنید. دوربین را بگردانید تا تصویر شکاف حاصل از بازتاب نور از سطح دیگر منشور بدست آمده و بطور واضح در دوربین رؤیت گردد.

دوربین را به گونه‌ای تنظیم کنید که تار موئی عمودی آن بر تصویر شکاف منطبق گردد و مجدداً "درجه ورنیه، θ_2 را خوانده و یادداشت کنید. با استفاده از دو مقدار بدست آمده برای θ_1 و θ_2 زاویه θ نامیده شده است، با استفاده از زاویه θ که دو برابر زاویه رأس منشور می‌باشد، چرا؟، زاویه رأس منشور را بدست آورید. این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج آن را در جدول ۱-۱ یادداشت کنید. با استفاده از مقادیر این جدول میانگین زاویه رأس منشور را بدست آورید.

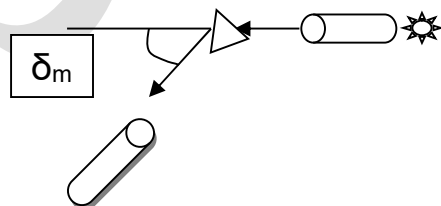
محاسبه خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده و دقت دستگاه طیف سنج، خطای مربوط به زاویه رأس منشور ($\Delta\alpha$) را بدست آورید.

آزمایش ۱ - ۲: اندازه‌گیری زاویه مینیمم انحراف و رسم منحنی پاشندگی منشور

روش آزمایش:

دوربین و موازی‌ساز را در یک امتداد قرار داده و تار موئی عمودی را بر تصویر شکاف موازی ساز منطبق کنید. سپس صفر صفحه‌ی حامل و صفحه‌ی چرخان را بر هم منطبق کرده و در تنظیم طیف سنج تا پایان آزمایش تغییری ایجاد نکنید. در حالیکه دوربین و صفحه‌ی حامل هر دو آزاد هستند حامل منشور را در جهتی مشخص گردانده و با دوربین یکی از خطوط طیفی هلیوم را که به وسیله دو سطح منشور شکسته شده است مطابق شکل ۱-۲ تعقیب نمایید. بدون اینکه تصویر را از نظر دور بدارید حامل را به آهستگی بچرخانید تا وضعیت مینیمم انحراف برای آن خط طیفی پیدا شود. در چنین وضعیت با گردش حامل جهت حرکت تصویر تغییر خواهد کرد. با دیدن این حالت تار موئی را بر تصویر خط طیفی مورد نظر منطبق کرده با پیچ مخصوص ورنیه را ثابت کنید. زاویه θ را از روی ورنیه قرائت کرده و یادداشت کنید. حال منشور را از روی صفحه حامل برداشته و دوربین و موازی‌ساز را در یک امتداد قرار داده و مجدداً "تار موئی دوربین را بر تصویر شکاف منطبق نموده و درجه ورنیه، θ_0 را خوانده و در جدول ۲، ۱ بنویسید.



(شکل ۱-۲)

اختلاف بین این دو زاویه برابر مقدار زاویه مینیمم انحراف، δ_m ، برای آن خط طیفی می‌باشد. با تکرار مجدد این آزمایش نتایج آن را در جدول ۲-۱ یادداشت کنید. به کمک جدول مقدار میانگین زاویه مینیمم انحراف را برای طیف مورد نظر بدست آورید.

برای محاسبه ضریب شکست منشور در یک طول موج معین با استفاده از مقدار میانگین زاویه رأس منشور، α ، در جدول ۱-۱ و میانگین زاویه مینیمم انحراف آن طول موج در جدول ۲-۱ می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \alpha}{2}\right)}{\sin\frac{\alpha}{2}} \quad 1-1$$

مطابق روش فوق مقدار زاویه مینیمم انحراف را برای تمام خطوط طیف هلیوم بدست آورده و نتایج را در جدول ۲-۱ یادداشت کنید. همچنین با استفاده از رابطه ۱-۱ مقدار ضریب شکست مربوط به هر طول موج را محاسبه کنید و در آن جدول بنویسید. منحنی تغییرات ضریب شکست، n ، را بر حسب عکس مربع طول موج، λ ، رسم نمایید و ضرایب کوشی A و B را که در رابطه زیر صادقند محاسبه کنید.

$$1-2n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

محاسبه خطا:

با استفاده از نتایج جدول ۲-۱ خطای مربوط به زاویه ی مینیمم انحراف، $\Delta\delta_m$ ، را برای هر طول موج به دست آورده و با توجه به رابطه ی ۱-۱ مقدار خطای مربوط به ضریب شکست منشور در آن طول موج را به دست آورید. خطای نسبی و درصد خطای نسبی زاویه ی مینیمم انحراف را محاسبه کنید. همچنین مقدار خطای مربوط به ضرایب کوشی را به دست آورید.

آزمایش ۳-۱: تعیین طول موج مجهول

روش آزمایش:

با استفاده از منحنی رسم شده پیش گفته می‌توان طول موج هر خط طیفی را بدست آورد. با داشتن ضریب شکست منشور می‌توان مقدار λ را از رابطه ۲-۱ نیز محاسبه کرد. در این آزمایش لامپ کادمیوم را بجای لامپ هلیوم قرار داده و زاویه مینیمم انحراف را حداقل برای دو خط طیفی آن بدست آورید. با محاسبه ضریب شکست منشور برای این طول موج و با استفاده از منحنی رسم شده پاشندگی منشور طول موجهای دو رنگ پیش گفته را بدست آورید. همچنین با استفاده از رابطه ۲-۱ مقدار این طول موجها را محاسبه کنید. نتایج بدست آمده را در جدول ۳-۱ یادداشت کنید.

محاسبه خطا:

با استفاده از نتایج جدول ۱-۳ خطای زاویه مینیمم انحراف را برای هر طول موج به دست آورده سپس با آن خطای مربوط به ضریب شکست را محاسبه کنید. با توجه به رابطه ۱-۲ خطای مربوط به دو طول موج کادمیوم را به همراه خطای نسبی و درصد خطای نسبی محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش‌ها را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۱

اندازه گیری زاویه رأس منشور
جدول ۱-۱

θ	$\theta_1 + \theta_2 = \theta$	θ_2	θ_1	دفعات
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
میانگین				

زوایای مینیمم انحراف لامپ هلیوم
جدول ۲-۱

δ_m						
n	δ متوسط	تنظیم سوم	تنظیم دوم	تنظیم اول	$\lambda(\text{\AA})$	رنگ

تعیین دو طول موج مجهول لامپ کادمیوم
جدول ۳-۱

δ_m						
$\lambda(\text{\AA})$ از طریق منحنی	N	δ_m متوسط	تنظیم سوم	تنظیم دوم	تنظیم اول	رنگ

آزمایش (۲)

موضوع آزمایش: اندازه‌گیری طول موج با استفاده از منحنی پاشندگی نوری



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج

توری پراش

لامپ هلیوم و منبع تغذیه

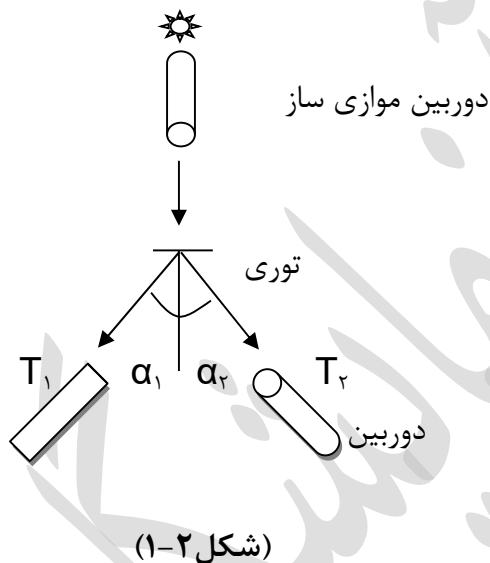
لامپ کادمیوم و منبع تغذیه

چراغ رومیزی

طیف سنج و توری - طیف سنج را مطابق دستوری که در آزمایش ۱ آمده است تنظیم کنید. بعد از تنظیم اولیه، توری پراش را با احتیاط کامل در گیره‌های آن بر روی صفحه‌ی حامل نصب کنید. در حین کار، مراقب باشید تا انگشتان شما با قسمت‌های شفاف توری تماس پیدا نکنند. توری باید به گونه‌ای نصب شود که سطح آن بر نور خروجی از موازی‌ساز کاملاً عمود باشد. مطابق شکل ۲-۱ می‌توان این کار را بوسیله‌ی آزمایش ساده‌ی زیر انجام داد.

ابتدا دوربین را حرکت دهید تا تار موئی بر تصویر شکاف منطبق گردد در این حالت باید صفر صفحه‌ی چرخان با صفر صفحه‌ی حامل بر هم منطبق باشند. سپس دوربین را به سمت راست حرکت دهید تا تار موئی بر

تصویر یکی از خطوط طیفی واضح و پر رنگ لامپ هلیوم (مثلاً "قرمز پر رنگ) از مرتبه‌ی سوم منطبق گردد (موقعیت T_1)، زاویه‌ی α_1 را یادداشت کرده با چرخاندن دوربین به سمت دیگر، تار موئی را بر تصویر همان خط طیفی منطبق کرده (موقعیت T_2) و زاویه‌ی α_2 را یادداشت نمائید. در حالتی که نور بر سطح توری کاملاً عمود باشد دو زاویه‌ی α_1 و α_2 متفاوت باشند. صفحه‌ی حامل توری را به اندازه‌ی $(\alpha_2 - \alpha_1)/2$ در جهت مناسب بچرخانید تا در این حالت زاویه‌ی تابش نور برابر صفر شده و نور بر صفحه‌ی توری کاملاً عمود بتابد.



آزمایش ۲-۱: اندازه‌گیری زاویه پراش توری در مرتبه اول روش آزمایش:

پس از تنظیم محل توری زاویه پراش را برای طیف لامپ هلیوم در مرتبه اول ($K=1$) اندازه بگیرید. این اندازه‌گیری را برای هر خط طیف حداقل سه بار تکرار کرده و نتایج را در جدول ۱-۲ یادداشت کنید. با استفاده از معادله‌ی توری‌ها که به صورت زیر است:

$$a(\sin \alpha - \sin i) = k\lambda(2-1)$$

و در آن i زاویه‌ی تابش، α زاویه‌ی پراش، λ طول موج نور پراشیده، k مرتبه‌ی پراش، a فاصله‌ی بین دو شیار متوالی توری می‌باشد، اندازه‌ی طول موج هر طیف را محاسبه کرده و در جدول ۱،۲ یادداشت کنید. منحنی

تغییرات α را بر حسب طول موج، λ ، رسم کنید. در این آزمایش مقدار $\alpha = \frac{25.4}{2500} \text{ mm}$ فرض شود. با لحاظ

کردن مقدار خطا به صورت error bar نمودار وارد کنید.

آزمایش ۲-۲: اندازه‌گیری زاویه پراش برای مرتبه‌های دوم و سوم

روش آزمایش:

مطابق آزمایش ۱-۲ زاویه پراش را برای مرتبه‌های دوم و سوم ($k=2, k=3$) پیدا کرده و نتایج را به ترتیب در جدول‌های ۲-۲ و ۳-۲ یادداشت کنید. با استفاده از داده‌های جدول‌های ۲-۲ و ۳-۲ تغییرات α بر حسب طول موج، λ ، را رسم کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش‌های ۱-۲ و ۲-۲ خطای زاویه‌های تابش و پراش را برای هر طول موج بدست آورید.

آزمایش ۳-۲: تعیین طول موج‌های لامپ کادمیوم

روش آزمایش:

حال به جای لامپ هلیوم از لامپ کادمیوم استفاده کنید. زاویه‌ی پراش را برای دو خط طیف کادمیوم پیدا کرده و با استفاده از منحنی‌های بالا طول موج‌های مربوط به لامپ کادمیوم را بدست آورید. با استفاده از رابطه ۱-۲ اندازه‌ی طول موج این دو خط را محاسبه کرده و نتایج حاصله را با نتایجی که از منحنی بدست آمده‌اند مقایسه کنید. کلیه‌ی نتایج را در جدول ۴-۲ یادداشت کنید.

محاسبه خطا:

خطای مربوط به زاویه‌ی پراش و زاویه‌ی تابش را محاسبه کرده و با توجه به رابطه‌ی ۱-۲ خطا و خطای نسبی و درصد خطای نسبی مربوط به طول موج دو طیف کادمیوم را بدست آورید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در تمام آزمایش‌ها را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۲

جدول ۱-۲

زاویه پراش توری در مرتبه اول

رنگها	α			λ	متوسط α
	تنظیم اول	تنظیم دوم	تنظیم سوم		

جدول ۲-۲

زاویه پراش توری در مرتبه دوم

رنگها	α			λ	متوسط α
	تنظیم اول	تنظیم دوم	تنظیم سوم		

زاویه پراش توری در مرتبه سوم

جدول ۲-۳

α					
متوسط α	λ	تنظیم سوم	تنظیم دوم	تنظیم اول	رنگها

تعیین طول موجها ی مجهول لامپ کادمیوم

جدول ۲-۴

α					
متوسط α	λ منحنی	تنظیم سوم	تنظیم دوم	تنظیم اول	رنگها
					سبز

آزمایش (۳)

موضوع آزمایش: مطالعه تیغه‌های بازدارنده ربع موج، نیم موج، تمام موج و بررسی قانون مالوس



وسایل مورد نیاز:

ریل اپتیکی
لامپ سدیم و منبع تغذیه
دو تیغه ربع موج
چهار تیغه‌ی مجهول
پایه‌های مناسب
قطبشگر و تحلیلگر
فتوسل
ولت سنج و سیم‌های رابط

مبانی نظری آزمایش:

اگر یک موج تکفام قطبیده‌ی خطی بر روی یک بلور دو شکستی فرود آید، به دو باریکه‌ی خروجی عادی و غیر عادی تقسیم می‌شود. در موج عادی میدان الکتریکی بر امتداد محور نوری بلور عمود بوده و در موج غیرعادی میدان الکتریکی موازی با امتداد محور نوری بلور می‌باشد.

فرض کنید که یک بلور دو شکستی را به گونه‌ای برش دهیم که یک تیغه‌ی متوازی الاسطوح به دست آید، بطوری که محور نوری آن موازی با دو سطح تیغه باشد. اگر میدان الکتریکی موج تکفام قطبیده‌ی تخت فرودی دارای مؤلفه‌های موازی و عمود بر محور نوری باشد، چون ضریب شکست بلور برای دو موج عادی و غیر عادی متفاوت است بنابراین دو موج تخت جدا از هم داخل بلور انتشار خواهند یافت. دو موج پس از پیمودن ضخامت

تیغه با اختلاف فاز $\Delta\phi$ با یکدیگر تداخل خواهند کرد. اندازه‌ی اختلاف فاز نسبی بین دو موج از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_o - n_e) \quad (3-1)$$

که در آن λ ، طول موج نور در خلاء، n_o ، ضریب شکست عادی، n_e ، ضریب شکست غیر عادی و d ، ضخامت تیغه می‌باشد.

اگر این اختلاف فاز برابر $\pi/2$ (معادل اختلاف راه نوری $\lambda/4$) باشد، تیغه را ربع موج و اگر اختلاف فاز برابر π (معادل اختلاف راه نوری $\lambda/2$) باشد، تیغه را نیم موج و در حالیکه اختلاف فاز برابر 2π (معادل راه نوری λ) باشد، تیغه را تمام موج می‌نامند.

در صورتیکه میدان الکتریکی نور قطبیده‌ی خطی، در امتداد محور نوری و یا عمود بر امتداد محور نوری باشد، دیگر میدان الکتریکی دارای دو مؤلفه نخواهد بود و نور فرودی بدون تغییر در قطبش از بلور خارج می‌شود. به همین دلیل این دو امتداد را راستاهای برگزیده نامیده و با X و Y نشان می‌دهیم.

تیغه‌ی نیم موج - فرض کنید که موج قطبیده‌ی خطی $\vec{P} = \vec{P}_0 \cos \omega t$ از قطبشگر خارج شده و بر تیغه فرود آید، به گونه‌ای که مطابق شکل ۱،۳ با محور X زاویه‌ی α بسازد. در این صورت دو مؤلفه‌ی موج هنگام ورود به تیغه به صورت زیر است:

$$x = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-2)$$

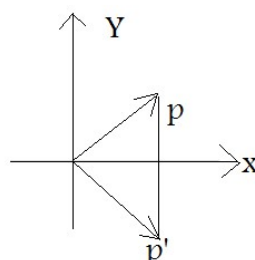
$$y = P_0 \cos \omega t \sin \alpha \quad (3-3)$$

مؤلفه‌های موج بعد از خروج از تیغه نیم موج برابرند با:

$$x' = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-4)$$

$$y' = P_0 \cos(\omega t - \pi) \sin \alpha = -P_0 \cos \omega t \sin \alpha \quad (3-5)$$

و این بدان معنی است که موج هنگام خروج از تیغه دارای قطبش خطی بوده و امتداد قطبش آن به گونه‌ای است که با قطبش نور ورودی نسبت به محور X قرینه می‌باشد.



(شکل ۳-۱)

تیغه‌ی ربع موج - اگر مثل حالت قبل مؤلفه‌های موج ورودی را برابر

$$x = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-6)$$

$$y = P_0 \cos \omega t \sin \alpha \quad (3-7)$$

فرض کنیم، مؤلفه‌های موج خروجی از تیغه‌ی ربع موج به صورت زیر است:

$$x' = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-8)$$

$$y' = P_0 \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \sin \alpha = -P_0 \sin \omega t \sin \alpha \quad (3-9)$$

و رابطه‌ی فوق معادلات پارامتری یک بیضی می‌باشند که محورهای آن منطبق بر راستاهای برگزیده بلور است و چنانچه $\alpha = 45^\circ$ درجه باشد این موج دارای قطبش دایروی خواهد بود.

تیغه‌ی تمام موج - اگر موج ورودی به تیغه به صورت زیر باشد:

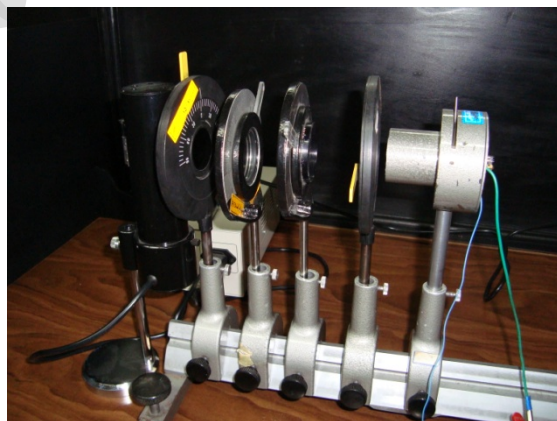
$$x = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-10)$$

$$y = P_0 \cos \omega t \sin \alpha \quad (3-11)$$

مؤلفه‌های موج خروجی از تیغه‌ی تمام موج به صورت زیر خواهد بود:

$$x' = P_0 \cos \omega t \cos \alpha \quad (3-12)$$

$$y' = P_0 \cos(\omega t - 2\pi) \sin \alpha = P_0 \cos \omega t \sin \alpha \quad (3-13)$$



آزمایش ۳-۱ اثر تیغه ربع موج بر نور قطبیده‌ی خطی

روش آزمایش:

ابتدا لامپ سدیم را روی ریل اپتیکی قرار دهید. قطبشگر را مقابل لامپ سدیم قرار داده و بعد از آن تحلیلگر را بگذارید. سپس فتوسل را در حالیکه به ولتمتر متصل است، پشت تحلیلگر و نزدیک به آن قرار دهید. قطبشگر را روی صفر و تحلیلگر را روی ۹۰ درجه تنظیم کرده و لامپ سدیم را روشن کنید. در این حالت باید ولتاژ خوانده شده مینیمم باشد. (در غیر این صورت با چرخاندن قطبشگر مینیمم ولتاژ را یافته و زاویه‌ی خوانده شده را به عنوان صفر قطبشگر در نظر بگیرید.) بدون آنکه در تنظیم تغییری ایجاد کنید تیغه ربع موج را بین قطبشگر و تحلیلگر قرار دهید (خواهید دید که عدد ولتمتر تغییر می‌کند). تیغه‌ی ربع موج را بچرخانید تا ولتاژ خوانده شد. مجدداً "مینیمم شود. برای هر تیغه‌ای تنظیم اولیه به همین صورت انجام می‌پذیرد. حال بدون آنکه در تیغه تغییری ایجاد کنید، قطبشگر را روی زاویه ۴۵ میزان کرده و با تغییر زاویه‌ی تحلیلگر از ۹۰+ تا ۹۰-، تغییرات ولتاژ را یادداشت کنید. نتایج خود را در جدول ۳-۱ بنویسید.

آزمایش ۳-۲: تعیین نوع چهار تیغه مجهول

روش آزمایش:

چهار تیغه که مشخصات آنها را نمی‌دانید، در اختیار شما گذاشته شده است. برای هر تیغه پس از تنظیم اولیه، که در آزمایش قبلی بیان شده است، با توجه به تجربه‌ای که از آزمایش اول به دست آورده‌اید و همچنین با توجه به مطالب گفته شده در بخش مبانی نظری آزمایش نوع تیغه را تعیین کنید. نتایج خود را به ترتیب در جدولهای ۳-۲ تا ۳-۵ یادداشت کنید. در صورت لزوم محل دقیق ماکزیمم و مینیمم شدت نور خروجی از تحلیلگر را یادداشت کنید.

آزمایش ۳-۳: ترکیب دو تیغه ربع موج

روش آزمایش:

مطابق آزمایش‌های گذشته قطبشگر و تحلیلگر را عمود بر هم قرار داده، یک تیغه ربع موج را بین قطبشگر و تحلیلگر قرار دهید و با چرخش آن مینیمم شدت لامپ را مشاهده کنید. تیغه ربع موج دیگر را نیز بین قطبشگر و تحلیلگر گذاشته و با تنظیم زاویه‌ی آن مجدداً "نور خروجی را مینیمم کنید. قطبشگر را روی زاویه‌ی ۴۵ درجه میزان کرده و با چرخاندن تحلیلگر به ازای زوایای مختلف از ۹۰+ تا ۹۰- درجه، از طریق آزمایش تعیین

کنید که نور خروجی از دو تیغه اکنون دارای چه نوع قطبش است و دلیل فیزیک آن را نیز بنویسید. نتایج به دست آمده را در جدول ۳-۶ یادداشت کنید.

مجدداً، قطبشگر و تحلیلگر را روی صفر و ۹۰ درجه قرار داده و یکی از تیغه‌های ربع موج را ۹۰ درجه بچرخانید تا نور خروجی از تحلیلگر به حداقل ممکن برسد. سپس قطبشگر را روی زاویه‌ی ۴۵ درجه تنظیم کرده و با چرخاندن تحلیلگر به ازای زوایای مختلف از ۹۰+ تا ۹۰- درجه، قطبش نور خروجی از دو تیغه را تعیین کنید. دلایل فیزیک مربوط به این پدیده را بنویسید. نتایج به دست آمده را در جدول ۳-۷ یادداشت کنید.

آزمایش ۳-۴: بررسی قانون مالوس

روش آزمایش:

قطبشگر و تحلیلگر را عمود بر هم (قطبشگر روی درجه‌ی صفر و تحلیلگر روی درجه‌ی ۹۰) مقابل لامپ سدیم قرار دهید، به گونه‌ای که نور خروجی از تحلیلگر به حداقل برسد. سپس تحلیلگر را ۵ درجه به سوی صفر تغییر داده و ولتاژ فتوسل را یادداشت کنید. این عمل را تکرار کرده تا به زاویه‌ی صفر برسید. نتایج را در جدول ۳-۸ یادداشت نمایید.

طبق قانون مالوس شدت نور خروجی از تحلیلگر از رابطه زیر پیروی می‌کند.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (3-14)$$

که در آن θ زاویه بین قطبشگر و تحلیلگر می‌باشد. فرض اینکه ولتاژ فتوسل و شدت نور رابطه خطی دارند و با استفاده از نتایج جدول ۳-۸ منحنی تغییرات $V(I)$ را بر حسب $\cos^2 \theta$ رسم کنید.

محاسبه خطا:

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایشها رایان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۳

اثر تیغه ربع موج بر نور قطبی شده جدول ۱-۳

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

جدول ۳-۳

تیغه شماره B

جدول ۲-۳

تیغه شماره A

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

تیغه شماره C

جدول ۳-۴

تیغه شماره D

جدول ۳-۵

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

ترکیب دو تیغه ربع موج
وضعیت دو تیغه ربع موج نسبت بهم

جدول ۳-۶

جدول ۳-۷

اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

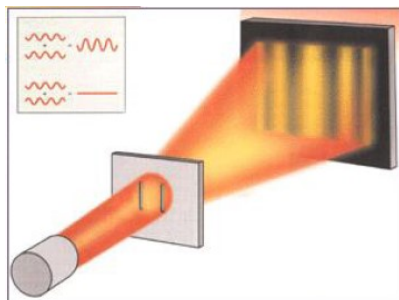
اندازه ولتاژ	زاویه تحلیلگر	زاویه قطبشگر

جدول ۳-۸

[illegible]

آزمایش (۴)

موضوع آزمایش: تداخل به وسیله ی دو شکاف یانگ و دو منشور فرنل



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج
دو شکاف یانگ
لامپ سدیم و منبع تغذیه
لیزر هلیوم نئون
دو منشور فرنل
دو عدد عدسی
خط کش چوبی
کولیس
ریل اپتیکی و پایه های لازم
پرده های ثابت و متحرک

مبانی نظری آزمایش:

تداخل را می توان بر هم کنش دو یا چند موج دانست که شدت برآیند آنها، تابعی از اختلاف فاز بین امواج می باشد. بطور کلی پدیده تداخل به دو قسمت می شود.

۱- تداخل با دو موج

۲- تداخل با چند موج

گروه اول (تداخل با دو موج) بر اساس ابزارهای تداخل سنجی به کار رفته به دو دسته تقسیم می شود.

الف- تداخل به وسیله تداخل سنجهای شکافنده جبهه موج

ب-تداخل به وسیله تداخل سنجهای شکافنده دامنه موج

در دسته اول، بخشهایی از جبهه موج اولیه، یا مستقیماً "همچون جبهه‌های گسیلنده امواج ثانویه، یا، در ارتباط با ابزارهای نوری، برای تولید چشمه‌های مجازی امواج ثانویه به کار می‌روند. سپس این امواج به هم رسانده شده و با هم تداخل می‌کنند. در این دسته می‌توان از تداخل بوسیله دو شکاف یانگ، دو منشور فرنل، دو آینه فرنل و آینه لوید نام برد.

در دسته دوم، کل موج اولیه به دو بخش تقسیم می‌شود که قبل از ترکیب مجدد و تداخل، مسیرهای متفاوتی را می‌پیمایند. در این دسته می‌توان از تداخل سنج مایکلسون و تداخل سنج ساگاناک نام برد. در تداخل چند موجی، یک باریکه موازی بوسیله بازتاب‌ها و شکستهای متوالی به چندین باریکه موازی و همدوس تقسیم می‌شود سپس این باریکه‌ها با یکدیگر تداخل می‌کنند (مانند تداخل در یک تیغه شیشه‌ای و تداخل بوسیله گوه هوا). هر گاه دو موج همدوس با یکدیگر ترکیب شوند با استفاده از اصل برهم‌نهی می‌توان نشان داد که، شدت تابیدگی کل از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \quad (4-1)$$

که در آن δ ، اختلاف فازی است که از اختلاف بین دو مسیر ناشی می‌شود و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\delta = K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) \quad (4-2)$$

بیشینه شدت هنگامی بدست می‌آید که $\cos \delta = 1$ و این در صورت است که اختلاف فاز بین دو موج

مضرب زوجی از π باشد. این حالت را تداخل سازنده می‌نامند. کمینه شدت هنگامی بدست می‌آید که امواج 180° درجه اختلاف فاز داشته باشند یعنی $\cos \delta = -1$ و این در حالتی است که اختلاف فاز بین دو موج

مضرب فردی از π باشد. این حالت را تداخل ویرانگر می‌نامند. بنابراین معادلات مربوط به شدت بیشینه و کمینه به صورت زیر در می‌آیند.

$$K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2m\pi \quad (4-3)$$

$$K(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = (2m + 1)\pi \quad (4-4)$$

در روابط فوق $m=0,1,2,\dots$ شماره نوار تداخلی را مشخص می‌کند.

آزمایش ۴-۱: تداخل بوسیله دو شکاف یانگ

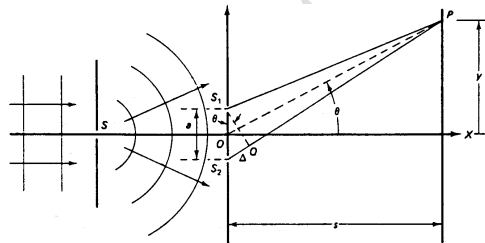
روش آزمایش:

هنگامی که دو شکاف باریک در مسیر نور قرار گیرد تبدیل به دو چشمه نور همدوس می‌شود که امواج حاصل از آنها می‌توانند با یکدیگر تداخل کنند. این تداخل به صورت نوارهای تاریک و روشن ظاهر می‌گردد. با توجه به شکل فوق اختلاف مسیر را می‌توان چنین بیان کرد.

$$r_1 - r_2 = a \sin \theta \approx a\theta \quad (۴-۵)$$

با استفاده از روابط (۳-۴) و (۴-۵) برای فریز روشن m رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\theta = m\lambda \quad (۴-۶)$$



شکل (۴-۱) طرحواره ای از آزمایش یانگ

برای انجام آزمایش ابتدا طیف سنج را آماده کنید. برای آشنایی با روش تنظیم طیف سنج به آزمایش اول مراجعه کنید. لامپ سدیم را مقابل شکاف موازی ساز قرار داده و تار موئی دوربین را بر روی تصویر شکاف تنظیم کرده و صفر حامل را بر روی صفر صفحه متحرک منطبق کنید. با قرار دادن دو شکاف یانگ در محل مخصوص آن، تار موئی را روی نوار مرکزی یا یکی از نوارهای روشن میزان کرده و زاویه را بخوانید. با چرخش جزئی دوربین حداقل تعداد پنج نوار روشن را رد کرده و مجدداً زاویه را بخوانید. تفاضل دو زاویه‌ی فوق را محاسبه کنید. این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج را در جدول ۱،۴ یادداشت کنید. میانگین زاویه‌ی θ را بدست آورده و مقدار a یعنی فاصله بین دو شکاف را با استفاده از رابطه ۴-۶ بدست آورید. طول موج نور زرد سدیم را $5893 \text{ \AA}$ بگیرید.

محاسبه خطا:

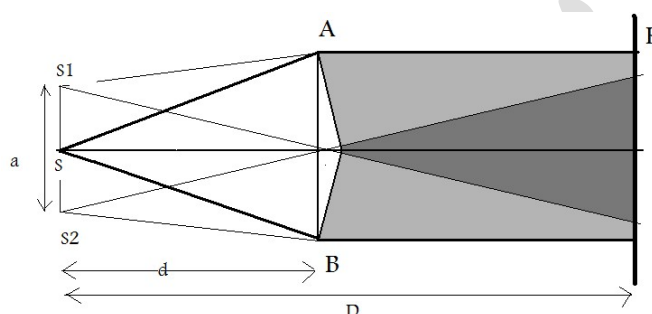
با توجه به نتایج جدول ۴-۱ خطای مربوط به اندازه‌گیری θ و θ را به دست آورده و با توجه به آن، خطای θ و a را محاسبه نمایید.

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۴-۲: تداخل بوسیله دو منشور فرنل

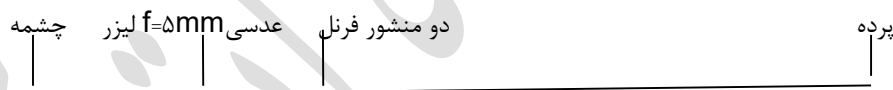
روش آزمایش:

همانگونه که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است، منشور دوگانه فرنل شامل دو منشور نازک است که قاعده‌های آنها به هم چسبیده‌اند. یک جبهه موج به دو منشور برخورد می‌کند، بخش پایینی جبهه‌ی موج به سوی بالا و بخش بالایی به سوی پایین می‌شکند. در نتیجه در ناحیه‌ای از فضا این دو موج با هم تداخل کرده و نوارهای تاریک و روشن را بوجود می‌آورند.



(شکل ۴-۲)

برای انجام آزمایش وسایل را مطابق شکل زیر روی ریل اپتیکی سوار کنید



ریل اپتیکی

(شکل ۴-۳)

نور لیزر را طوری تنظیم کنید که از میان عدسی عبور کرده و به دو منشور بتابد. در این حال نوارهای تداخلی را روی پرده مشاهده می‌کنید. تنظیم را طوری انجام دهید که نوارها به خوبی قابل مشاهده و قابل شمارش باشند. روی یکی از نوارها علامت بزنید. حداقل بیست نوار را رد کرده و روی آخرین نواری که شمرده‌اید نیز علامت بگذارید. فاصله دو علامت را بوسیله کولیس اندازه بگیرید. با دانستن فاصله نوارها و تعداد آنها فاصله دو نوار را محاسبه نمایید. محل عدسی و دو منشور فرنل را از روی ریل خوانده و محل پرده را بوسیله خط‌کش اندازه بگیرید. این کار را حداقل پنج بار انجام دهید. کلیه مقادیر بدست آمده را در جدول ۴-۲ یادداشت کنید.



توجه: محل عدسی و دو منشور فرنل را برای آزمایش بعدی تغییر ندهید

آزمایش ۳-۴: اندازه‌گیری طول موج نور لیزر هلیوم نئون.

روش آزمایش:

با استفاده از رابطه ۴-۶ می‌توان نشان داد که پهنای نوارهای متوالی (فاصله دو نوار روشن یا تاریک) از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$i = \frac{\lambda D}{a} (4-7)$$

که در آن، a ، فاصله دو چشمه نوری S_1 و S_2 ، D فاصله چشمه تا صفحه مشاهده P می‌باشد. کمیت‌های i و D در آزمایش دوم اندازه‌گیری شده‌اند، با دانستن a می‌توان مقدار طول موج نور لیزر، λ ، را مشخص کرد. برای اندازه‌گیری a ، بدون آنکه به ترتیب و مکان وسایل آزمایش قبلی دست بزنید. عدسی دوم ($f=+100 \text{ mm}$) را بین دو منشور فرنل و پرده نمایش قرار دهید. مکان عدسی را بگونه‌ای تنظیم کنید که تصویر دو چشمه نور مجازی را به وضوح روی پرده ببینید. فاصله دو چشمه نور مجازی را با کولیس اندازه بگیرید (a'). محل پرده و عدسی $f=+100 \text{ mm}$ را یادداشت کنید. این کار را حداقل سه بار تکرار نمایید. (می‌توانید محل پرده و عدسی $f=100 \text{ mm}$ را تغییر دهید. اما محل عدسی $f=+5 \text{ mm}$ و دو منشور فرنل نباید تغییر کند). نتایج بدست آمده را در جدول ۳-۴ یادداشت کنید.

با استفاده از رابطه ۷،۴ طول موج نور لیزرهای هلیوم نئون را محاسبه کرده و در جدول ۴-۴ یادداشت کنید. محاسبه خطا:

مقدار خطای آزمایش در تعیین طول موج لیزرهای هلیوم نئون را محاسبه کنید. (توجه داشته باشید که λ تابعی از a و D بوده که a نیز تابعی از a' و P و P' می‌باشد). عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش چیست؟ راههای کاهش آنها را بیان کنید.

آزمایش ۴-۴: اندازه‌گیری زاویه رأس منشور فرنل

روش آزمایش:

این قسمت آزمایش احتیاج به اندازه‌گیری نداشته و می‌توانید از نتایج بدست آمده در آزمایشهای قبلی استفاده کنید. اگر A زاویه رأس منشور و α زاویه انحراف نور باشد، برای منشورهای نازک که در هوا قرار دارند، داریم:

$$\alpha = A(n - 1) \quad (4-8)$$

که در آن n ضریب شکست منشور می‌باشد. از طرفی با توجه به شکل ۴-۱ داریم:

$$s_1 s = \frac{a}{2} = d\alpha = d(n - 1)A \quad (4-9)$$

بنابراین با دانستن فاصله دو منشور فرنل تا منبع نوری، d ، و ضریب شکست منشور، n ، می‌توان زاویه رأس را از رابطه زیر بدست آورد:

$$A = \frac{a}{2(n-1)d} \quad (4-10)$$

با استفاده از رابطه‌ی بالا برای $n=1.52$ زاویه رأس منشور را محاسبه کرده و مقدار آن را در جدول ۴-۵ بنویسید.

محاسبه خطا:

مقدار خطای زاویه ی رأس منشور را محاسبه کنید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۴

تداخل به وسیله دو شکاف یانگ جدول ۱-۴

دفعات	θ_1	θ_2	$\theta = \theta_2 - \theta_1$	n	$\theta_n = \theta/n$	λ	α
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
میانگین							

تداخل به وسیله دو منشور فرنل جدول ۲-۴

دفعات	محل عدسی $f=5\text{ mm}$	محل دو منشور فرنل	محل پرده	D	d	l	n	$i=l/n$
۱								
۲								
۳								
۴								
۵								
میانگین								

جدول ۳-۴

دفعات	محل عدسی $f=5\text{ mm}$	محل دو منشور فرنل	محل عدسی $f=100\text{ mm}$	محل پرده	P	P'	α'	α
۱								
۲								
۳								
میانگین								

جدول ۵-۴

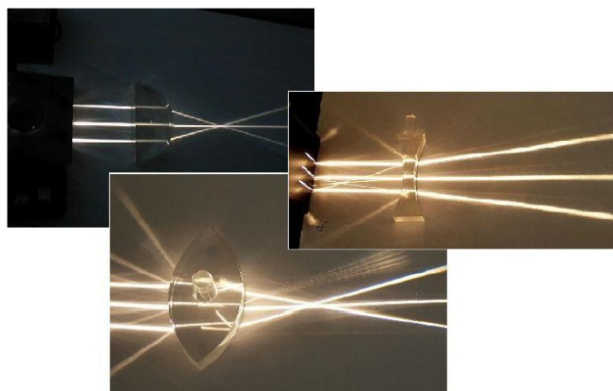
جدول ۴-۴

α	d	n	A

i	α	D	λ

آزمایش (۵)

موضوع آزمایش: بررسی عدسی‌های ضخیم



وسایل مورد نیاز:

لامپ نور سفید و منبع تغذیه

قرص و نیم قرص شفاف

عدسی محدب الطرفین

عدسی مقعر الطرفین

عدسی با فاصله‌ی کانونی 200 mm به عنوان موازی کننده نور

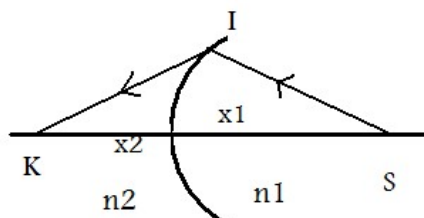
ریل اپتیکی

پایه‌ها و روزنه‌های مناسب

کولیس

مبانی نظری آزمایش:

اگر باریکه‌ی SI از محیطی با ضریب شکست n_1 وارد محیط دیگری با ضریب شکست n_2 شود



و در نقطه k با باریکه‌ای که از محور اصلی می‌گذرد تلاقی کند، در این صورت، اگر مطابق شکل ۱،۵، $SO=x_1$ و $OK=x_2$ باشند، داریم:

$$\frac{n_1}{x_1} + \frac{n_2}{x_2} = \frac{n_2 - n_1}{R} (\Delta - 1)$$

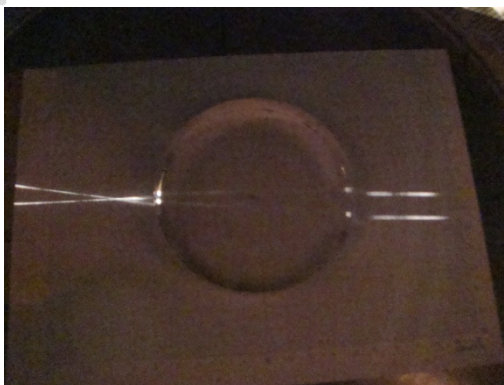
مطابق تعریف اگر تقعر سطح کروی به سوی منبع نور باشد R منفی و در حالت دیگر R مثبت است. در شکل ۱،۵، R منفی است.

آزمایش ۵-۱: اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی قرص شفاف

روش آزمایش:

لامپ سفید را روی ریل نصب کرده و روشن کنید. عدسی موازی کننده را مقابل آن قرار داده و با تنظیم دقیق تصویر رشته‌ی لامپ را بر روی دیوار انتهایی آزمایشگاه به وضوح ببینید. دو شکاف را مقابل عدسی قرار دهید. پایه‌ی کفه‌دار را روی ریل گذاشته و بر روی آن کاغذ میلیمتری قرار دهید. (برای هر عدسی از کاغذ میلیمتری جداگانه استفاده کنید.) قرص شفاف را روی پایه‌ی کفه‌دار قرار دهید بطوریکه مرکز آن بر مرکز صفحه حامل منطبق شود. بدین ترتیب دو باریکه از نزدیکی محور قرص عبور خواهد کرد. محل تلاقی دو باریکه‌ی نوری را بر روی کاغذ میلیمتری پیدا کنید. این نقطه کانون عدسی می‌باشد. در صورتیکه تنظیم درست باشد کانون بر روی محور اصلی قرار خواهد گرفت. فاصله‌ی کانونی، f ، فاصله‌ی بین کانون و صفحه‌ی اصلی می‌باشد. از آنجا که حین انجام آزمایش شما محل صفحه‌ی اصلی را نمیدانید، بنابراین در جدول ۵-۱ فاصله‌ی مرکز قرص تا کانون را یادداشت کنید. بعد از انجام آزمایش با استفاده از روابط و روش‌های موجود در کتابهای اپتیکی محل صفحه‌ی اصلی را یافته و از روی آن فاصله‌ی کانونی را یادداشت کنید. این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج را در جدول ۵-۱ بنویسید.

همچنین فاصله‌ی کانونی عدسی را با استفاده از روابط مربوط به عدسی‌های ضخیم و با استفاده از روش ترسیم به دست آورید. ضریب شکست تیغه را ۱/۵ فرض کنید.



آزمایش ۵-۲: اندازه‌گیری فاصله کانونی نیم قرص شفاف (محدب - مسطح)

روش آزمایش:

نیم قرص شفاف را روی صفحه حامل بر روی کاغذ میلیمتری طوری قرار دهید که اشعه موازی نور سفید ابتدا به سطح محدب آن بتابد. محل کانون را روی صفحه مشخص کرده و فاصله کانونی آن را بدست آورید. با اندازه‌گیری شعاع انحناء نیم قرص و با استفاده از رابطه ۵-۱ اندازه‌ی فاصله کانونی را محاسبه کنید. همچنین از راه ترسیم محل تجمع اشعه موازی را بدست آورده و نتایج حاصل را در جدول ۵،۲ مقایسه کنید.

آزمایش ۵-۳: اندازه‌گیری فاصله کانونی نیم قرص شفاف (مسطح - محدب)



روش آزمایش:

در این آزمایش جهت نیم قرص شفاف را عوض کرده بطوریکه شعاع نورانی ابتدا به سطح مسطح نیم قرص بتابد و در این حالت مطابق آزمایشهای گذشته فاصله کانونی آن را اندازه‌گیری کنید. با استفاده از ترسیم و محاسبه مقدار فاصله کانونی را معین کرده و نتایج را در جدول ۵-۳ بنویسید.

فرمول عدسی‌ها- با استفاده از قوانین اپتیک هندسی فرمول عدسی‌های ضخیم بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{e(n-1)^2}{nR_1 R_2} \quad (5-2)$$

که در آن، e ، ضخامت مرکز عدسی، R_1 و R_2 شعاعهای انحنای عدسی و n ضریب شکست عدسی می‌باشد. برای عدسی‌های نازک رابطه ۵-۲ به صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (5-3)$$

آزمایش ۴-۵: اندازه‌گیری فاصله کانونی عدسی محدب الطرفین

روش آزمایش:

برای تعیین فاصله کانونی عدسی محدب الطرفین آن را بر روی کفه قرار داده و روی کاغذ میلیمتری محل تجمع دو باریکه را مشخص نموده و بعد از تعیین صفحه‌ی اصلی، فاصله کانونی را در جدول ۴-۵ یادداشت کنید. با استفاده از روش ترسیم و رابطه ۲-۵ فاصله کانونی این عدسی را پیدا کرده و نتایج را در جدول ۴-۵ مقایسه کنید.



آزمایش ۵-۵: اندازه‌گیری فاصله کانونی عدسی مقعر الطرفین

روش آزمایش:

عدسی مقعر الطرفین را روی صفحه حامل قرار داده و برای اندازه‌گیری فاصله کانونی این عدسی، یک صفحه کاغذ میلیمتری را زیر آن قرار دهید. امتداد پرتوهای واگرا شده را به دست آورید و با امتداد دادن خطوط واگرا محل کانون را در طرف دیگر عدسی بدست آورید. نتایج اندازه‌گیری را با نتایج محاسبه از رابطه ۲-۵ و ترسیم را در جدول ۵-۵ یادداشت و مقایسه کنید.

توجه: برای به دست آوردن فاصله‌ی کانونی از طریق ترسیم، از روشی که در مرجع شماره‌ی ۵ آمده، استفاده کنید.



محاسبه خطا:

خطای مربوط به فاصله‌ی کانونی هر عدسی را محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۵

جدول ۱-۵

قرص شفاف		فاصله کانونی
آزمایش	۱	
	۲	
	۳	
	۴	
	۵	
متوسط آزمایش		
محاسبه		
ترسیم		

جدول ۲-۵

نیم قرص شفاف (محدب - مسطح)		فاصله کانونی
آزمایش	۱	
	۲	
	۳	
	۴	
	۵	
متوسط آزمایش		
محاسبه		
ترسیم		

جدول ۳-۵

نیم قرص شفاف (محدب - مسطح)		فاصله کانونی
آزمایش	۱	
	۲	
	۳	
	۴	
	۵	
متوسط آزمایش		
محاسبه		
ترسیم		

جدول ۴-۵

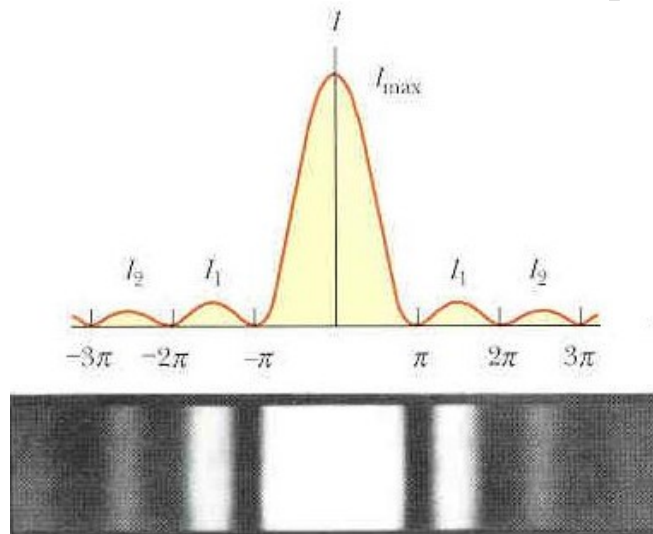
نیم قرص شفاف محدب الطرفین		فاصله کانونی
آزمایش	۱	
	۲	
	۳	
	۴	
	۵	
متوسط آزمایش		
محاسبه		
ترسیم		

جدول ۵-۵

فاصله کانونی		نیم قرص شفاف مقعر الطرفین
آزمایش	۱	
	۲	
	۳	
	۴	
	۵	
متوسط آزمایش		
محاسبه		
ترسیم		

آزمایش (۶)

موضوع آزمایش: پراش فرانیهوفر



وسایل مورد نیاز:

لیزر هلیوم نئون

پایه لغزان

کولیس

پرده مشاهده

تک شکاف قابل تغییر

پایه نگهدارنده اسلاید

ریل اپتیکی

روزنه‌ی مستطیل شکل

روزنه‌ی مثلث شکل

روزنه‌ی دایره ای شکل

روزنه‌ی V شکل

شبکه توری

سه تک سیم با قطرهای مختلف

لبه مستقیم

جسم تک سوزنی

خط کش چوب

پدیده پراش - مطابق قانون هویگنس هر نقطه از سطح موج را می‌توان بصورت منبع موج جدید دانست. موقعی که سطح موج از شکافی عبور می‌کند این موج‌ها در اثر تداخل با یکدیگر تولید پراش می‌کنند که مشخصات و شکل آنها بستگی به شکل هندسی شکاف و طول موج نور دارد.

بطور کلی پدیده پراش تداخل ارتعاشاتی است که از نقاط مختلف سطح موج در اثر محدود بودن سطح عبور نور بوجود می‌آیند. بر حسب اینکه فاصله بین چشمه نورانی و پرده در چه حدودی باشد پدیده پراش را به دو قسمت پراش فرانیهوفر و پراش فرنل تقسیم می‌کنند. در پراش فرانیهوفر که موضوع این آزمایش است چشمه نورانی و پرده هر دو در فاصله زیادی از سطح پراش دهنده قرار دارند، یعنی پرتوهایی که به روزنه‌ی پراشنده می‌رسند موازی بوده و سطح موج تخت خواهد بود و پراش حاصله مربوط به پرتوهای موازی است. در پراش فرنل چشمه نورانی و پرده ای که پراش روی آن تشکیل می‌شود در فاصله محدودی از مانعی که سبب پراش می‌شود قرار دارند و امواجی که بوسیله مانع محدود می‌شوند کراتی به مرکز منبع نورانی هستند.

آزمایش ۶-۱: پراش از تک شکاف قابل تنظیم

روش آزمایش:

لیزر هلیوم نئون را روشن کرده و تک شکاف قابل تنظیم را در محل مناسب آن قرار دهید و با تنظیم آن پراش حاصله از آن را روی پرده مشاهده کنید. اگر i فاصله بین دو نوار متوالی (تاریک و یا روشن) بوده و D فاصله بین تک شکاف و پرده باشد. عرض شکاف یعنی d از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$d = \lambda D / i \quad (۶-۱)$$

این فرمول در مورد پراش از سیم نازک نیز صادق است با این تفاوت که به جای عرض شکاف، قطر سیم قرار خواهد گرفت. پس از مشاهده پراش از تک شکاف شکل الگوی پراش را در گزارش کار خود رسم کنید. اعداد مربوط به این آزمایش را در جدول ۶-۱ یادداشت کنید. عرض شکاف را تغییر داده و تغییرات الگوی پراش را در گزارش کار خود رسم کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایش، خطای مربوط به عرض شکاف را محاسبه کنید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۶-۲: پراش بوسیله روزنه مستطیل شکل

روش آزمایش:

در پراش بوسیله تک شکاف طول آن را نسبت به عرض آن بسیار طولانی فرض کرده و از پدیده‌های مربوط به دو انتهای شکاف صرف‌نظر می‌شود. حال اگر طول شکاف کم باشد در این صورت شکل نوارهای پراش فرق خواهد کرد. با مشاهده پراش از روزنه مستطیل شکل طرح پراش را در گزارش کار خود رسم کنید.

آزمایش ۶-۳: پراش بوسیله تک سیم

روش آزمایش:

سه سیم با قطرهای متفاوت در اختیار شما گذاشته شده است. با مشاهده پراش مربوط به هر یک از آنها شکل نوارهای پراش مربوطه را در گزارش کار خود رسم کنید. سپس برای نازکترین سیم فاصله دو نوار متوالی (روشن و یا تاریک) را با اندازه‌گیری ۵ نوار متوالی بدست آورده و با استفاده از رابطه ۶-۱ قطر این سیم را محاسبه کنید. نتایج این آزمایش را در جدول ۶-۲ یادداشت کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایش، خطای مربوط به قطر سیم را محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۶-۴: پراش از یک لبه مستقیم

روش آزمایش:

لبه مستقیم را در محل آن قرار داده و با تنظیم آن پدیده پراش را روی پرده بوجود آورید. ملاحظه می‌کنید که علاوه بر پراش در ناحیه تابش نور در قسمت سایه هندسی نیز شدت نور صفر نیست و به صورت نمایی کاهش می‌یابد. بطور کلی نشان داده شده است که شدت نور در نقطه سایه هندسی در حدود قسمت روشن است. شکل نوارهای پراش را در گزارش کار خود ترسیم کنید.

آزمایش ۶-۵: پراش از روزنه دایره ای شکل

روش آزمایش:

پراش نه تنها از لبه‌های صاف مانند تک شکاف و سیم نازک تشکیل می‌شود بلکه از لبه‌های غیر مستقیم نیز بوجود می‌آید. پخش نور حاصل از پراش یک روزنه دایره‌ای را می‌توان بر روی پرده‌ای به فاصله D (در حدود چند متر) از روزنه پراش مشاهده کرد. اگر d شعاع روزنه دایره‌ای، خیلی کوچک بوده و فاصله D هم زیاد باشد،

یک دیسک روشن در مرکز و دایره‌های هم مرکز روشن در اطراف آن مشاهده می‌شوند. شعاع این دایره‌ها را می‌توان با محاسبه‌ی فاصله زاویه‌ای آنها برای ایجاد اختلاف فازی برابر با π محاسبه کرد. اختلاف بین شعاع نوارهای دایره‌ای عملاً "کمی بزرگتر از فاصله بین فریزهای حاصل از تک شکاف می‌باشد و می‌توان برای سه دایره‌ی اول بصورت زیر نوشت:

$$r_2 = 1.12 \frac{\lambda D}{d} r_1 = 0.61 \frac{\lambda D}{d} r_3 = 1.62 \frac{\lambda D}{d} \quad (۶-۲)$$

روزنه دایره‌ای خیلی ریز را در محل خود قرار داده و پراش مربوط به آن را مشاهده کرده و شکل پراش را در گزارش کار خود رسم کنید. با اندازه‌گیری شعاع سه دایره‌ی روشن اول الگو به ترتیب r_1 و r_2 و r_3 را اندازه‌گیری کنید. با استفاده از روابط ۶-۲ مقدار نسبت شعاع‌ها را بدست آورده و نتایج را در جدول ۶-۳ یادداشت کنید.

محاسبه‌ی خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایش، خطای مربوط به نسبت شعاع‌ها را محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۶-۶: پراش از روزنه مثلث شکل

روش آزمایش:

روزنه مثلث شکل را در محل آن قرار داده و شکل الگوی پراش آن را رسم کنید. در شکل خود نشان دهید که چه قسمت‌هایی مربوط به پراش و چه قسمت‌هایی مربوط به سایه هندسی می‌شوند.

آزمایش ۶-۷: پراش از روزنه ۷ شکل

روش آزمایش:

جسم ۷ شکل را در محل مناسب آن قرار داده و پراش حاصله را مشاهده و شکل الگوی پراش را در گزارش کار خود رسم کنید.

آزمایش ۶-۸: پراش از شبکه توری

روش آزمایش:

شبکه‌ی توری را در محل مناسب آن قرار داده و پراش حاصل از آن را مشاهده کرده و شکل الگوی پراش را در گزارش کار خود رسم کنید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۶

تک شفاف جدول ۱-۶

دفعات	i	D	D(mm)
۱			
۲			
۳			
میانگین			

تک سیم جدول ۲-۶

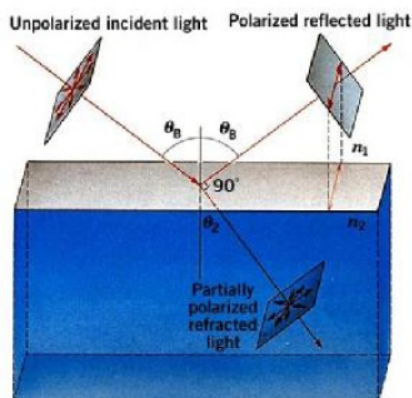
دفعات	i	D	D(mm)
۱			
۲			
۳			
میانگین			
اندازه گیری قطر سیم			

روزنه دایره ای جدول ۳-۶

دفعات	r_1	r_2	r_3	r_2/r_1	r_3/r_1	r_3/r_2
۱						
۲						
۳						
میانگین آزمایش						
محاسبه						

آزمایش (۷)

موضوع آزمایش: بررسی نور قطبی شده روی یک دی الکتریک و مقایسه نتایج آن با معادلات فرنل



وسایل مورد نیاز:

طیف سنج

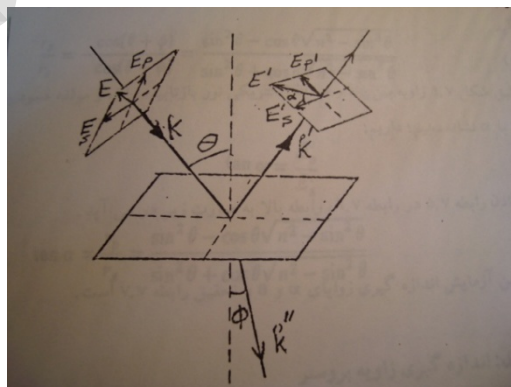
چراغ سدیم و منبع تغذیه

منشور

قطبشگر و تحلیلگر

مبانی نظری آزمایش:

فرض می کنیم که یک موج تخت تکفام دارای قطبش خطی، تحت زاویه θ ، بر فصل مشترک همواری که دو محیط دی الکتریک مختلف را از هم جدا می کند فرود آید (شکل ۷-۱).



(شکل ۷-۱)

در این حالت قسمتی از موج از سطح مشترک دو محیط بازتابیده و قسمتی از موج وارد محیط دوم شده و تحت زاویه φ شکست پیدا می‌کند. مطابق شکل مؤلفه موازی با صفحه تابش میدان الکتریکی نور فرودی را با E_P و مؤلفه عمود بر صفحه تابش میدان نور فرودی را با E_S نشان می‌دهیم. E'_P و E'_S نیز مؤلفه‌های میدان الکتریکی نور بازتابیده می‌باشند. با توجه به شرایط مرزی که با استفاده از قوانین نظریه الکترو مغناطیس بدست می‌آیند و با استفاده از قانون اسنل، می‌توان ضرایب بازتاب را برای مؤلفه‌های عمود و موازی با صفحه تابش، از روابط زیر که به معادلات فرنال موسومند بدست آورد.

$$r_s = \frac{E'_s}{E_s} = -\frac{\sin(\theta-\varphi)}{\sin(\theta+\varphi)} \quad (7-1)$$

$$r_p = \frac{E'_p}{E_p} = -\frac{\tan(\theta-\varphi)}{\tan(\theta+\varphi)} \quad (7-2)$$

هرگاه بردار میدان الکتریکی نور تخت فرودی با صفحه تابش زاویه 45° درجه داشته باشد در آن صورت E_P و E_S با یکدیگر برابر بوده و از تقسیم رابطه ۲-۷ بر رابطه ۱-۷ داریم.

$$\frac{r_p}{r_s} = \frac{E'_p}{E'_s} = -\frac{\cos(\theta-\varphi)}{\cos(\theta+\varphi)} \quad (7-3)$$

با توجه به اینکه محیط اول در آزمایش ما هوا است بنابراین، قانون اسنل به صورت زیر خواهد بود.

$$\sin \theta = n \sin \varphi \quad (7-4)$$

که در آن n ، ضریب شکست محیط دوم است. با استفاده از رابطه ۴،۷، رابطه ۳،۷ به صورت زیر در می‌آید.

$$\frac{r_p}{r_s} = -\frac{\cos(\theta+\varphi)}{\cos(\theta-\varphi)} = \frac{\sin^2 \theta - \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta + \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (7-5)$$

اگر طبق شکل ۱-۷ زاویه بین بردار میدان الکتریکی نور بازتابیده، E' ، و مؤلفه عمود بر صفحه تابش، E'_S ، را با α نشان دهیم، داریم:

$$\tan \alpha = \frac{E'_p}{E'_s} \quad (7-6)$$

با قرار دادن رابطه ۵-۷ در رابطه ۶-۷، رابطه بالا به صورت زیر در می‌آید.

$$\tan \alpha = \frac{r_p}{r_s} = \frac{\sin^2 \theta - \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta + \cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (7-7)$$

هدف از این آزمایش اندازه‌گیری زوایای α و θ و تحقیق رابطه ۷-۷ است.

آزمایش ۷-۱: اندازه‌گیری زاویه بروستر

روش آزمایش:

دستگاه طیف سنج را مطابق دستوری که در آزمایش ۱ آمده است تنظیم کنید و سپس لامپ سدیم راقابل شکاف موازی‌ساز قرار داده و تار موئی را بر تصویر شکاف منطبق کنید. بدون تغییر در مکان دوربین صفر صفحه حامل را بر صفر صفحه چرخان منطبق کرده و سعی کنید تا آخر آزمایش این تنظیم برقرار باشد. قطبشگر را روی ۹۰ درجه میزان کرده و جلوی چراغ سدیم بگذارید. منشور را بچرخانید و با دوربین تصویر شکاف راتعقیب کنید. با چرخش منشور در جهت مناسب، شدت نور تصویر شکاف کم می‌شود تا به حداقل رسیده و مجدداً شدت نور شکاف زیاد می‌شود. جایی که شدت نور تصویر شکاف کمینه است دوربین را محکم کرده و درجه مربوط با بخوانید (θ_1)، سپس منشور را برداشته و مستقیماً تصویر شکاف را ببینید و زاویه را یادداشت کنید (θ_0). (در صورتیکه تنظیم طیف‌سنج به هم نخورده باشد مقدار آن صفر خواهد بود). مقادیر بدست آمده را در جدول ۷-۱ یادداشت کرده و این عمل را حداقل پنج بار تکرار کنید. با استفاده از این نتایج زاویه تابش را که همان زاویه بروستر است محاسبه کرده و در جدول ۷-۱ یادداشت نمایید. با توجه به مقدار بدست آمده برای زاویه بروستر ضریب شکست منشور را از رابطه زیر بدست آورید.

$$n = \tan \theta_B \quad (7-8)$$



محاسبه خطا:

خطای زاویه ی بروستر را حساب کنید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را نوشته و راههای کاهش آنها را بیان کنید.

آزمایش ۷-۲: اندازه‌گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب

روش آزمایش:

همانطور که در ابتدا گفته شد چون ضرایب بازتاب برای مؤلفه‌های عمودی و موازی میدان الکتریکی با صفحه تابش با یکدیگر تفاوت دارند بنابراین بعد بازتاب از یک سطح، جهت قطبش نور عوض می‌شود. ما در این آزمایش می‌خواهیم جهت قطبش نور را پیدا کرده و زاویه بین این جهت و امتداد عمود بر صفحه تابش را بیابیم. برای این منظور بدون اینکه در تنظیم اولیه طیف سنج تغییری ایجاد نمائید تحلیلگر را جلوی دوربین طیف‌سیج نصب کنید. قطبشگر راروری صفر قرار داده و منشور را از روی حامل بردارید، تا تصویر شکاف را ببینید. تحلیلگر را بچرخانید تا شدت نور تصویر شکاف به حداقل ممکن برسد. در این حالت عدد خوانده شده روی تحلیلگر را یادداشت کنید. این عدد را α نامیده و آن را مبدأ سنجش قرار دهید. قطبشگر را روی زاویه ۴۵ درجه قرار داده منشور را روی حامل بگذارید. با چرخش مناسب دوربین زاویه تابش را طبق خواسته‌های جدول ۷-۲ تنظیم کنید. صفحه حامل منشور را بچرخانید تا تصویر شکاف بر روی تار موئی منطبق شود. تحلیلگر را بچرخانید تا شدت نور تصویر شکاف به کمترین مقدار خود برسد. زاویه تحلیلگر را یادداشت نمائید (α_1)، نتایج را در جدول ۷-۲ بنویسید. برای دقت بیشتر بهتر است که در محدوده زاویه بروستر تغییرات زاویه تابش، θ ، را کوچکتر کرده و تعداد اندازه‌گیری‌های خود را افزایش دهید.

بعد از اندازه‌گیری α مقدار $\tan\alpha$ را بدست آورده و در جدول ۷-۲ بنویسید. همچنین با استفاده از رابطه ۷-۷ مقدار $\tan\alpha$ را به ازای $n=1.52$ محاسبه کرده در جدول ۷-۲ یادداشت نمائید. نمودار تغییرات $\tan\alpha$ بر حسب θ را رسم کنید. (با استفاده از نتایج تجربی و نتایج بدست آمده از رابطه ۷-۷) با استفاده از منحنی تجربی زاویه بروستر، θ ، را بدست آورید و با نتیجه بدست آمده از آزمایش اول مقایسه کنید.

محاسبه خطا:

عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۷

زاویه بروستر جدول ۱-۷

n	زاویه ی بروستر	θ	$\theta_1 = \theta - \theta_0$	θ_0	دفعات
					۱
					۲
					۳
					۴
					۵
	میانگین				

اندازه گیری زوایای α و θ و نسبت ضرایب بازتاب جدول ۲-۷

$\tan \alpha$ (محاسبه)	$\tan \alpha$ (آزمایش)	$\alpha - \alpha_1$	α_1	تنظیم اولیه $\alpha =$	زاویه ی تابش θ
					70°
					65°
					$5/62^\circ$
					55°
					50°
					45°
					40°
					35°

آزمایش (۸)

موضوع آزمایش: کار با تداخل سنج مایکلسون



وسایل مورد نیاز:

تداخل سنج مایکلسون

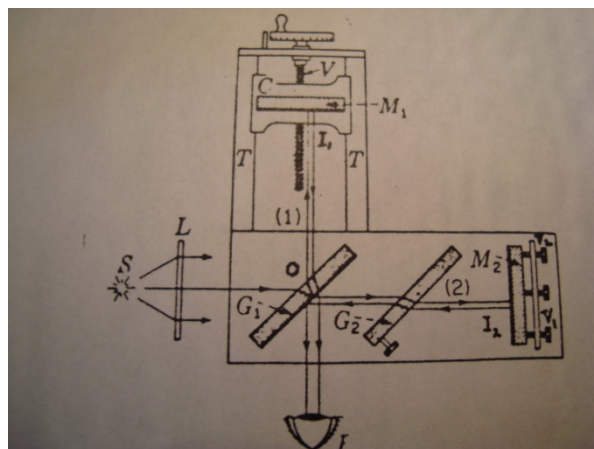
لامپ سفید و لامپ جیوه و منبع تغذیه

لامپ سدیم و منبع تغذیه

پالایه‌ی سبز

پخش کننده نور

تداخل سنج مایکلسون - این تداخل سنج مطابق شکل ۸-۱ از دو آینه‌ی M_1 و M_2 که بر هم عمودند و دو تیغه هم جنس و هم ضخامت G_1 و G_2 که با یکدیگر موازی بوده و با آینه‌ها زاویه 45° درجه می‌سازند تشکیل شده است. برای تغییرات جزئی آینه M_2 از دو پیچ V_1 و V_2 استفاده می‌شود. یک چشمه‌ی گسترده (معمولاً) یک تیغه‌ی شیشه‌ی مات پخش کننده نور که به وسیله‌ی یک لامپ تخلیه روشن شده است، موجی را می‌فرستد که به وسیله‌ی سطح پائینی تیغه‌ی G_1 که نیمه نقره اندود است دو قسمت می‌شود. یک قسمت بازتاب می‌کند و در امتداد I_1 به آینه M_1 برخورد کرده و در همین جهت برگشت می‌نماید.



(شکل ۸-۱)

قسمت دیگر از تیغه G_2 عبور کرده روی آینه M_2 در جهت امتداد اولیه بازتاب می‌کند. این دو باریکه در راستای OI با هم تداخل کرده و تشکیل فریزهای دایره‌ای می‌دهند. تیغه G_2 در ایجاد فریزها اثری ندارد و فقط برای خنثی کردن اختلاف راه نوری ناشی از تیغه G_1 در مسیر باریکه های عبوری قرار می‌گیرد. برای تنظیم دستگاه منبع نور سفید را روشن کنید به طوری که نور روی دو آینه را بپوشاند. در امتداد IO به آینه M_1 نگاه کنید بایستی تصویر آینه‌ی M_2 در آن دیده شود با تغییر دادن پیچهای V_1 و V_2 دو تصویر رشته‌ی لامپ سفید را بر یکدیگر منطبق کنید. پس از اینکه با نور سفید دستگاه را تنظیم کردید، لامپ جیوه را روشن کرده و پیچهای V_1 و V_2 را حرکت جزئی دهید تا فریزهای دایره‌ای مشاهده شوند، که می‌بایستی مرکزشان وسط میدان دید باشد. اگر مرکز فریزها کنار بود با تغییر جزئی پیچهای V_1 و V_2 می‌توانید این فریزها را به وسط بیاورید.

آزمایش ۸-۱: اندازه‌گیری رابطه‌ی تغییرات پیچ ریز سنج و فاصله بین دو آینه روش آزمایش:

مطابق شکل ۸-۱ در کنار آینه M_1 پیچ ریز سنج قرار دارد که آینه را در امتداد OI تغییر مکان می‌دهد و با حرکت دادن این پیچ فریزها در مرکز محو یا ظاهر می‌شوند. همانطوریکه می‌دانید تغییر مکان پیچ ریز سنج تداخل سنج تغییر فاصله‌ی بین دو آینه‌ی M_1 و M_2 را نمی‌دهد. برای پیدا کردن این رابطه و مدرج کردن دستگاه از نور تکفام لامپ جیوه با طول موج $\lambda = 5460 \text{ \AA}$ استفاده می‌کنیم (پالایه‌ی سبز را مقابل لامپ جیوه قرار دهید). در حالیکه فریزها کاملاً آشکار هستند درجه‌ی ریز سنج

را یادداشت کنید و آنگاه پیچ ریز سنج را در جهتی که فریزها در مرکز ظاهر (محو) می‌شوند به آرامی بچرخانید و با دقت کامل تعداد صد فریز را شمرده و تغییر مکان را از روی پیچ ریز سنج خوانده و یادداشت کنید. اگر تغییر مکان پیچ ریز سنج را با D نشان دهیم. از طرف دیگر با دانستن $n=100$ ، $\lambda=5460 \text{ \AA}$ با استفاده از رابطه‌ی

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

می‌توان فاصله‌ی بین دو آینه یعنی d را بدست آورد. با استفاده از مقدار d نسبت d/D را محاسبه کرد. این اندازه‌گیری را حداقل پنج باره تکرار کنید و نتایج حاصله را در جدول ۸-۱ یادداشت کنید. با محاسبه نسبت d/D ، با دانستن تغییر مکان پیچ ریز سنج می‌توان به سادگی با ضرب آن در نسبت یاد شده تغییر فاصله بین دو آینه را برای طول موجهای دیگر بدست آورد. توجه کنید که از این نسبت در آزمایش بعدی استفاده می‌شود پس سعی کنید مقدار میانگین d/D بدقت اندازه‌گیری شود.

آزمایش ۸-۲: تعیین اختلاف طول موج دو خط زرد سدیم

همسازی و ناهمسازی دو طول موج - طیف لامپ سدیم از دو طول موج نزدیک به هم تشکیل شده است. در صورتیکه تداخل سنج را با لامپ سدیم روشن کنیم، دو سیستم فریزهای دایره‌ای بوجود می‌آید. حالتی که فریزهای دو سیستم بر هم منطبق باشند را همسازی گویند. اگر به تدریج فاصله بین دو آینه را تغییر دهیم به حالتی می‌رسیم که فریز روشن یک سیستم بر روی فریز تاریک سیستم دیگر قرار می‌گیرد و چون دو طول موج نزدیک بهم هستند میدان دید بطور یکنواخت روشن خواهد بود که این حالت را ناهمسازی می‌گویند. اگر طول موجی زرد سدیم را به ترتیب $(\lambda_1 > \lambda_2)$ بگیریم در حالت ناهمسازی رابطه زیر برقرار است:

$$2d = m\lambda_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_2 \quad (8-2)$$

که در آن m شماره فریز می‌باشد. حال اگر بین دو ناهمسازی متوالی n فریز در سیستم λ_1 وجود داشته باشد $(n+1)$ فریز در سیستم λ_2 وجود خواهد داشت و در نتیجه برای ناهمسازی بعدی می‌توان نوشت:

$$2d = (m+n)\lambda_1 = \left(m+n+1+\frac{1}{2}\right)\lambda_2 \quad (8-3)$$

از تفاضل دو رابطه ۸-۲ و ۸-۳ داریم:

$$2(d' - d) = n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2 \quad (8-4)$$

و یا می‌توان نوشت:

$$2(d' - d) = n\lambda_1 n\lambda_1 = (n + 1)\lambda_2 \quad (۸-۵)$$

حال اگر n را از روابط ۵-۸ حذف کنیم خواهیم داشت:

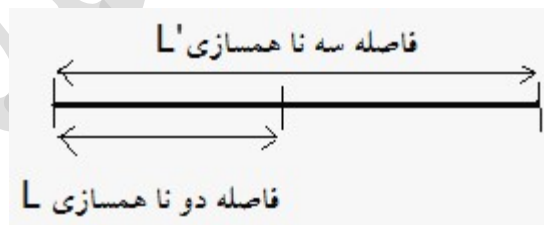
$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(d' - d)} \quad (۸-۶)$$

در رابطه ۶، ۸، $(d' - d)$ فاصله بین دو ناهمسازی متوالی است که آن را با l نشان می‌دهیم و داریم:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2l} \quad (۸-۷)$$

روش آزمایش:

بادقت لامپ سدیم را بجای لامپ جیوه قرار داده و سعی کنید که به سایر قسمتهای دستگاه دست نزنید. در این حالت تنظیم اولیه دستگاه برقرار بوده و با تغییر بسیار جزئی V_1 و V_2 می‌توان فریزهای مربوطه را مشاهده کرد. پیچ ریز سنج مخصوص انتقال آینه M_1 را بچرخانید تا فریزها محو شوند (حالت ناهمسازی). اگر فریزها کاملاً محو نمی‌شوند و ناهمسازی واضح نیست بطور تقریب بهترین محل را پیدا کنید. برای نتیجه بهتر همواره پیچ ریز سنج را در یک جهت بچرخانید و در صورتیکه از ناهمسازی بعدی گذشتید مقدار زیادی به عقب برگردید و دوباره جهت حرکت را عوض کنید تا به ناهمسازی مربوطه برسید. هنگامی که پیچ ریز سنج را برای ناهمسازی اول میزان کردید عدد مربوط را از روی پیچ یادداشت کرده و دوباره پیچ انتقال را بچرخانید تا از ناهمسازی دوم گذشته و به ناهمسازی سوم برسید. این فاصله بین سه ناهمسازی متوالی را مطابق شکل ۸-۲ با L' نشان دهید و مطابق شکل می‌توانید فاصله بین دو ناهمسازی متوالی یعنی L را که برابر نصف L' است محاسبه کنید. برای تعیین مقدار l از میانگین ضریب نسبت d/D آزمایش ۸-۱ استفاده کنید.



(شکل ۸-۲)

این آزمایش را برای دقت بیشتر حداقل پنج بار تکرار کرده و با استفاده از رابطه‌ی ۷، ۸ مقدار $\Delta\lambda$ را با فرض اینکه $\lambda_1 \lambda_2$ برابر $(۵۸۹۳)^2$ باشد، محاسبه کنید و اعداد مربوطه را در جدول ۸-۲ بنویسید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۸-۱ خطای مربوط به d و D را تعیین کرده و سپس مقدار خطای نسبت d/D را بدست آوردید.

همچنین خطای اختلاف طول موج دو خط طیفی سدیم از رابطه‌ی زیر بدست آورید:

$$\frac{\delta(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{\Delta l}{l} (\lambda_1 - \lambda_2)$$

که در آن با توجه به خطای نسبت d/D و خطای L' مقدار Δl را محاسبه کرده و خطای اختلاف طول موج دو طیف سدیم را بدست آورید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۸

مدرج کردن تداخل سنج مایکلسون جدول ۸-۱

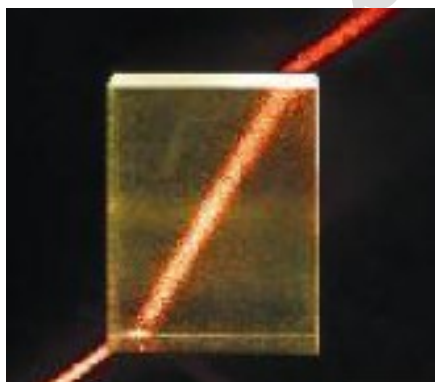
دفعات	$d(mm)$	$D(mm)$	d/D
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

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

دفعات	$L'(mm)$	$L(mm)$	$\Delta\lambda(\text{\AA})$
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

آزمایش (۹)

موضوع آزمایش: اندازه‌گیری ضریب شکست اجسام



وسایل مورد نیاز:

میکروسکوپ ورنیه‌دار

لیزر هلیوم نئون

سطح چرخان مدرج

تیغه متوازی السطوح پلاستیکی

نیم قرص پلاستیکی

عدسی مرکب

ریل اپتیکی

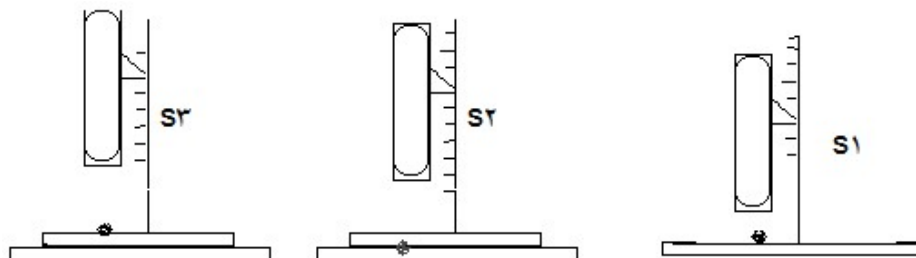
چراغ رومیزی

آزمایش ۹-۱: اندازه‌گیری ضریب شکست اجسام با استفاده از عمق ظاهری

روش آزمایش:

در ابتدای آزمایش برای تنظیم میکروسکوپ را طوری تنظیم کنید که تصویر واضحی از ذراتی که روی صفحه‌ی سیاه رنگ میکروسکوپ وجود دارند بدست آورید (S_1) (شکل ۹-۱). اکنون تیغه متوازی السطوح پلاستیکی را که در دو طرف آن علامتهائی نشان داده شده است بر روی صفحه سیاه رنگ میکروسکوپ قرار دهید. ارتفاع میکروسکوپ را تغییر داده و با چرخاندن پیچ میکروسکوپ تصویر روشنی از سطح پایینی تیغه

بدست آورده و ارتفاع نقطه S_2 را یادداشت کنید (شکل ۹-۱). دوباره با ازدیاد ارتفاع میکروسکوپ و تنظیم دقیق آن توسط پیچ، تصویر روشنی از سطح بالایی تیغه پلاستیکی بدست آورید و ارتفاع S_3 را یادداشت کنید (شکل ۹-۱). این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و اعداد مربوطه را در جدول ۹-۱ یادداشت نمایید.

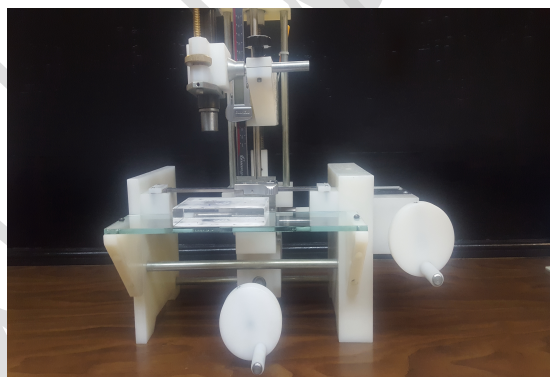


(شکل ۹-۱)

ضریب شکست تیغه متوازی السطوح را از رابطه

$$n = \frac{\text{عمق (ضخامت) ظاهری}}{\text{عمق (ضخامت) حقیقی}} = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S_2} \quad (۹-۱)$$

بدست آورده و مقدار آن را در جدول ۹-۱ یادداشت کنید. از روی جدول ۹-۱ ضریب شکست میانگین را حساب کنید.



محاسبه خطا:

با توجه به این که دقت ورنیه میکروسکوپ حدود یک صدم میلیمتر می باشد، مقادیر ΔS_1 و ΔS_2 و ΔS_3 را محاسبه کرده سپس با توجه به رابطه ۹-۱، میزان خطای ضریب شکست تیغه را به دست آورید. به نظر شما عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش کدامند و چه راههایی برای کم کردن آنها وجود دارد؟

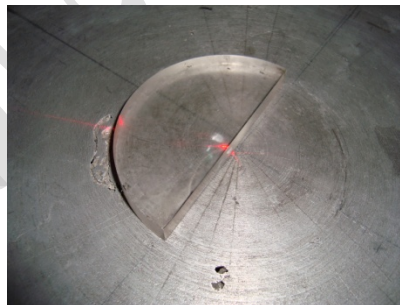
آزمایش ۹-۲: اندازه‌گیری ضریب شکست جسم شفاف توسط شکست نور

روش آزمایش:

ابتدا ارتفاع سطح چرخان را برای نور لیزر میزان کرده و آن را تراز نمائید. جهت نور را طور تنظیم کنید که سطح انتشار نور موازی سطح چرخان بوده و در امتداد دو نقطه مدرج صفر و ۱۸۰ درجه روی سطح چرخان عبور کند. دو محور عمود بر هم روی سطح چرخان وجود دارد که اگر نور بطور دقیق تنظیم شده باشد بایستی جهت امتداد نور لیزر موازی یکی از این محورها و بر دیگری عمود باشد. تنظیم اولیه‌ی جهت نور لیزر در اندازه‌گیری‌های بعدی بسیار مهم است و بایستی بدقت انجام گیرد. سپس سطح تخت نیم قرص پلاستیکی را بر یکی از محورهای سطح چرخان مماس کرده بطوریکه مرکز آن بر مرکز سطح چرخان قرار داشته باشد و نور لیزر به این سطح بتابد و از آن شکسته شود. با چرخش سطح چرخان برای زاویه‌های تابش متفاوت زاویه‌های تابش متفاوت زاویه‌های شکست مربوط به آنها را از روی درجه سطح چرخان بخوانید. اگر زاویه تابش نور، i و زاویه شکست نور، r ، باشد ضریب شکست جسم شفاف را از رابطه:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (9-2)$$

بدست آورده و نتایج را در جدول ۹-۲ بنویسید. منحنی تغییرات $\sin r$ بر حسب $\sin i$ را رسم کرده و مقدار ضریب شکست را با استفاده از منحنی بدست آورده و مقدار آن را با مقدار میانگین ضریب شکست که از جدول ۹-۲ بدست می‌آورید، مقایسه کنید.



محاسبه خطا:

دقت خواندن زاویه سطح چرخان در حدود یک درجه می باشد. خطای مربوط به خواندن زاویه تابش و زاویه شکست را بدست آورید. چنانچه این خطاها Δi ، Δr فرض شوند خطای نسبی را از رابطه (۹-۳) بدست آورید. حدود تغییرات ضریب شکست n را همراه با درصد خطای نسبی آن محاسبه کنید. به نظر شما عامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش کدامند و چه راههایی برای کم کردن آنها وجود دارد؟

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2 = \left(\frac{\sin(i+\Delta i) - \sin i}{\sin i}\right)^2 + \left(\frac{\sin(r+\Delta r) - \sin r}{\sin r}\right)^2 \quad (9-3)$$

آزمایش ۹-۳: اندازه‌گیری ضریب شکست جسم شفاف توسط بازتاب کلی نور

روش آزمایش:

بدون اینکه در تنظیم سطح چرخان و لیزر از آزمایش ۹-۲ تغییری ایجاد کنید زاویه بازتاب کلی را برای نیم قرص پلاستیکی پیدا نموده و ضریب شکست جسم را با استفاده از رابطه زیر بدست آورید.

$$n = \frac{1}{\sin i_c} \quad (9-4)$$

این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج را در جدول ۹-۳ یادداشت کنید. از روی اعداد این جدول مقدار میانگین ضریب شکست را بدست آورید.

محاسبه خطا:

اگر خطای مربوط به زاویه بازتاب کلی δi_c باشد، مقدار آن را تعیین کرده و با استفاده از رابطه‌ی زیر خطای نسبی را محاسبه نمایید.

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\sin(i_c + \delta i_c) - \sin i_c}{\sin i_c} \quad (9-5)$$

با استفاده از این رابطه حدود تغییرات n و درصد خطای نسبی را نیز محاسبه کنید.

آزمایش ۹-۴: اندازه‌گیری ضریب شکست نسبی

روش آزمایش:

عدسی مرکب را در محل آن طوری قرار دهید که نور لیزر کاملاً بر دو سطح آن عمود باشد. توجه داشته باشید که نور لیزر محوری باشد. نور لیزر ابتدا وارد محیطی مانند آب شده و سپس در محیط دیگری که پلاستیکی می‌باشد شکسته می‌شود. با اندازه‌گیری زاویه تابش i و زاویه شکست r می‌توان نسبت ضریب شکست دو محیط را طبق رابطه زیر بدست آورد:

$$n_w \sin i = n_p \sin r \quad (9-6)$$

$$n = \frac{n_w}{n_p} = \frac{\sin r}{\sin i} \quad (9-7)$$

این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده در جدول ۹-۴ یادداشت کنید و منحنی تغییرات $\sin r$ بر حسب $\sin i$ را رسم کرده و ضریب شکست نسبی دو محیط را از روی آن محاسبه نمایید. این مقدار را با مقدار میانگین ضریب شکست نسبی که از جدول ۹-۴ بدست می آورید، مقایسه کنید.

محاسبه خطا:

خطای ضریب شکست نسبی را محاسبه کنید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۹

اندازه گیری ضریب شکست با استفاده از عمق ظاهری
جدول ۹-۱

دفعات	S_1	S_2	S_3	$S_3 - S_2$	$S_3 - S_1$	n
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
میانگین						

اندازه گیری ضریب شکست توسط نور
جدول ۹-۲

i	r	$\sin i$	$\sin r$	n
میانگین				

اندازه گیری ضریب شکست توسط بازتاب کلی جدول ۹-۳

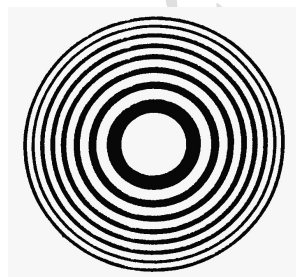
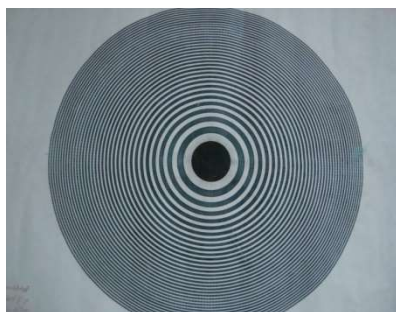
دفعات	i_c	$\sin i_c$	n
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

اندازه گیری ضریب شکست نسبی جدول ۹-۴

i	$\sin i$	r	$\sin r$	$n_r = n_w / n_p$
میانگین				

آزمایش (۱۰)

موضوع آزمایش: پراش فرنل و مناطق فرنل



وسایل مورد نیاز:

لامپ سدیم و منبع تغذیه

لامپ سفید و منبع تغذیه

شکاف قابل تنظیم

میکروسکوپ متحرک

ریل اپتیکی و پایه‌های مناسب

یک عدسی به عنوان موازی کننده نور

پالایه‌ی سبز و قرمز

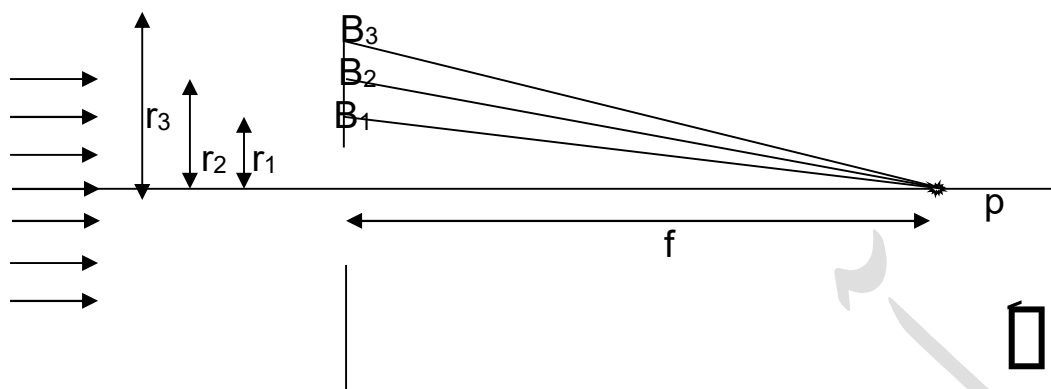
تیغه‌های منطقه‌ای فرنل

پرده مشاهده

موانع پراشنده

پراش فرنل - همانطوریکه در قسمت پراش فرانیهوفر ذکر شده هرگاه چشمه نورانی و پرده‌ای که الگوی پراش بر روی آن تشکیل می شود در فاصله محدودی از مانع پراشنده قرار گیرند، در این صورت پدیده‌ی مشاهده شده را پراش فرنل می گویند. یکی از استفاده‌های مهم این پدیده مربوط به ساختمان مناطق فرنل است که در زیر به بحث درباره‌ی آنها می پردازیم.

فرض کنید که یک دسته باریکه‌ی امواج تخت تکفام مطابق شکل ۱۰-۱ به یک روزنه با قطر D برخورد کنند.



(شکل ۱۰-۱)

با استفاده از قانون هویگنس می‌توان دامنه تابش را برای موج ورودی از روزنه در نقطه‌ی P شرح داد. انتظار می‌رود که با ازدیاد قطر روزنه نور به شدت در نقطه P افزایش پیدا کند. طبق انتظار تا شعاع بخصوصی که در شکل ۱۰-۱ با r_1 نشان داده شده است این اتفاق می‌افتد ولی در صورت بزرگتر شدن روزنه، شدت نور در نقطه P کاهش پیدا می‌کند. این کاهش را می‌توان با مراجعه به شکل توضیح داد. در شعاع r_1 فاصله B_1P به اندازه $\lambda/2$ از فاصله محوری $AP=f$ بیشتر است یعنی $B_1P-f=\lambda/2$ ، بنابراین برای نقاط روی دایره به شعاع r_1 همانند B_1 ، نوری که به نقطه‌ی P می‌رسد دارای اختلاف فاز π ، با نور محوری است که موجب تداخل مخرب می‌شود. در نتیجه شدت نور در P کم می‌گردد. با بزرگتر شدن شعاع روزنه به نقطه‌ی B_2 می‌رسیم که برای آن داریم $B_2P-f=\lambda$ در نتیجه نوری که از نقطه‌ی B_2 به نقطه‌ی P می‌رسد با نور محوری هم فاز خواهد بود و در نتیجه تداخل سازنده ایجاد خواهد کرد. بنابراین دایره‌هایی با شعاع‌های $r_1, r_2, \dots$ صفحه D را به مناطقی که به مناطق فرنل موسوم هستند، تقسیم می‌کنند، بطوریکه هر نقطه، با نقطه‌ی قبل خود اختلاف راهی برابر $\lambda/2$ دارد. می‌توان شعاع این دوایر را از مثلث APB بدست آورد:

$$r_n^2 + f^2 = \left(f + \frac{n\lambda}{2}\right)^2 \quad (10-1)$$

$$r_n = \left(nf\lambda + \frac{n^2\lambda^2}{4}\right)^{1/2} \quad (10-2)$$

اگر در رابطه ۱۰-۲، $n\lambda$ خیلی کوچکتر از f باشد می‌توانیم از جمله‌ی دوم صرف نظر کنیم و r_n را با تقریب بصورت زیر بنویسیم:

$$r_n \approx \sqrt{nf\lambda} \quad (10-3)$$

همچنین می‌توان شدت دامنه موج را در نقطه‌ی P بصورت جمع زیر نوشت.

$$A=A_1-A_2+A_3-A_4+\dots+(-1)^{m-1}A_m(10-4)$$

که در آن جمله‌های منفی نشان دهنده این است که موج مربوط به آنها دارای اختلاف فازی برابر π با موج محوری است. این اختلاف فاز باندازه نصف پریود برای دامنه امواج پشت سر هم، باعث شده است تا به این دواير، مناطق نیمه پریود نیز بگویند.

در رابطه ۱۰-۴ سه عامل مهم در اندازه‌ی هر جمله سهمیم است. اول، مساحت هر منطقه است؛ مساحت‌های مناطق تقریباً با هم برابرند و با ازدیاد مرتبه‌ی آنها به کندی بزرگ می‌شوند که این مطلب به معنی افزایش یافتن تعداد گسیلنده هاست. دوم، چون اندازه‌ی هر جمله به طور معکوس با فاصله‌ی P از هر منطقه متناسب است پس با افزایش n ، مقدار آنها کم می‌شود. بالاخره عامل میل، یا تمایل، است. که با ازدیاد تمایل مرتبه‌های بالاتر، شدت نور گسیل شده به نقطه‌ی P کم می‌شود.

دو عامل اول و دوم تقریباً یکدیگر را خنثی می‌کنند، بنابراین عامل میل، تمایل، مهمترین نقش را ایفا می‌کند. در عمل از این اصل فیزیک برای ساختن صفحه مناطق استفاده شده است. این اجسام از یک صفحه که می‌تواند نور نصف پریود دیگر را قطع کند ساخته شده است. نتیجه کار این است که در رابطه ۱۰-۴ تمام جمله‌های فرد و یا زوج را می‌توان از بین برد و در هر حال دامنه نور در نقطه‌ی P چندین برابر خواهد شد که از این جهت مانند یک عدسی عمل می‌کنند. صفحه‌ی مناطق را با استفاده از مناطق فرنل می‌توان به آسانی ساخت، بدین ترتیب که با رسم دایره‌های هم مرکز که شعاع آنها متناسب با جذر اعداد صحیح باشد بر روی یک صفحه کاغذ سفید و سپس با سیاه کردن یک در میان مناطق بین دایره‌ها، این صفحات ساخته می‌شوند. در پایان می‌توان این صفحات را به مقیاس کوچکتري تبدیل کرد. اگر در این تیغه‌های منطقه‌ای جمله‌های فرد را حذف کنیم به آنها تیغه‌های منطقه‌ای منفی (N) و در صورت حذف جمله‌های زوج به آنها تیغه‌های منطقه‌ای مثبت (P) می‌گویند و بدین ترتیب عکس یکدیگر عمل می‌کنند. تیغه‌های منطقه‌ای می‌توانند دارای چندین کانون باشند.

آزمایش ۱۰-۱: مشاهده پراش فرنل

روش آزمایش:

الف) پراش از تک سیم نازک

لامپ سدیم را روشن کرده و شکاف قابل تنظیم را مقابل آن قرار دهید. شکاف را تا جایی که امکان دارد ببندید. سپس با قرار دادن تک سیم نازک بر روی پایه مناسب و با تنظیم چشمی میکروسکوپ می‌توانید پراش آن را مشاهده کنید. با دیدن پراش تک سیم نازک شکل الگوی پراش آن را در گزارش کار خود رسم کنید.

ب) پراش از روزنه مستطیل شکل

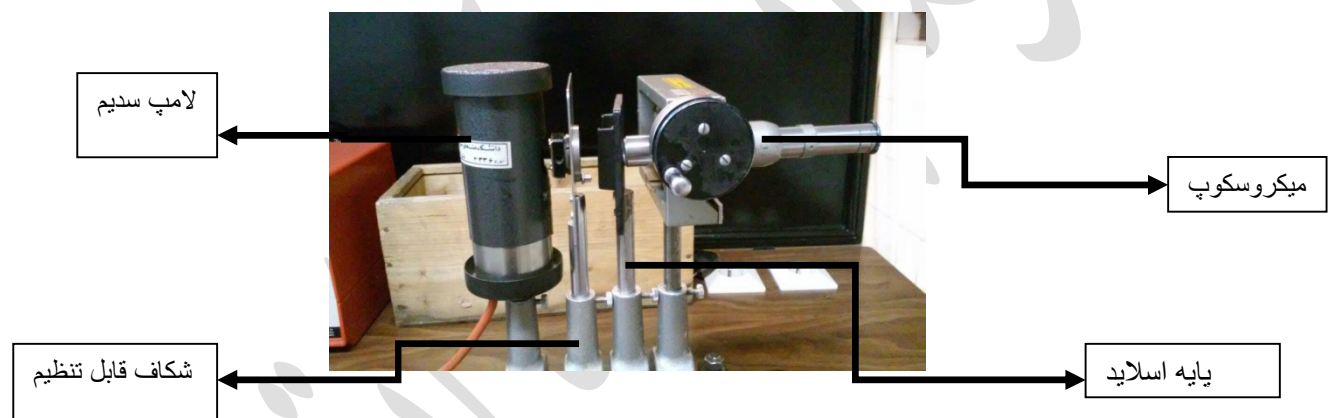
روزنه مستطیل شکل را در گیره حامل آن قرار داده و سپس الگوی پراش را با تنظیم میکروسکوپ متحرک مشاهده کنید و سپس شکل الگوی پراش را در گزارش کار خود ترسیم کنید.

پ) پراش از روزنه دایره ای کوچک

در این آزمایش پراش حاصل از روزنه دایره ای کوچک را مشاهده کرده و شکل الگوی پراش را بکشید. اگر در این آزمایش به جای شکاف قابل تنظیم، که یک منبع موج استوانه ای است، از یک سوراخ ریز که منبع موج کروی است استفاده کنید، نتیجه ی آزمایش بهتر خواهد بود.

ت) پراش از توری

توری را در گیره حامل آن قرار داده و سپس الگوی پراش را با تنظیم میکروسکوپ متحرک مشاهده کنید و سپس شکل الگوی پراش را در گزارش کار خود ترسیم کنید.



آزمایش ۱۰-۲: اندازه گیری فاصله کانونی مناطق فرنل

روش آزمایش:

در این آزمایش از لامپ سفید به همراه پالایه های سبز و قرمز استفاده کنید. ابتدا نور لامپ سفید را با عدسی موازی نمایید. برای این کار کفیسست که با حرکت دادن عدسی تصویر رشته ی لامپ را در فاصله دوری تشکیل دهید. پالایه ی سبز را مقابل لامپ سفید قرار داده سپس تیغه ی منطقه ای فرنل منفی (N) با فاصله کانونی $f=325\text{ mm}$ را مقابل پالایه قرار دهید. با تغییر مکان پرده مشاهده تصویر واضحی از رشته ی لامپ به دست آورده و فاصله های کانونی این عدسی را اندازه گیری کنید. نتایج حاصله را در جدول ۱-۱۰ بنویسید. سپس پالایه ی سبز را برداشته و بجای آن پالایه ی قرمز را قرار داده و آزمایش قبل را تکرار کنید. فواصل کانونی مربوط به نور قرمز را نیز در جدول ۱-۱۰ بنویسید. حال عدسی منفی را برداشته و بجای آن از عدسی مثبت (P)

با فاصله‌ی کانونی $f=135\text{ mm}$ استفاده کنید و مانند آزمایش قبلی عمل کنید. نتایج آزمایش خود را در جدول ۱۰-۲ بنویسید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج به دست آمده، خطای مربوط به فاصله‌ی کانونی دو تیغه را به دست آورید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک را بیان کرده راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۱۰-۳: اندازه‌گیری شعاع دواير مناطق فرنل

روش آزمایش:

در این آزمایش برای مشاهده‌ی مناطق فرنل از میکروسکوپ متحرک استفاده کنید. پالایه‌ی سبز و عدسی فرنل N با $f=325\text{ mm}$ در محل‌های خود قرار داده و با تنظیم میکروسکوپ متحرک تصویر واضحی از تیغه به دست آورید. با اندازه‌گیری قطر دایره و در نتیجه شعاع آنها، با استفاده از رابطه‌ی $10-2$ می‌توانید فاصله‌ی کانونی تیغه‌ی فرنل را مشخص کنید. برای اندازه‌گیری قطر دواير، سعی کنید که میکروسکوپ را همواره در یک جهت حرکت دهید و برای این منظور حدود 10 دایره را از دایره‌ی مرکزی رد کنید و سپس تار موئی عمودی را بر لبه دایره ای که می‌خواهید اندازه‌گیری کنید، قرار دهید. عدد مربوط به هر دایره را از روی ورنیه خوانده (d_1) و آن را یادداشت کنید. با رسیدن به مرکز تیغه در جهت دیگر حرکت کنید و عدد مربوط به طرف دیگر (d_2) را بدست آورده و طبق معمول تفاضل این دو عدد (d_1-d_2) قطر دایره را به شما می‌دهد. برای 10 دایره (روشن یا تاریک) این اعداد را خوانده و نتایج را در جدول $10-3$ یادداشت کنید. منحنی تغییرات را بر حسب n رسم کنید و با استفاده از رابطه $10-3$ برای $\lambda=5400\text{ \AA}$ اندازه‌ی فاصله کانونی این عدسی را پیدا کنید. این مقدار را با مقدار به دست آمده از آزمایش قبلی مقایسه کنید.

در ادامه‌ی آزمایش از تیغه‌ی فرنل مثبت P با فاصله‌ی کانونی $f=135\text{ mm}$ و پالایه‌ی سبز استفاده کنید و مطابق حالت قبل منحنی تغییرات را بر حسب شماره‌ی دایره‌ها، n ، رسم کنید. با استفاده از رابطه‌ی $10-3$ و منحنی تغییرات برای طول موج $\lambda=5400\text{ \AA}$ اندازه‌ی فاصله‌ی کانونی عدسی را پیدا کنید. این مقدار را با مقدار به دست آمده از آزمایش قبلی مقایسه کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به منحنی رسم شده خطای اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی دو تیغه را به دست آورید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش چیست؟ راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۱۰

جدول ۱۰-۱

دفعات	پالایه	محل عدسی فرنل	محل پرده	f_1	محل پرده	f_2	محل پرده	f_3
۱	۳۳							
۲								
۳								
میانگین					-		-	
۱	۳۳							
۲								
۳								
میانگین					-		-	

$f=325\text{mm}$

جدول ۱۰-۲

دفعات	پالایه	محل عدسی فرنل	محل پرده	f_1	محل پرده	f_2	محل پرده	f_3
۱	۳۳							
۲								
۳								
میانگین					-		-	
۱	۳۳							
۲								
۳								
میانگین					-		-	

$f=135\text{mm}$

اندازه گیری فاصله کانونی عدسی فرنل با استفاده از اندازه گیری شعاع دواير مناطق فرنل

جدول ۱۰-۳

n	$d_1(\text{mm})$	$d_2(\text{mm})$	$d=d_1-d_2$	$r_n=d/2$	r_n^2

-دایره مرکزی روشن است یا تاریک؟

-دایره های روشن شمرده شده اند یا دایره های تاریک ؟

جدول ۱۰-۴

f واقعی	f منحنی

جدول ۱۰-۵

n	$d_1(\text{mm})$	$d_2(\text{mm})$	$d=d_1-d_2$	$r_n=d/2$	r_n^2

-دایره مرکزی روشن است یا تاریک؟

-دایره های روشن شمرده شده اند یا دایره های تاریک ؟

جدول ۱۰-۶

f واقعی	f منحنی

آزمایش (۱۱)

موضوع آزمایش: مشاهده‌ی قطبش چرخشی در محلولهای فعال نوری و اندازه‌گیری توان چرخش ویژه و غلظت محلول از طریق قطبش سنجی



وسایل مورد نیاز:

دستگاه قطبش سنج

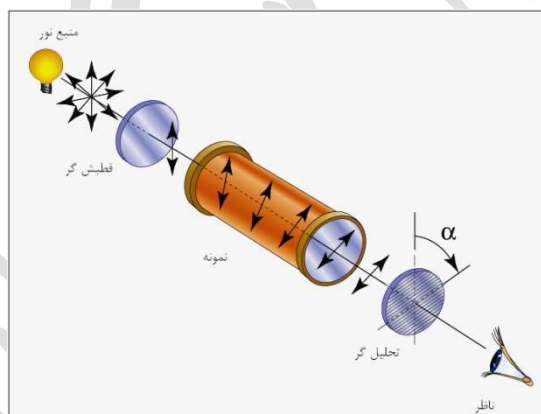
لوله‌های نمونه با طولهای مختلف، حلال محلول ساکارز با غلظتهای متفاوت

دستگاه قطبش سنج - مطابق شکل ۱۱-۱ این دستگاه تشکیل شده از یک استوانه که در دو طرف آن قطبشگر و تحلیلگر قرار دارند. (معمولا" در این دستگاهها از منشور نیکول به عنوان قطبشگر و تحلیلگر استفاده می شود.) یک تیغه نیم موج به تحلیلگر متصل است بطوری که نیم از مسیر نور را می پوشاند. بدین ترتیب نوری که از قطبشگر خارج می شود یک قسمت وارد تیغه نیم موج شده و سپس از تحلیلگر می گذرد و قسمت دیگر مستقیما" وارد تحلیلگر می شود.

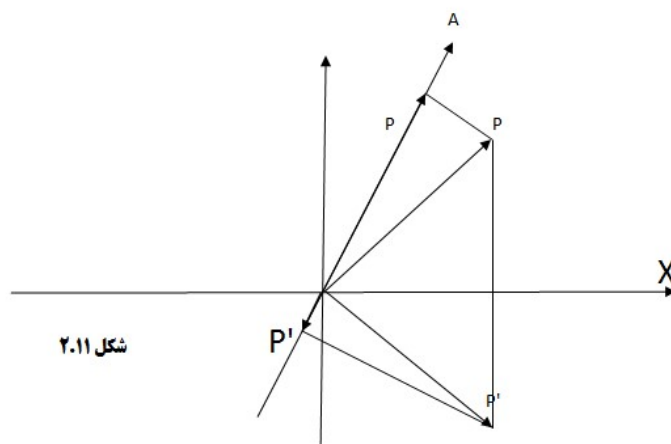
تحلیلگر و تیغه نیم موج و چشمی متصل به آن، با هم می توانند روی یک صفحه مدرج گردش کنند. فرض کنید جهت قطبش پرتو خروجی از قطبشگر و تحلیلگر مطابق شکل ۱۱-۲ باشد. همچنین X , Y محورهای برگزیده

تیغه نیم موج باشند. برای آن قسمت از پرتوهایی که وارد تیغه نیم موج نمی شوند، تصویر قطبش P روی تحلیلگر P می باشد. آن قسمت از نور که از تیغه نیم موج عبور می کند، دارای قطبش P' می باشد. (همانگونه که در آزمایش سوم بیان شده قطبش نور خروجی از تیغه ی نیم موج قرینه ی قطبش نور ورودی نسبت به محورهای برگزیده می باشد).

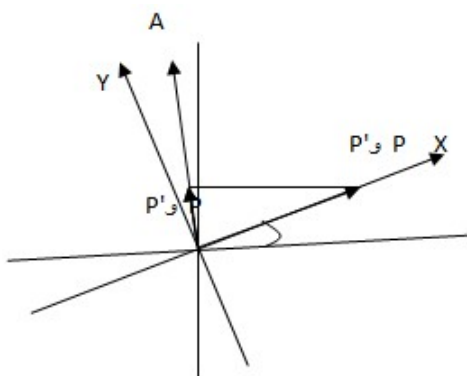
در این حالت تصویر P' روی تحلیلگر P' است. چون p و p' مساوی نیستند در نتیجه در میدان دید دو قسمت دایره با شدت های مختلف مشاهده می گردد. حال تحلیلگر را می گردانیم تا محور OX در امتداد قطبشگر قرار گیرد. (شکل ۱۱-۳) در این حال قرینه P یعنی P' بر خودش منطبق است و دو تصویر p و p' مساوی خواهند بود. در نتیجه در میدان دید یک دایره با روشنایی یکنواخت مشاهده می گردد. در این حالت دستگاه در تنظیم صفر است. حال اگر یک محلول فعال نوری بین تحلیلگر و قطبشگر قرار گیرد، قطبش P را به اندازه ی α می چرخاند و در نتیجه P به وضع $P1$ در می آید. در این صورت قرینه آن $P'1$ می شود و دیگر $p1$ و $p'1$ با هم برابر نیستند. (شکل ۱۱-۴) برای اینکه دو تصویر برابر گردند باید تحلیلگر را به اندازه ی α در همان جهت چرخش P بگردانیم تا محور OX بر $P1$ منطبق گردد.



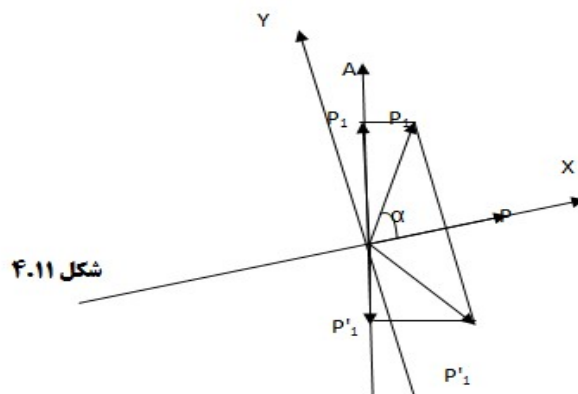
شکل ۱۱-۱ اجزاء مختلف دستگاه قطبش سنج



شکل ۲.۱۱



شکل ۳.۱۱



شکل ۴.۱۱

محلولهای فعال نوری - این محلولها اجسام آلی هستند که دارای کربن غیر متقارن می باشند. مانند گلوکز، ساکارز، اسید تارتاریک و اسید لاکتیک. مانند کوارتز این محلولها قادرند صفحه قطبش را بچرخانند و مقدار زاویه چرخش متناسب است با غلظت مایع و طول مایع که نور پلاریزه از آن می گذرد. اگر غلظت محلولها را C فرض کنیم و طول مایع را l بگیریم؛ زاویه چرخش به صورت زیر است.

$$\alpha = plc(11-1)$$

که در آن α زاویه ی چرخش و p توان چرخش ویژه است، که برای محلولهای مختلف فرق میکند.

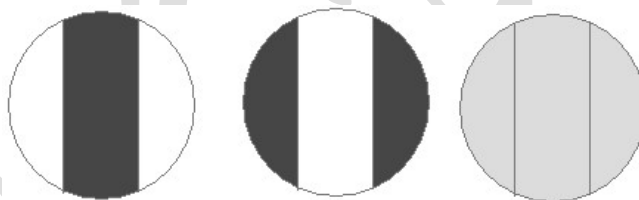
آزمایش ۱۱-۱: اندازه گیری توان چرخش ویژه

روش آزمایش:

لامپ سدیم را روشن کرده و چشمی دستگاه قطبش سنج را طوری تنظیم کنید که میدان دید کاملاً واضح شود، در این صورت یک رایره که به سه قسمت بصورت زیرتقسیم شده و با روشنایی های مختلف خواهید دید

که نور آنها واضح می‌باشد (دو قسمت کناری دارای روشنایی یکسان و قسمت وسط متفاوت است). لوله‌ی حاوی آب مقطر را درون دستگاه قرار داده و صفحه‌ی تحلیلگر را بگردانید تا روشنایی سه قسمت یکسان شود. (در این حالت با چرخش جزئی صفحه‌ی مدرج یکی از دو نیم دایره تیره خواهد شد.) درجه ورنیه را خوانده و به عنوان صفر دستگاه در نظر بگیرید. (α_0) می‌توانید صفحه مدرج را روی صفرمیزان کرده و در حالیکه آن را ثابت نگاه می‌دارید؛ چشمی را بچرخانید تا روشنایی سه قسمت یکسان شود؛ در این صورت پس از تنظیم صفر دستگاه، در چشمی آن تغییری ندهید. حال لوله‌های محتوی ساکارز با غلظت و طولهای مختلف را که در اختیار شما گذاشته شده است، یکی یکی در محل مناسب خود قرار دهید. ملاحظه خواهید نمود که روشنایی سه قسمت فرق کرده است. تحلیلگر (صفحه مدرج) را بچرخانید تا روشنایی‌ها یکنواخت گردد. زاویه (α_1) را خوانده و با توجه به مقدار (α_0)، مقدار α را محاسبه کنید. این کار را برای هر لوله حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج را در جدولهای ۱-۱۱ تا ۳-۱۱ یادداشت کنید. با محاسبه مقدار میانگین α و با استفاده از رابطه ۱-۱۱ مقدار توان چرخش ویژه، یعنی p را بدست آورید.

با استفاده از نتایج به دست آمده در هر سه جدول منحنی تغییرات α بر حسب lc را رسم کنید. با استفاده از منحنی مقدار p را محاسبه نمایید.



محاسبه خطا:

باتوجه به نتایج به دست آمده در آزمایش قبلی، ($\Delta\alpha$) را برای هر لوله محاسبه نمایید. با استفاده از آن خطای موجود در توان چرخش ویژه، Δp ، را محاسبه کنید. با استفاده از منحنی نیز Δp را محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش را بیان کرده و راههای کاهش آنها را بنویسید.

آزمایش ۱۱-۲: تعیین غلظت محلول مجهول

روش آزمایش:

لوله‌ی محتوی محلول ساکارز با غلظت مجهول را که در اختیار شما قرار می‌گیرد، مطابق آزمایش گذشته در محل مناسب قطبش سنج قرار داده و زاویه چرخش مربوط به آن را اندازه گیری کنید. نتایج خود را در جدول ۵-۱۱ یادداشت کرده، با استفاده از منحنی آزمایش قبلی میزان غلظت محلول را تعیین کنید. همچنین با

کمک رابطه ۱-۱۱ و با استفاده از مقدار محاسبه شده p در آزمایش قبل مقدار C را محاسبه کنید و نتایج محاسبه و منحنی را در جدول ۱۱-۵ یادداشت کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش، $(\Delta\alpha)$ را برای هر لوله محاسبه نمایید. با استفاده از آن خطای غلظت محلول، ΔC ، را محاسبه کنید. خطای غلظت به دست آمده با استفاده از منحنی را نیز محاسبه نمایید. عوامل ایجاد خطای سیستماتیک در این آزمایش چیست؟ راههای کاهش آنها را بنویسید.

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۱۱

جدول ۱-۱۱

غلظت=			
طول لوله	دفعات	α	P
	۱		
I=	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			
I=	۱		
	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			

جدول ۲-۱۱

غلظت=			
طول لوله	دفعات	α	P
	۱		
I=	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			
I=	۱		
	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			

جدول ۳-۱۱

غلظت=			
طول لوله	دفعات	α	P
	۱		
I=	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			
I=	۱		
	۲		
	۳		
	۴		
	۵		
میانگین			

جدول ۱۱-۴

نمودار P	آزمایش P

جدول ۱۱-۵

C منحنی	C محاسبه	α	دفعات	طول لوله
			۱	I=
			۲	
			۳	
			۴	
			۵	
میانگین				
			۱	I=
			۲	
			۳	
			۴	
			۵	
میانگین				

آزمایش (۱۲)

موضوع آزمایش: کار با تداخل سنج فابری پرو



وسایل مورد نیاز:

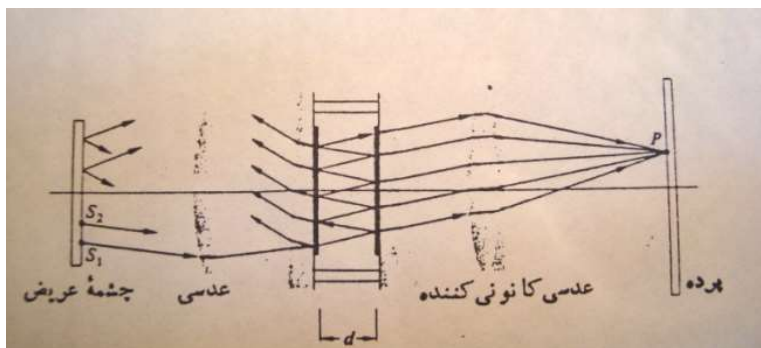
تداخل سنج فابری پرو

لامپ سدیم و منبع تغذیه

لامپ جیوه و منبع تغذیه

پالایه‌ی سبز

تداخل سنج فابری پرو- این تداخل سنج شامل دو تیغه نیمه اندود است که مطابق شکل ۱۲-۱ موازی هم قرار می گیرند. یکی از این تیغه ها دارای دو پیچ تنظیم می باشد و تیغه ی دیگر می تواند به موازات سطح خود انتقال یابد. میزان اندوده ی اغلب این تیغه ها به گونه ایست که توان بازتابی آن بیش از ۸۰ درصد می باشد. در این نوع تداخل سنج چون یک پرتو به چندین پرتو موازی تبدیل می شود، در نتیجه تداخل در بی نهایت صورت می گیرد و از این جهت مانند تداخل سنج مایکلسون می توان سیستم فریز را مستقیماً با چشم مشاهده کرد، در بعضی موارد حلقه ها به هم نزدیک می شوند که در این صورت از یک دوربین برای بزرگنمایی نقش تداخل می توان استفاده کرد.



(شکل ۱۲-۱)

تنظیم دستگاه - لامپ جیوه را روشن کرده و با تغییر جزئی پیچهای $V1$ و $V2$ فریزهای تداخلی را مشاهده کنید. برای مشاهده بهتر، می‌توانید از دوربین استفاده کنید. با تغییر جزئی در پیچهای $V1$ و $V2$ فریزها را در مرکز میدان دید قرار دهید.

آزمایش ۱۲-۱: مدرج کردن تداخل سنج روش آزمایش:

همانطور که در مورد تداخل سنج مایکلسون ذکر کردیم تغییر مکان پیچ ریز سنج فاصله بین تیغه‌های فابری پرو را بدست نمی‌دهد. برای آنکه بتوان فاصله تیغه‌ها را با پیچ ریزسنج معین کرد بایستی بوسیله متبع تکفامی که طول موج مشخصی دارد رابطه بین تغییرات پیچ ریزسنج و فاصله حقیقی تیغه‌ها را بدست آورد. اگر تغییر مکان پیچ ریزسنج را با D و فاصله دو تیغه را با d نشان دهیم، هدف از آزمایش اول بدست آوردن رابطه بین این دو، و تعیین ضریب d/D است. پس از تنظیم تداخل سنج از نور سبز جیوه با طول موج $\lambda = 5460 \text{ \AA}$ برای مدرج کردن دستگاه استفاده کنید. ابتدا درجه ریز سنج را یادداشت کرده و تعداد صد فریز را بطرف داخل یا خارج بشمارید. تغییر مکان پیچ ریز سنج را که با D نمایش می‌دهید، یادداشت کرده و از طرف دیگر با داشتن $\lambda = 5460 \text{ \AA}$ ، $n=100$ و با استفاده از رابطه

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

مقدار d را محاسبه کرده، سپس نسبت d/D را محاسبه نمایید. با ضرب نسبت d/D در تغییر مکان پیچ ریزسنج برای هر طول موج، d مربوط به آن محاسبه می‌گردد و مثلاً "می‌توان از رابطه ۱۲-۱ طول موج مجهولی را اندازه‌گیری کرد.

این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کرده و نتایج حاصله را در جدول ۱۲-۱ بنویسید. نسبت d/D را با دقت اندازه‌گیری کنید که در آزمایشهای بعدی نیز بایستی از آن استفاده نمایید.

آزمایش ۱۲-۲: اندازه گیری طول موج یکی از خطهای زرد سدیم

روش آزمایش:

به جای لامپ جیوه، لامپ سدیم را به عنوان منبع نور مقابل تداخل سنج قرار داده و با تنظیم دقیق پیچهای V_1 و V_2 تصویر دقیقی از فریزها در مرکز میدان دید بدست آورید. با چرخاندن پیچ ریزسنج حداقل تعداد صد فریز آشکار (محو) شده در مرکز را شمرده و تغییر مکان پیچ ریزسنج را اندازه بگیرید. با استفاده از ضریب d/D مقدار تغییر مکان تیغهها را یافته و با توجه به تعداد فریزهای شمرده شده طول موج یکی از خطوط طیف سدیم را از رابطه ی ۱-۱۲ بدست آورید. نتایج بدست آمده را در جدول ۱۲-۲ یادداشت کنید.

مقدار میانگین طول موج بدست آمده را با مقدار ذکر شده در مراجع مقایسه کرده و در جدول ۱۲-۳ یادداشت کنید.

آزمایش ۱۲-۳: تعیین اختلاف طول موج دو خط طیفی زرد سدیم

همسازی و ناهمسازی دو طول موج - همانطوریکه در مورد تداخل سنج مایکلسون گفته شد طول موجهای ۱۸ و ۲۸ لامپ سدیم هر کدام سیستمهای فریزهای جداگانه ای تولید می کنند. در حالتی که فریزهای روشن یک سیستم بر روی فریزهای تاریک سیستم دیگر قرار گیرد ناهمسازی داریم و می توانیم بنویسیم:

$$2d = m\lambda_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_2 \quad (12-2)$$

حال اگر فاصله تیغههای فابری پرو را به تدریج زیاد (یا کم) کنیم چون یکی از سیستمها سریعتر از دیگری باز می شود، پس از مدتی دو سیستم روی یکدیگر قرار می گیرند که این حالت همسازی است. اگر باز هم به افزایش (یا کاهش) فاصله تیغهها ادامه دهیم دوباره در فاصله d' دو سیستم کاملاً از هم جدا می شوند (ناهمسازی دوم) و حالتی شبیه به ناهمسازی اول خواهیم داشت. اگر بین دو ناهمسازی متوالی n فریز از λ_1 وجود داشته باشد $(n+1)$ فریز از λ_2 وجود خواهد داشت و در نتیجه خواهیم داشت:

$$2d' = (m + n)\lambda_1 = \left(m + n + 1 + \frac{1}{2}\right)\lambda_2 \quad (12-3)$$

اگر رابطه ۱۲-۲ را از رابطه ۱۲-۳ کم کنیم داریم:

$$2(d'-d) = n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2 \quad (12-4)$$

و یا می توان نوشت:

$$n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2 \quad (12-5)$$

$$2(d'-d) = n\lambda_1$$

با حذف n از رابطه ۱۲-۵ خواهیم داشت:

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(d'-d)} \quad (12-6)$$

در رابطه بالا $(d'-d)$ فاصله بین دو ناهمسازی متوالی است که آن را با λ نشان می‌دهیم، بنابراین داریم:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2\lambda} \quad (12-7)$$

در رابطه ۱۲-۷ چون λ_1 و λ_2 بهم نزدیک هستند می‌توان بجای آنها مقدار میانگین آنها یعنی $(5893\text{\AA})^2$ را قرار داد.

روش آزمایش:

پیچ ریزسنج مخصوص انتقال تیغه را بچرخانید تا حالت ناهمسازی کاملاً واضحی داشته باشید. در این حالت درجه پیچ ریزسنج را خوانده و آن را یادداشت کنید. پیچ ریزسنج را بچرخانید تا از ناهمسازی دوم عبور کرده و به ناهمسازی سوم برسید. برای نتیجه بهتر همواره پیچ ریزسنج را در یک جهت بچرخانید و در صورتیکه از ناهمسازی گذشتید مقدار زیادی به عقب برگردید و دوباره در جهت اولیه آن را حرکت دهید. تغییر مکان پیچ ریزسنج، فاصله بین سه ناهمسازی متوالی را می‌دهد، که آن را با L' نشان می‌دهیم. نصف این فاصله یعنی $L'/2$ فاصله بین دو ناهمسازی متوالی را بدست می‌دهد. با ضرب این مقدار در نسبت d/D تغییر مکان واقعی بین دو تیغه‌ی تداخل سنج را بدست آورده و نام آن را λ می‌گذاریم. با استفاده از رابطه ۱۲-۷ اندازه‌ی اختلاف دو طول موج طیف سدیم را بدست آورده و نتیجه را در جدول ۱۲-۴ یادداشت کنید. این آزمایش را حداقل پنج بار تکرار کنید. این مقدار میانگین را با مقدار تئوری آن در جدول ۱۲-۵ با هم مقایسه کنید.

محاسبه خطا:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۱۲-۱ خطای مربوط به d و D را تعیین کرده و سپس مقدار خطای نسبت d/D را بدست آورید.

خطای اندازه‌گیری طول موج سدیم را محاسبه کنید. همچنین خطای اختلاف طول موج دو خط طیفی سدیم از رابطه‌ی زیر بدست آورید:

$$\frac{\delta(\lambda_1 - \lambda_2)}{(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{\Delta l}{l} (12-8)$$

که در آن با توجه به خطای نسبت d/D و خطای L' مقدار Δl را محاسبه کرده و خطای اختلاف طول موج دو طیف سدیم را بدست آورید.

راهنمای دانشگاه پلیتکنیک

بسمه تعالی
آزمایشگاه اپتیک
جدولهای آزمایش ۱۲

مدرج کردن تداخل سنج فابری پرو جدول ۱-۱۲

دفعات	$d(\text{mm})$	$D(\text{mm})$	d/D
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

اندازه گیری طول موج زرد سدیم جدول ۲-۱۲

دفعات	$D(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$\lambda(\text{\AA})$
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

جدول ۳-۱۲

	$\lambda(\text{\AA})$
آزمایش	
مقدار ذکر شده در مراجع	

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

دفعات	$L'(mm)$	$l(mm)$	$\Delta\lambda(\text{\AA})$
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
میانگین			

جدول ۱۲-۵

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

مراجع

- ۱- هشت، یوجین (و) زایاک، آلفرد، نورشناخت، ترجمه ی پروین بیات مختاری (و) حبیب مجیدی ذوالبنین، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۷.
- ۲- اسکوایر زف ج.ل.، فیزیک عملی، ترجمه ی محمد علی شاهزمانیان (و) محمد حسن فیض، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۰.
- ۳- تاپینگ، ج.، خطاهای مشاهده و محاسبه ی آن، ترجمه ی محسن تدین، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۴.
- 4- Beers, Y., Introduction to the Theory of Error, Addison-wesley, 1957.
- 5- Jenkins, F.A., White, H.E. Fundamentals of Optics, 4th Ed., McGraw-Hill, 1976.
- 6- Besancon, R.M., The Encyclopedia of Physics, 3rd Ed., Van Nostrand, 1985.