دستور کار:

آزمایشگاه

«اپتیک»

ویژهٔ:

□ دانشجویان رشتهٔ

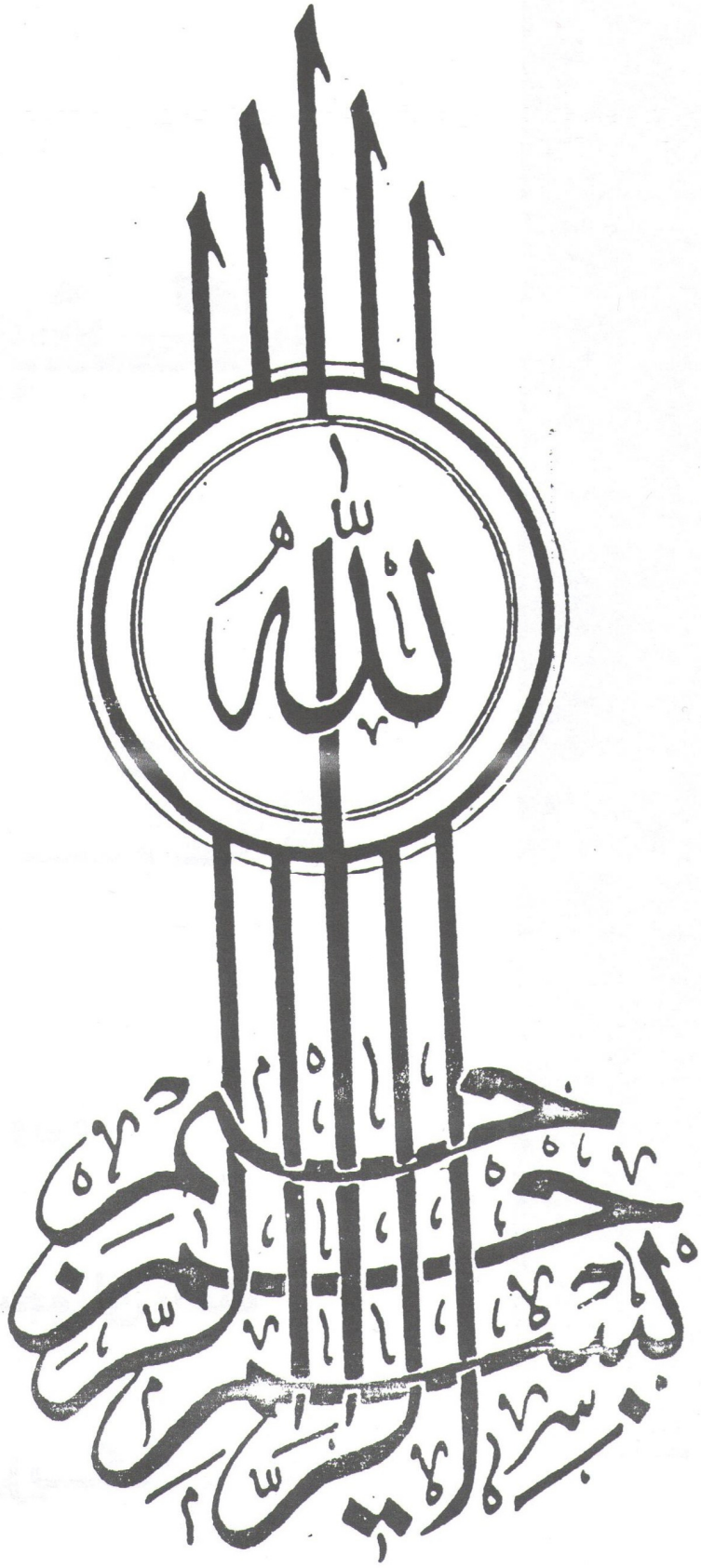
فیزیک

دانشگاه بیرجند

شکرالله محمدی

تابستان ۱۳۷۸

گروه فیزیک دانشگاه بیرجند -شکرا... محمدی


بسم الله الرحمن الرحیم

« فهرست »

عنوان	شماره صفحه
مقدمه:	ب
آزمایش شماره ۱	۱
آزمایش شماره ۲	۱۰
آزمایش شماره ۳	۱۳
آزمایش شماره ۴	۱۶
آزمایش شماره ۵ «الف»	۲۲
آزمایش شماره ۵ «ب»	۲۷
آزمایش شماره ۶	۲۹
آزمایش شماره ۷	۳۴
آزمایش شماره ۸	۳۹
آزمایش شماره ۹	۴۲
آزمایش شماره ۱۰	۴۷
آزمایش شماره ۱۱	۵۵
آزمایش شماره ۱۲	۶۱
آزمایش شماره ۱۳	۶۸

مقدمه:

جزوهٔ درس آزمایشگاه اپتیک حاضر سیزده آزمایش دارد که بر اساس سرفصل درس تهیه و تنظیم شده است. چگونگی انجام آزمایشها کامل توضیح داده شده و آموزش و کاربرد وسایل را در حالت کلی بیان نموده است.

از همکاران محترمی که اشکال و نقص جزوه قبلی را گوشزد کرده‌اند تشکر می‌کنم و همچنین از نظر همکاران و دانشجویان محترم راجع به این جزوه استقبال می‌کنم.

$$D = u_1 + v_1 = u_2 + v_2$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} \rightarrow u_1 v_1 = u_2 v_2$$

$$\rightarrow d = v - u$$

$$D^2 - d^2 = 4uv \quad , \quad f = \frac{uv}{u+v}$$

بنام خدا

آزمایش شماره ۱

a) تعیین فاصله کانونی عدسی نازک به روش جابجایی

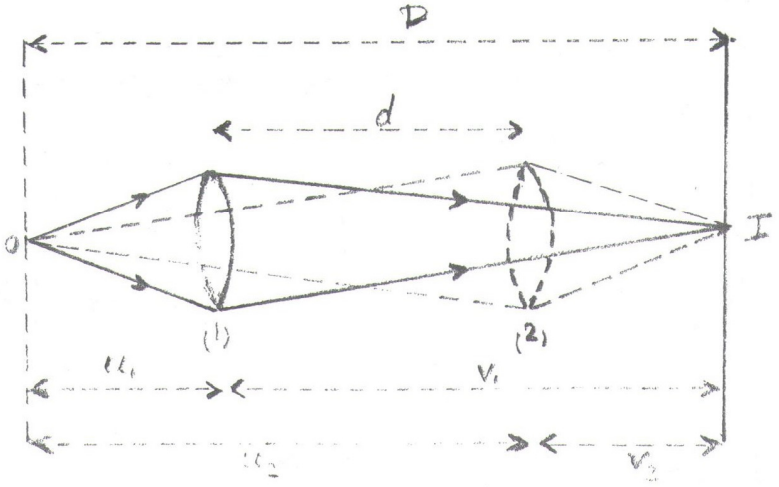
وسایل لازم: میز اپتیکی، عدسی نازک، پرده، عدسی گیر و جسم روشن

روش آزمایش: جسم روش و پرده سفید را به فاصله D از یکدیگر در روی میز اپتیکی نصب نمائید. یکی از عدسی‌های نازک همگرا را روی عدسی گیر نصب نموده و آنرا بین جسم و پرده روی میز اپتیکی قرار داده و تغییر مکان دهید، در دو وضعیت مختلف (حالت (۱) و (۲)) تصویر واضحی بر روی پرده می‌افتد. فاصله این دو حالت عدسی (d) را اندازه گیری نمائید. با داشتن d ، D فاصله کانونی عدسی از رابطه $f=\frac{D^2-d^2}{4D}$ بدست می آید.

این رابطه را با توجه به شکل (۱) به دست آورید.

فاصله کانونی دو عدسی همگرا را با استفاده از این روش بیابید.

خطای نسبی آزمایش را محاسبه نمائید.



شکل ۱: عدسی به اندازه d جابجا شده است، نقطه o چشمه و تصویر آن نقطه I روی پرده است.

b) تعیین فاصله کانونی عدسی نازک با استفاده از رسم فاصله بین جسم و تصویر (u+v) بر حسب فاصله بین جسم و عدسی (u)

وسایل لازم: میز اپتیکی، جسم روشن، عدسی نازک، پرده و عدسی گیر

روش آزمایش: عدسی را بین پرده و جسم روشن روی میز اپتیکی قرار دهید، جسم روشن را در فاصله دور از عدسی قرار دهید (u_1) و آنگاه تصویر واضح جسم را روی پرده با جابجا کردن عدسی بدست آورید. (v_1). فاصله جسم و عدسی را کاهش دهید (u_2) و آنگاه تصویر واضح جسم را روی پرده بدست آورید (v_2) مکرراً جسم را به عدسی نزدیک کنید $(u_1, u_2, ..., u_5)$ و فاصله تصویر تا عدسی را بدست آورید. $(v_1, v_2, ..., v_5)$.

اگر u فاصله جسم از عدسی و v فاصله تصویر از عدسی باشد داریم:

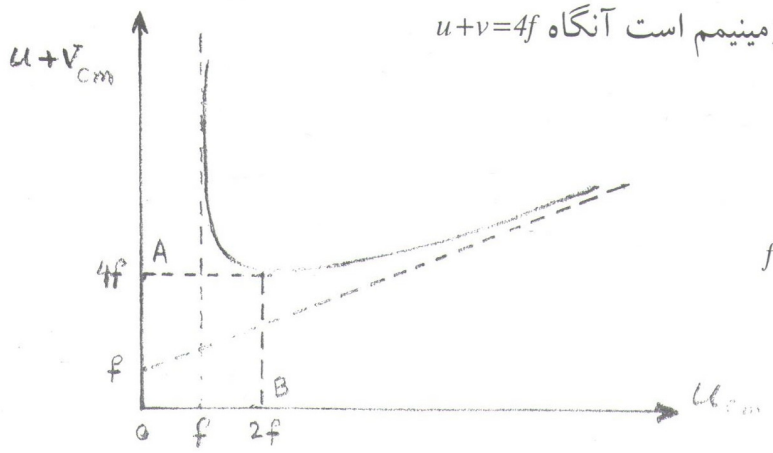
$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f} \Rightarrow u+v=\frac{u^2}{u-f}$$

$$u+v=y=\frac{u^2}{u-f}$$

معادله بالا معادله یک هیپربولا *(hyperbola)* بوده و دارای مجانب $u=f$, $y=f+u$ می‌باشد و با مشتق‌گیری نسبت به u مقدار مینیم y پیدا می‌شود.

$$y=\frac{dy}{dt}=\frac{2u(u-f)-u^2}{(u-f)^2}=0$$

اگر $u=2f$ باشد، y مینیمم است آنگاه $u+v=4f$



$$f=\frac{1}{2}OB=\frac{1}{4}OA$$

شکل ۲: نمودار $u+v$ بر حسب u

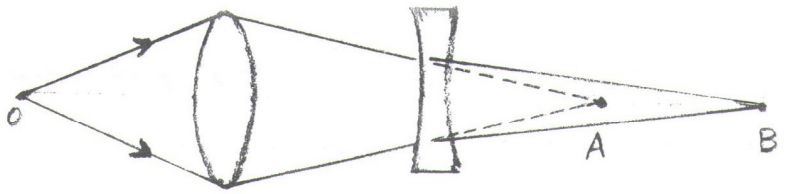
c) تعیین فاصله کانونی عدسی واگرا با استفاده از یک عدسی همگرا

وسایل لازم: میزا اپتیکی، عدسی همگرا، عدسی واگرا، جسم روشن، عدسی گیر

روش آزمایش: عدسی همگرا را بین پرده و جسم روشن قرار داده و آنقدر جابجا کنید تا تصویر واضحی از جسم روی پرده بیفتد.

محل تصویر که روی پرده تشکیل شده است، معین کنید *(A)* پس عدسی واگرا را بین عدسی همگرا و پرده قرار دهید، پرده را جابجا کنید (از عدسی واگرا دور کنید) تا تصویر واضحی از جسم روشن روی آن داشته باشید *(B)*.

فاصله محل اول پرده *(A)* تا عدسی واگرا که فاصله جسم مجازی تا عدسی است برابر u است، فاصلهٔ محل دوم پرده *(B)* تا عدسی واگرا، v فاصله تصویر تا عدسی است.



شکل ۳: فاصله کانونی عدسی واگرا با استفاده از عدسی همگرا

مقدار u و v اندازه بگیرید. فاصله کانونی از رابطه $\frac{-1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{-1}{f}$ پیدا می‌شود. اندازه‌گیری را دوبار تکرار کنید و میانگین‌گیری نمایید. این آزمایش را برای دو عدسی واگرا تکرار کنید.

d) بررسی قانون عدسی‌ها:

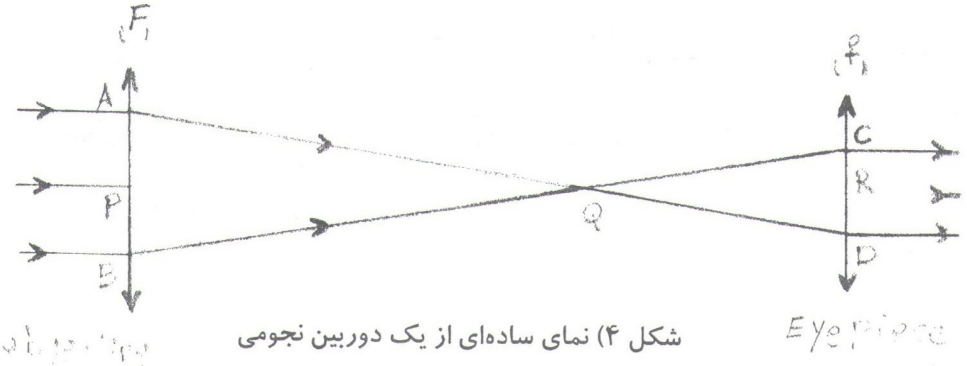
یک ورق کاغذ میلیمتری روی پرده نصب کنید، عدسی همگرا را بین جسم و پرده قرار دهید، فاصله کانونی عدسی (f) معین و با جابجایی آن تصویر واضح روی پرده ایجاد میشود، فاصله جسم (u) و تصویر آن را v در نظر بگیرید با دانستن v,u,f رابطه زیر را تحقیق کنید.

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

در هر مرحله با اندازه گیری طول تصویر رابطه $m=\frac{y'}{y}$ را تحقیق نمایید. m بزرگنمایی خطی میباشد. فاصله‌های لازم را دو مرتبه اندازه گیری نمایید و میانگین‌گیری نمایید.

f) دوربین نجومی:

دو عدسی همگرا یکی با فاصله کانونی زیاد و شیئی و دیگری با فاصله کانونی کم (چشمی) انتخاب و بر روی میز اپتیکی طوری قرار دهید که فاصله آنها برابر مجموع فواصل کانونی دو عدسی باشد. این سیستم تشکیل یک دوربین نجومی می‌دهد. از پشت عدسی چشمی به اجسامی که در فاصله زیاد از سیستم قرار گرفته نگاه کنید، با حرکت دادن عدسی چشمی به سمت عدسی شیئی تصویر واضح را تشکیل دهید. درشت نمایی سیستم را محاسبه نمایید.



شکل ۴) نمای ساده‌ای از یک دوربین نجومی

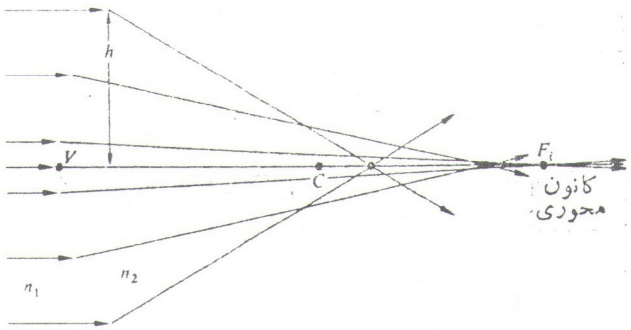
$$\text{توان بزرگنمایی}=\frac{F}{f}=\frac{AB}{CD}=\frac{diameter\ of\ obgective}{Width\ of\ exit\ pupil}$$

ابیراهی عدسیها:

دستگاه نوری ایده‌ال باید از اجسام تصاویری تشکیل بدهد که کاملاً متناظر با جسم باشند اختلاف تصویر واقعی که دستگاه تشکیل میدهد از تصویر ایده‌ال را ابیراهی گویند. دو رده بندی عمده برای ابیراهیها وجود دارد. ابیراهیهای رنگی (ناشی از این امر که ضریب شکست عملاً تابعی از بسامد یا رنگ باشد) و ابیراهیهای تکرنگ. نوع اخیر حتی با نوری که شدیداً تکرنگ است روی میدهد. ابیراهیهای تکرنگی، مانند ابیراهی کروی انحراف کانونی و آستیگماتیسم وجود دارند که تصویر را خراب و تار می‌کنند افزون بر این،ابیراهیهایی وجود دارند که تصویر را تغییر میدهند. مثل خمیدگی میدان پتزاول و واپیچش.

۱- ابیراهی کروی:

وقتی پرتوهای موازی به سطوح کروی یا عدسی برخورد کنند پرتوهایی که در فواصل دورتر در بالای محور به سطح یا عدسی برخورد می‌کنند در فاصله نزدیکتر به راس یا مرکز کانونی می‌شوند به طور خلاصه برای پرتوهای غیر پیرا محوری ابیراهی کروی با یک وابستگی فاصله کانونی به روزنه متناظر است در مورد یک عدسی همگرا پرتوهای کناری در واقع بیشتر خم خواهند شد و زودتر از پرتوهای پیرا محوری کانونی می‌شوند بنابراین از یک جسم نقطه‌ای تصویر نقطه‌ای تشکیل نمی‌شود.



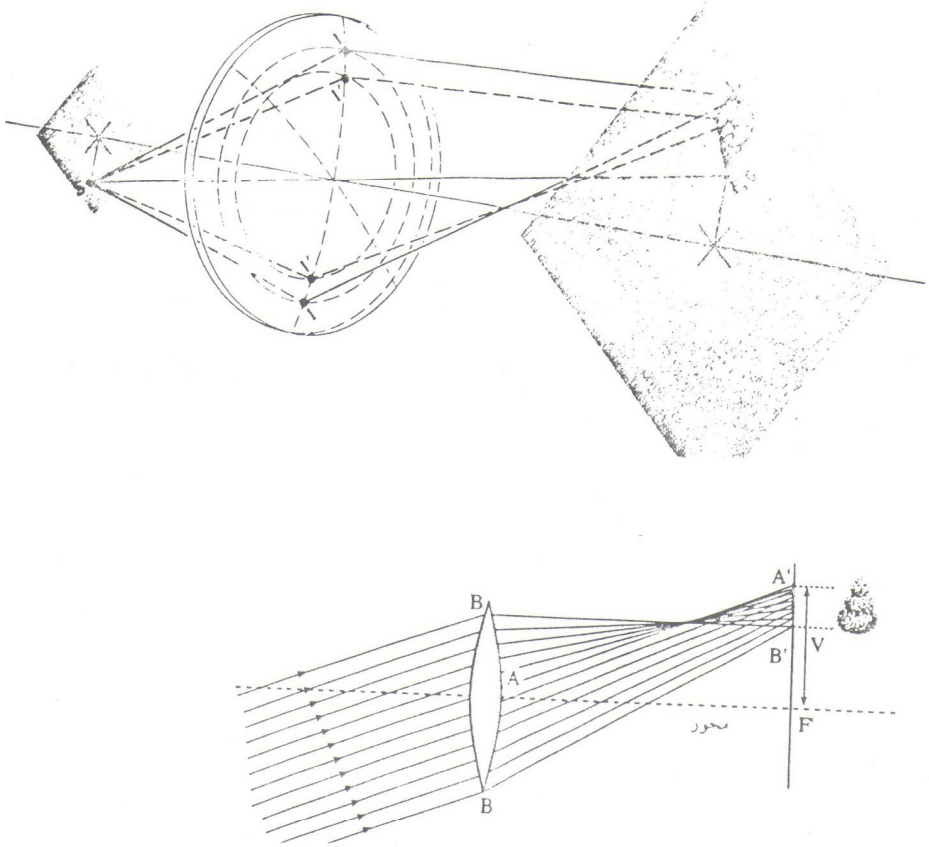
شکل ۱۲.۶ ابیراهی کروی حاصل از شکست در یک سطح مشترک منفرد.

شکل ۵) ابیراهی کروی

۲- ابیراهی کانونی (کوما) :

کوما یا ابیراهی کوماتیک یک ابیراهی ابتدایی، تکرنگ و تار کنندهٔ تصویر است. اگر جسمی در فاصله کمی از محور اصلی عدسی باشد تصویر آن واضح نیست و اگر این جسم یک نقطه نورانی باشد تصویر آن به شکل ستارهٔ دنباله دار است. هنگامی که دسته پرتو مایل از جسم به عدسی بتابد و نقطه تصویر خارج از محور عدسی باشد کوما آشکار خواهد شد.

مشاهدهٔ کوما کار ساده‌ای است در حقیقت، هر کس که نور خورشید را با عدسی مثبت ساده‌ای کانونی کرده باشد بی گمان آثار این ابیراهی را دیده است. یک کجی جزئی عدسی به طوری که پرتوهای تقریباً موازی شده‌ای که از خورشید می‌آیند با محور نوری زاویه‌ای بسازند، باعث خواهد شد که لکهٔ کانونی شده به شکل لکه‌ای دنباله دار زبانه بکشد.

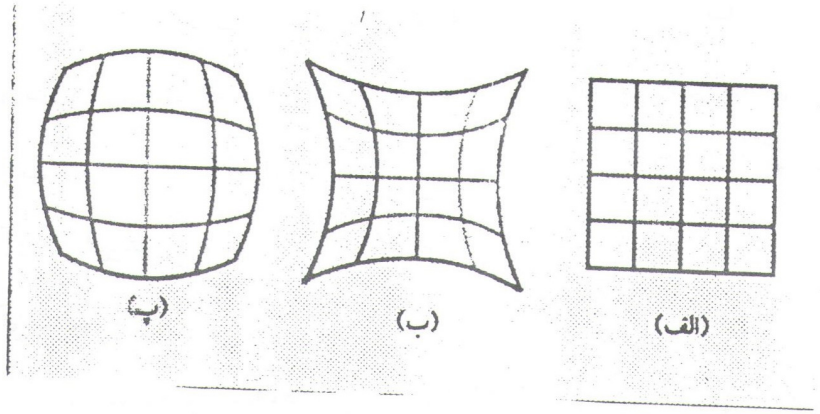


شکل ۶) ابیراهی کانونی

واپیچش:

منشاء این نوع ابیراهی در این واقعیت نهفته است که درشتنمایی عرضی می‌تواند تابعی از فاصله خارج محوری تصویر y_i باشد اگر هیچگونه ابیراهی دیگری وجود نداشته باشد این ابیراهی به عنوان یک کل به صورت یک بد شکلی تصویر جلوه می‌کند هنگامی که در یک دستگاه نوری واپیچش مثبت یا واپیچش بالشی به وجود آمده باشد، یک آرایه مربعی مانند به صورت شکل ۷ (ب) در می‌آید. در این حالت، هر نقطه تصویر از مرکز به طور شعاعی به طرف بیرون جابجا شده و دورترین نقاط بیشترین جابجایی را انجام می‌دهند. واپیچش منفی یا بشکه‌ای متناظر با وضعیتی است که بزرگنمایی عرضی به تناسب فاصله محوری کاهش یافته و در واقع هر نقطه تصویر به طور شعاعی به سوی مرکز حرکت می‌کند.

عدسیهای تقریباً نازک اساساً هیچ گونه واپیچش نشان نخواهند داد در حالی که عدسیهای ضخیم و ساده مثبت یا منفی معمولی به ترتیب دارای واپیچش مثبت یا منفی خواهند بود.



شکل (۷) واپیچش

آزمایش ۳:

یک توری فلزی را به عنوان شیء در نظر بگیرید و در مقابل چشمه قرار دهید. تصویر این توری را روی پرده‌ای که در پشت عدسی همگرایی ($10\ cm$) قرار گرفته بدست آورید. روزنه‌ای را بین جسم و عدسی جابجا کنید. تصویر چگونه می‌شود؟ بار دیگر روزنه را بین تصویر و عدسی جابجا کنید در این حالت تصویر را چگونه می‌بینید؟ اگر قطر روزنه تغییر یابد چه اتفاقی می‌افتد؟

روزنه را حذف کنید. پرده را به عدسی دور و نزدیک کنید، تصویر چه تغییری خواهد کرد؟

آزمایش ۴:

عدسی همگرای ($10\ cm$) را در مقابل پرتوهای موازی قرار دهید. به وسیله فیلتر قرمز نور قرمز تهیه کنید. پرتوهای نور قرمز را به آن بتابانید و کانون مربوط به پرتوهای قرمز را پیدا کنید. پرتوهای نور بنفش را به آن بتابانید و کانون مربوط را بدست آورید. فواصل کانونی را هر بار اندازه گیری کنید و با تفاضل آنها ، ابیراهی رنگی طولی را محاسبه کنید. پرده تصویر را بین دو کانون قرار دهید و تغییرات رنگ را در تصویر بدست آماده یاداشت کنید.

به سوالهای زیر پاسخ دهید.

۱ - ابیراهی آستیگماتیسم چیست؟

۲ - برای کاهش اثر واپیچش باید چه تدبیری اتخاذ کرد.

بنام خدا

آزمایش شماره ۲

اندازه‌گیری ضریب شکست تیغه متوازی السطوح و اندازه‌گیری ضریب شکست مایع

الف) اندازه‌گیری ضریب شکست تیغه متوازی السطوح

روش آزمایش:

تیغه شیشه‌ای (تیغه (۱)) راکه روی آن چند خط بعنوان جسم کشیده شده (نقطه p یکی از نقاط واقع روی خطوط است) زیر میکروسکوپ ورنیه دار قرار دهید. تصویر واضح خطوط روی شیشه را بدست آورید. در این حال عدسی شیء میکروسکوپ در سطح (۱) و عددی که ورنیه میکروسکوپ نشان میدهد یادداشت کنید (x_1). اکنون شیشه‌ای (تیغه (۲)) راکه هدف تعیین ضریب شکست آن است روی تیغه اولی بگذارید بدیهی است در این حالت تصویر واضحی که از خطوط روی تیغه اولی داشتید محو یا کدر خواهد شد،

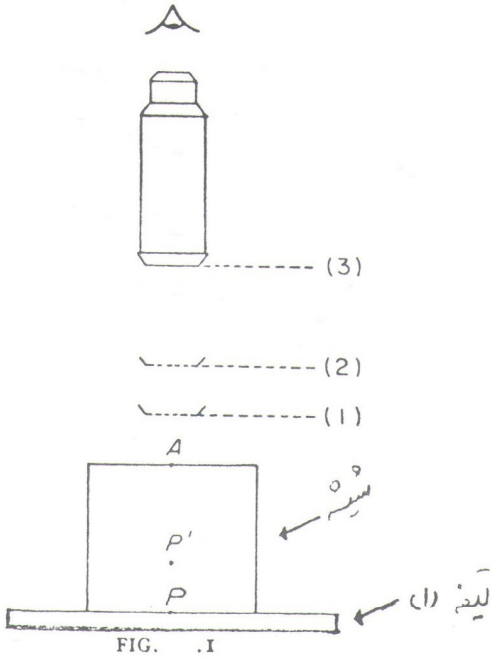


FIG. .1

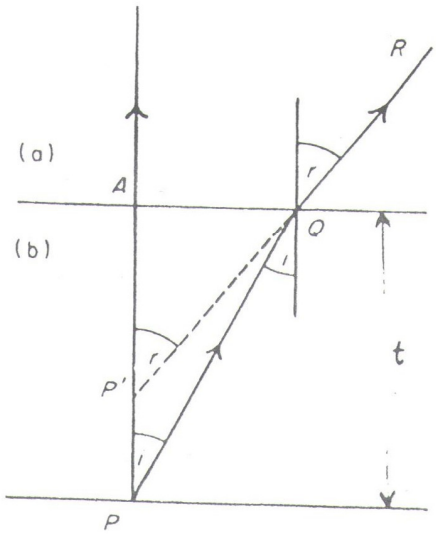


FIG. .2

زیرا تصویر که شیشه دومی از جسم (همان خطوط روی شیشه اولی) میدهد به میکروسکوپ نزدیک می‌شود. بنابراین تنظیم میکروسکوپ را برای این تصویر باید بدست آورید بوسیله پنج میکرومتری لوله میکروسکوپ را بالا ببرید تا تصویر نهایی واضح دیده شود. در وضعیت جدید (عدسی شیء در سطح (۲) است) ورنیه میکروسکوپ را بخوانید (x_2) . در این حال اختلاف درجه ورنیه در دو حالت

$$x_2-x_1=p'p=d$$

جابجایی جسم و تصویر در تیغه متوازی السطوح میباشد اکنون بهترین وضوح تصویر را در میکروسکوپ دارید.

جهت تعیین کلفتی تیغه (۲) $PA=t$ بصورت زیر عمل کنید.

میکروسکوپ و تیغه‌های زیر آنرا جابجا نکنید، فقط روی تیغه (۲) چند خط بکشید (نقطه A یک از نقاط واقع روی خطوط میباشد) پنج میکرومتری میکروسکوپ را بچرخانید تا لوله میکروسکوپ بالا آید و تصویر واضحی از نقاط واقع روی تیغه همانند نقطه A داشته باشید و در این حالت عدسی شیء میکروسکوپ در سطح (۳) است. عددی راکه ورنیه میکروسکوپ نشان‌می‌دهد یاداشت‌نمایید (x_3).

$$x_3-x_1=PA=t$$

کلفتی تیغه (۲) میباشد مطابقه شکل ۲ داریم: $AQ=t\tan i=(t-d)\tan r$

از طرفی بنا به رابطه دکارت در شکست نور داریم: $\sin r=n\sin i$

اگر زاویه‌ها راکوچک فرض کنیم بنابراین خواهیم داشت: $\tan r=n\tan i$

$$t\tan i=n(t-d)\tan i \Rightarrow n=\frac{t}{t-d}$$

این آزمایش را دو بار تکرار کرده و نتایج را در گزارش کارتان بنویسید و میانگین ضریب شکست تیغه (۲) را بدست آورید. خطای نسبی n را بدست آورید.

ب) ضریب شکست پلکسی گلاس (استوانه شفاف) را بدست آورید (از روش قسمت اول)

ج) تعیین ضریب شکست مایع:

ابتدا ظرف مکعب شکل را بدون مایع و در حالی که یک لکه قرمز (با خودکار قرمز چند خط بکشید) در داخل ظرف و در کف آن ایجاد کرده‌اید زیر میکروسکوپ قرار دهید و در این حال با تغییر پیچ میکروسکوپ تصویر واضح این لکه را مشاهده کنید و عدد ورنیه را یاداشت کنید (x_1). سپس در ظرف حدود سه سانتی متر آب بریزید و در این حال با تغییر پنج میکرومتری میکروسکوپ تصویر واضحی از لکه قرمز کف ظرف تشکیل دهید. درجه ورنیه را بخوانید و یاداشت نمائید (x_2). کمی براده چوب روی آب ریخته و مجدداً تصویر واضح سطح آب را که براده چوب دارد بوسیله تغییر پنج میکرومتری بدست آورید. عددی که ورنیه نشان میدهد یادداشت نمائید (x_3)

ارتفاع آب $X_3-x_1=t$

جابجایی جسم و تصویر $x_2-x_1=d$

با داشتن مقدار d و t از رابطه زیر ضریب شکست مایع را بدست آورید.

$$n=\frac{t}{t-d}$$

به سوالهای زیر در گزارش کار تان پاسخ دهید:

۱ـ چگونه دقت اندازه گیری n را بیشتر خواهید کرد؟

۲ـ ضریب شکست یک جسم به چه کمیتهای وابسته است؟

۳ـ چه روشی برای اندازه گیری ضریب شکست یک گاز یا هوا پیشنهاد می‌کنید؟

۴ـ خطای نسبی آزمایش را بدست آورید؟

بنام خدا

آزمایش شماره ۳

گوه هوا

هدف: تعیین ضخامت ورقه بسیار نازک بوسیله گوه هوا و مشاهده پدیده تداخل امواج نورانی در گوه هوا

وسایل لازم: میکروسکوپ متحرک، سطح شیشه‌ای، لامپ سدیم، تیغه شیشه‌ای نازک

تئوری آزمایش:

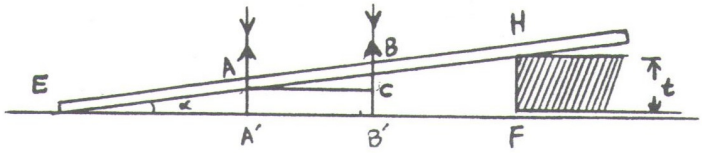
اگر یک دسته پرتو نوری به یک گوه هوا بتابد، شعاع منعکس شده از سطح زیرین A و شعاع انعکاسی از سطح شیشه بالایی A' با یکدیگر تداخل میکنند و نوارهای تاریک و روشن تشکیل میدهند. نقطه B محل تشکیل فرانژ بعدی میباشد. بطوریکه $A'B'=i$ فاصله دو فرانژ متوالی میباشد.

با توجه به دو مثلث متشابه ABC, EFH داریم:

$$tan\alpha=\frac{BC}{AC}=\frac{BC}{A'B'}=\frac{BC}{i}=\frac{\lambda}{2i}$$

$$tan\alpha=\frac{t}{EF}=\frac{t}{l}$$

$$\frac{t}{l}=\frac{\lambda}{2i} \longrightarrow t=\frac{l\lambda}{2i} \qquad (1)$$



شکل (۱) نمای یک گوه هوا

t ضخامت ورقه نازک و λ طول موج نور سدیم، i فاصله دو فرانژ متوالی است.

روش آزمایش:

مطابق شکل (۲) ورقه نازک (یک برگ کاغذ) را بین یک تیغه شیشه‌ای و سطح شیشه میکروسکوپ قرار دهید و یک تیغه شیشه دیگر را با زاویه حدود ۴۵ درجه نسبت به سطح قائم بقسمی قرار دهید که نور لامپ به این تیغه برخورد کند و تصویر

لامپ را در امتداد قائم مشاهده نمایید.

میکروسکوپ را توسط پیچ‌های میکرومتریش طوری تنظیم کنید که فرانژهای خطی واضح دیده شوند و آنگاه رتیکول دوربین میکروسکوپ را بر یک فرانژ منطبق کرده و عددی که ورنیه میکروسکوپ نشان میدهد یاداشت نمایید (x_1). سپس دوربین میکروسکوپ را توسط پیچ میکرومتری در جهت افق حرکت دهید تا رتیکول بر فرانژ دهم منطبق شود (شما ده فرانژ را از جلو دوربین عبور داده‌اید) عددی که ورنیه میکوسکوپ نشان میدهد یادداشت نمایید (x_2).

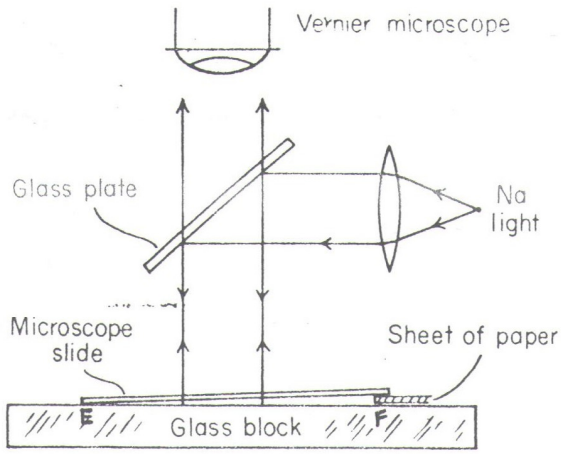


FIG. 38.2

شکل ۲ طرز قرار گرفتن میکروسکوپ و گوه هوا $N\ cm$

فاصله ده فرانژ $= x_2-x_1$　　فاصله یک فرانژ $i=\frac{x_2-x_1}{10}$

فاصله EF را توسط میکروسکوپ اندازه گیری نمائید. ($EF=\ell$) با معلوم بودن طول موج نور سدیم ($\lambda=۵۸۹۳\ \mathring{A}$) و با استفاده از رابطه (۱) ضخامت ورقه را محاسبه نمایید.

خطای نسبی ضخامت ورقه نازک را بدست آورید.

پاسخ سوالهای زیر را در گزارش کارتان بنویسید.

۱ـ با استفاده از این آزمایش چگونه ضریب شکست یک مایع را اندازه می‌گیرید؟

۲ـ اگر در آزمایش از نور معمولی استفاده کنید، فرانژ خطی را مشاهده خواهید کرد؟ چرا؟

۳ـ چرا فرانژهای مشاهده شده خطی است؟

بنام خدا

آزمایش شماره ۴

بنیاب نمای منشوری

هدف آزمایش: اندزه گیری زاویهٔ رأس منشور، ضریب شکست شیشه منشور با استفاده از طیف سنج، رسم منحنی پاشیدگی (*Dispersoin*) و محاسبه ضرایب گوشی

تئوری آزمایش: در یک منشور، ضریب شکست وابسته به طول موج نور تابشی است. اگر نوری شامل چندین طول موج باشد و از منشور عبور کند طول موجهای مختلف این نور از هم جدا شده و نوری که طول موج کوتاهتر داشته باشد. بیشتر از نوری که طول موج بلندتر دارد، منحرف می‌شود. اگر منشور برای یک طول موج در حالت مینیمم انحراف باشد، ضریب شکست منشور برای آن طول موج از رابطه (۱) بدست می آید.

ϕ زاویه رأس منشور و ψ_m زاویه مینیمم انحراف و n ضریب شکست می‌باشد.

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(\psi_m - \phi)}{\sin\frac{\phi}{2}}$$

طبق رابطه گوشی ضریب شکست یک جامد از رابطه (۲) بدست می آید.

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \ldots \qquad (2)$$

a، b و c ضرایب ثابت و λ طول موج نور است. در عمل از ضرایب c به بالا صرفنظر می‌کنند و رابطه گوشی را به صورت زیر مورد استفاده قرارمیدهند. (3) $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$

چون ضریب شکست وابسته به طول موج است نور هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود و بنیاب حاصل متناسب با فاصله، توزیع نمی شود بلکه فاصله هر خط از یک مبدأ دلخواه x از رابطه تجربی (۴) بدست می آید.

$$x = a' + \frac{b'}{\lambda^2} \qquad (4)$$

a' و b' ثابت اند و به جنس منشور بستگی دارد.

از مشخصات بنیاب نما توان جداکنندگی آن است دو طول موج λ و $\lambda+d\lambda$ هنگامی قابل تفکیک هستند که ماکزیمم یکی بر مینیمم دیگری منطبق باشد توان جداکنندگی از رابطه (۵) بدست می آید.

$$R=\frac{\lambda}{\Delta\lambda} \qquad (۵)$$

پاشندگی در یک منشور از رابطه (٦) بدست می آید.

$$\frac{d\theta}{d\lambda}=\frac{d\theta}{dn}\frac{dn}{d\lambda}=\frac{t}{A}\frac{dn}{d\lambda} \qquad (٦)$$

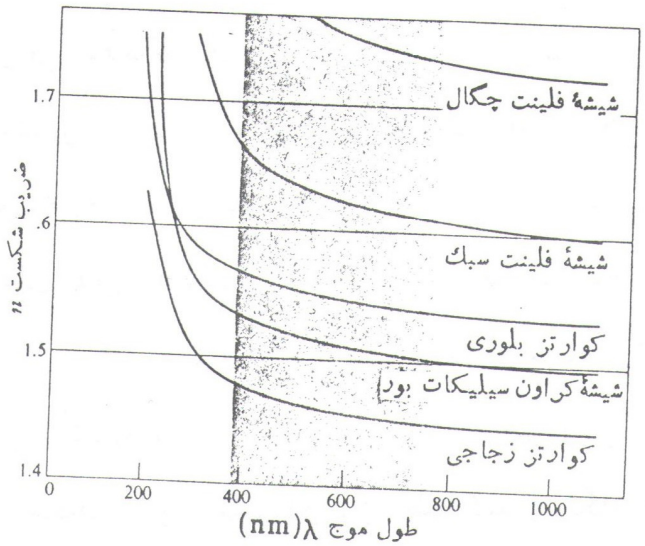
t طول قاعده منشور و A پهنای نوار منحرف شده در خروج از منشور است.

با استفاده از رابطه گوشی داریم: $\frac{dn}{d\lambda}=-2\frac{b}{\lambda^3}$

$$\frac{d\theta}{d\lambda}=-\frac{2t}{A}\times\frac{b}{\lambda^3}$$

$$R=\frac{\lambda}{\Delta\lambda}=t\frac{dn}{d\lambda}$$

با استفاده از شیب منحنی پاشندگی می‌توان توان جداکنندگی منشور را بدست آورده منشورهائی با جنس‌های مختلف دارای توان جداکنندگی مختلف هستند در شکل زیر منحنی پاشنگی چند ماده رسم شده است.



شکل ۱) طول موج مواد گوناگون به ضریب شکست بستگی دارد.

الف) اندازه گیری زاویه رأس منشور

روش آزمایش:

ابتدا طیف نما را به صورت زیر تنظیم کنید و سپس اندازه گیریهای لازم را انجام دهید.

۱- عدسی چشمی دوربین را طوری تنظیم کنید که تصویر خطوی متقاطع بخوبی دیده شود.

۲- دوربین را برای نور موازی میزان کنید (آنرا متوجه جسم دوری نمایید و تصویر آنرا واضح کنید) در این حالت نباید بین خطوط مقتاطع که از داخل چشمی دیده می‌شود و تصویری که از درون دوربین دیده میشود پارالکس (اختلاف منظر) وجود داشته باشد.

۳- منبع نور را نزدیک شکاف کولیماتور قرار داده و سپس از قرار دادن دوربین در امتداد لوله کولیماتور تصویر دقیق شکاف را در آن ببینید و یقین حاصل کنید که بین تصویر شکاف کولیماتور و خطوط متقاطع چشمی پارالکس وجود ندارد.

۴- تخت منشور را توسط پیچ‌های زیر آن تراز کنید و سپس منشور را روی آن طوری قرار دهید که یکی از رئوس آن در مقابل کلیماتور قرار گرفته باشد و سطح مات منشور به طرف دو پیچ نگهدارنده منشور باشد. شکل (۲)

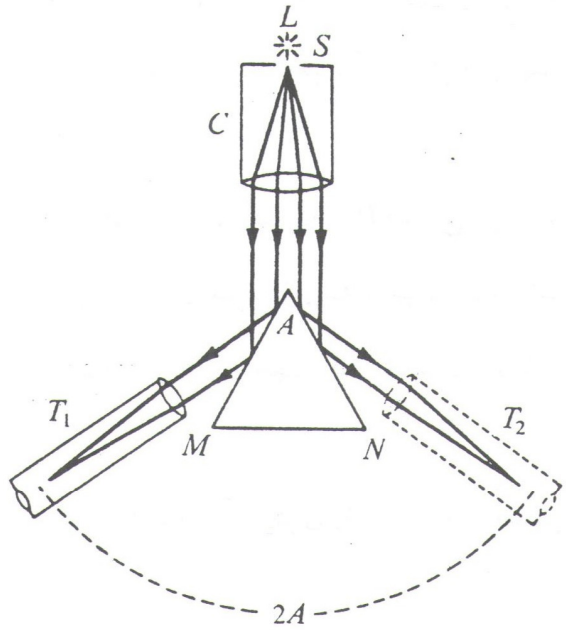
۵- نور خارج شده از کلیماتور به راس منشور تابیده و دو وجه منشور نور را در راستاهای T_1 و T_2 بازتاب می‌کند، با چشم نورهای بازتاب شده را مشاهده کنید.

۶- دوربین را در راستای T_1 قرار دهید و تصویر شکاف را بر رتیکول دوربین منطبق کنید و آنگاه زاویه ψ_1 را بخوانید. مجدداً دوربین را در راستای T_2 قرار دهید و تصویر شکاف را بر رتیکول دوربین منطبق کنید و آنگاه زاویه ψ_2 را از همان محل قبلی که ψ_1 را خوانده‌اید بخوانید.

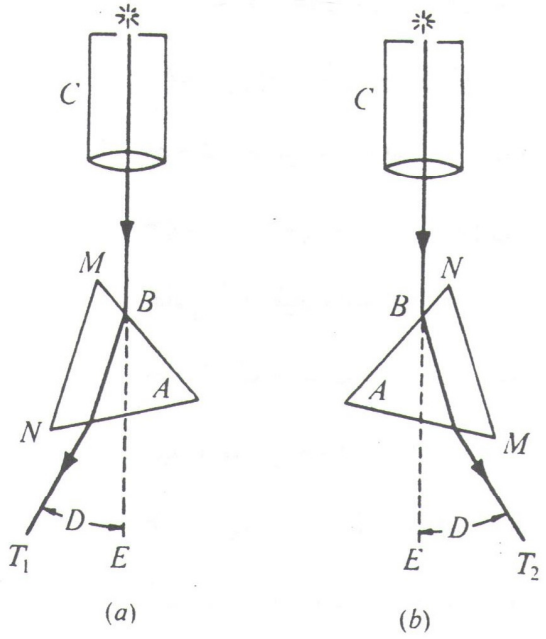
$$\phi = \frac{۳۶۰ - \psi_۱ + \psi_۲}{۲}$$

یا

$$\phi = \frac{\psi_۱ - \psi_۲}{۲}$$



شکل (۲) اندازه‌گیری زاویه راس منشور



شکل (۳) اندازه‌گیری مینیمم انحراف و مشاهده طیف‌های رنگی

ب) اندازه گیری زاویه مینیمم انحراف و ضریب شکست منشور:

برای مشاهده طیف‌های رنگی و اندازه گیری زاویه مینیمم انحراف بترتیب زیر عمل کنید:

۱ـ تخت منشور را تقریباً به اندازه ۹۰ درجه بچرخانید تا منشور در وضعیتی همانند شکل (۳) (*a* یا *b*) قرار گیرد. حال اگر در راستای T_1B (یا T_2B) بدون دوربین نگاه کنید طیف‌های رنگی را مشاهده خواهید کرد. دوربین را در راستای T_1B (یا T_2B) قرار دهید و طیف‌های رنگی را با دقت بیشتر مشاهده کنید. با تغییر شکاف و جابجایی عدسی کلیماتور طیف‌های تیزی را بدست آورید. رنگ طیف‌های لامپ سدیم را یادداشت کنید.

۲ـ بدون تغییر کلیماتور، منشور و دوربین لامپ سدیم را با لامپ جیوه عوض کنید و طیف‌های رنگی جیوه را مشاهده کنید.

۳ـ رتیکول دوربین را بر طیف سبز (لامپ جیوه) منطبق کنید. حال تخت منشور را به آهستگی بچرخانید و در همین حال با دوربین طیف سبز را تعقیب کنید (به جهت چرخش منشور، دوربین وطیف دقت کنید).

جهت چرخش منشور و دوربین را طوری انتخاب کرده‌اید که زاویه D کم می‌شود. در حالتی که طیف سبز (با حرکت تخت منشور) متوقف شود، زاویه مینیمم انحراف حاصل شده است با چرخش بیشتر تخت منشور (در همان جهت قبلی) جهت حرکت طیف عوض خواهد شد.

۴ـ زاویه مینیمم انحراف نور سبز را که حاصل کردید و رتیکول را بر نور سبز منطبق کنید و زاویه را توسط ورنیه خوانده و یادداشت نمائید.

۵ـ دوربین را بچرخانید (منشور را نچرخانید) و رتیکول را بر تک تک طیف‌های منطبق کنید و زاویه هر یک را بخوانید. $(\psi_1 , \psi_2 , \psi_3 , ...)$

٦ـ حال منشور را بر دارید و دوربین را در راستای E قرار دهید و زاویه را (از همان محل قبلی) بخوانید. (ψ_0)

زاویه مینیمم انحراف را برای تمام طیف‌ها از رابطه‌های زیر بدست آورید.

$$\psi_{m_1} = |\psi_1 - \psi_0|$$

$$\psi_{m_2} = |\psi_2 - \psi_0|$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

ψ_m ها را در جدولی یادداشت کرده و از رابطه زیر n را برای هر رنگ بدست آورید.

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(\psi_m - \phi)}{\sin\frac{\phi}{2}}$$

۷ـ الف) منحنی n را بر حسب λ برای لامپ جیوه رسم کنید.

ب) از رسم منحنی n بر حسب $\frac{1}{\lambda^2}$ ضرایب گوشی (b,a) را بدست آورید.

ج) $\frac{dn}{d\lambda}$ را برای خط آبی و زرد بدست آورید.

د) توان جداکنندگی را برای این منشور بدست آورید.

ه) در صورتیکه منشور تو خالی در اختیار دارید می‌توانید ضریب شکست مایعات مختلف را بدست آورید.

ج) پراکندگی خطی

چراغ هلیوم یا کادمیوم را روشن کنید و در مقابل شکاف موازی ساز قرار دهید. پهنای شکاف و دوربین را تغییر دهید تا نوارهای رنگی واضح و ظریفی بدست آید. چراغ رومیزی را روشن کرده و در مقابل لولهٔ میکرومتر قرار دهید به قسمی که تصویر خط کش میلیمتری در دوربین مشاهده شود. پیچ لوله میکرومتری را به چرخانید. خط کش افقی را آنقدر تغییر مکان دهید که درجه ۱۰ آن بر خط زرد هلیوم منطبق شود این پیچ را محکم کنید و به این پیچ دیگر دست نزنید.

الف) مقدار انحراف مربوط به هر رنگ هلیوم را یادداشت کنید. (X)

ب) منحنی X را بر حسب λ^{-2} رسم کنید.

ج) با استفاده از رسم منحنی X بر حسب $\frac{1}{\lambda^2}$ ضرایب a' و b' با بدست آورید.

چراغ کادمیوم را روشن کنید و بجای چراغ هلیون قرار دهید، X های مربوط به خطوط طیف را یادداشت نمائید. با استفاده از منحنی آزمایش قبل طول موجهای کادمیم را بدست آورید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۵ «الف»

توری کسیلی

هدف آزمایش:

اندازه گیری d (فاصله دو شکاف متوالی توری) تعیین طول موج و اندازه گیری تفاومت دو خط زرد سدیم.

وسایل آزمایش: اسپکترمتر، توری پراش، لامپ جیوه، لامپ سدیم.

تئوری آزمایش: توری از خطوط بسیار ظریف و موازی که روی یک سطح شفاف کشیده شده‌اند تشکیل شده است اگر یکدسته نور موازی تحت زاویه (i) به توری بتابد و تحت زاویه θ از توری خارج شوند برای نقاط روشن اختلاف راه نوری مضرب صحیحی از λ خواهد بود اگر توری N شکاف داشته باشد که پهنای هر شکاف b و جدایی آنها از یکدیگر d باشد با استفاده از محاسبه انتگرال پراش تابندگی از رابطه:

$$I=I_o(\frac{sin\beta}{\beta})^2\ (\frac{sinN\gamma}{Nsin\gamma})^2$$

بدست می آید که در آن $\beta=\frac{1}{2}Kbsin\theta$ و $\gamma=\frac{1}{2}Kdsin\theta$

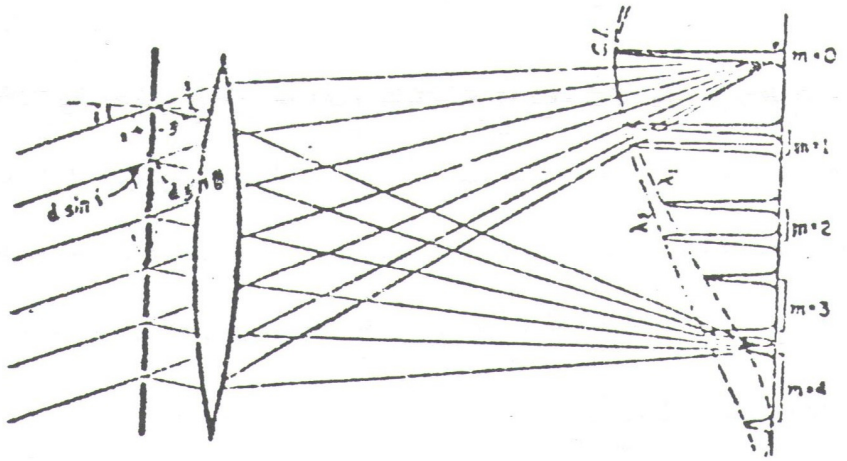
می‌باشد بیشینه‌های اصلی در $\gamma=mn$ که در آن $m = 0\ ,\ 1\ ,\ 2\ ,\ \ldots$ روی میدهد

$$\gamma=mn=\frac{1}{2}Kdsin\theta=\frac{2\pi}{2\lambda}dsin\theta$$

$$m\lambda=dsin\theta$$

رابطه فوق همبستگی میان طول موج و زاویه پراش را بدست می‌دهد. عدد صحیح m را ردیف پراش می‌نامند در صورتی که $i\neq0$ باشد همبستگی میان طول موج و زاویه پراش و تابش به صورت زیر است.

$$d(sini\pm sin\theta)=m\lambda$$



شکل (۱)

تصویری که به ازای $m=0$ در مرکز تشکیل می‌شود تصویر مرتبه صفرم، در این تصویر طیفی وجود ندارد.

ولی به ازای $m=1$ تصویر مرتبه اول تشکیل میشود و اگر نور تابیده دوفامی باشد دو طیف رنگی در این تصویر وجود دارد.

شرح دستگاه ـ اسپکترومتر تشکیل شده است از:

۱ـ کلیماتور: کلیماتور لوله‌ای است که در جلو آن شکاف قابل تنظیمی قرار دارد بطوریکه این شکاف در سطح کانونی عدسی کوژی که در انتهای کلیماتور واقع است قرار دارد. پرتوهایی که به شکاف می‌رسند به طور موازی از کلیماتور خارج میشوند.

۲ـ میز منشور یا توری: این میز حول محوری که از مرکز آن می‌گذرد می‌چرخد و میزان چرخش توسط صفحه مدرج خوانده میشود.

۳ـ تلسکوپ: دوربین از یک عدسی شیئی و یک عدسی چشمی تشکیل شده است دسته پرتوهای موازی به عدسی شیئی برخورد می‌کنند و در سطح کانونی F آن جمع میشوند. سطح کانون عدسی چشمی نیز در همان نقطه F است در نتیجه تصویری که از F تشکیل شده است در بی نهایت مشاهده میشود. این دوربین حول محوری که از

مرکز میز منشور می‌گذرد می‌چرخد و زاویه چرخش آن توسط صفحه مدرج نشان داده میشود.

۴- صفحه مدرج: این دستگاه دارای دو ورینه است یکی مربوط به میز منشور (یا توری) و دیگری مربوط به دوربین است. صفحه مدرج به ۳۶۰ درجه تقسیم شده و هر درجه ۳ قسمت شده است بنابراین کمترین قسمت روی صفحه مدرج ۲۰ دقیقه میباشد. ورنیه کنار این صفحه به چهل قسمت تقسیم شده است.

$$\text{دقت اندازه گیری زاویه} = \frac{\text{۲۰ دقیقه}}{\text{۴۰ قسمت}} = \text{۰/۵ دقیقه}$$

با کمک ورنیه کنار صفحه مدرج زاویه‌ها با دقت نیم دقیقه اندازه گیری می‌شود.

روش آزمایش:

توری را کاملاً عمود بر نور تابشی قرار دهید. برای این منظور بترتیب،اعمال زیر را انجام دهید.

۱- دوربین را در امتداد کلیماتور قرار دهید و تصویر شکاف را به صورت واضح تنظیم کنید. بنابراین نوار کم عرضی را مشاهده خواهید کرد. نوار روشن را روی رتیکول دوربین بیاورید و آنگاه زاویه دوربین را با دقت ورنیه آن بخوانید.

۲- دوربین را به اندازه ۹۰ درجه بچرخانید و دوربین را قفل کنید.

۳- توری را روی میز مربوط قرار داده و میز را بچرخانید تا تصوی بازتابی شکاف بر رتیکول دوربین منطبق شود. آنگاه زاویه میز را با استفاده از ورینه آن بخوانید. میز را به اندازه ۴۵ درجه بچرخانید تا زاویه بین پرتو تابیده و خط عمود بر صفحه توری صفر شود.

حال میز را قفل کنید. قفل دوربین را باز کنید و آنرا در راستای کلیماتور قرار دهید.

آزمایش ۱: تعیین فاصله d خطوط روی توری گسیلی:

لامپ سدیم را روشن کنید. طول موج نور زرد لامپ سدیم ۵۸۹۳ انگسترم

می‌باشد. دوربین را بچرخانید تا در مقابل مرتبه اول پراش $(m=1)$ قرار بگیرید. طیف زرد را روی رتیکول دوربین بیاورید زاویه انحراف (θ_1) را بخوانید.

زاویه انحراف از دو طرف (راست و چپ) یکسان است اگر نور تابشی بر توری عمود باشد.

$$\theta=\theta_1 - \theta_0$$

$$d\sin\theta = m\lambda$$

با معلوم بودن λ، m و d، θ را محاسبه نمائید.

آزمایش ۲: اندازه‌گیری تفاوت دو خط زرد سدیم:

لامپ سدیم را در مقابل و نزدیک شکاف قابل تنظیم کلیماتور قرار دهید که نور با شدت زیاد به شکاف بتابد، عرض شکاف را کم کنید. روی میز، توری قرار دهید که بیشترین خط در میلیمتر را داشته باشد. طیف زرد مرتبه پراش اول دوم و سوم را مشاهده کنید با تغییرات عرض شکاف و جابجایی عدسیهای کلیماتور و دوربین سعی کنید که دو خط زرد (دو خط زرد خیلی نزدیک هم هستند) را در مرتبه‌های پراش مشاهده کنید. حال طبق رابطه $d\sin\theta_n = n\lambda$ و اندازه گیری زاویه θ_n و θ'_n برای دو خط زرد سدیم λ و λ' های متناظر را محاسبه نمائید.

و $\Delta\lambda$ را برای دو خط زرد سدیم بر حسب انگسترم بدست آورید.

توان جداسازی یک توری:

$$\gamma = \frac{1}{2}Kd\sin\theta$$

$$\Delta\gamma=\frac{1}{2}\, kd\, \cos\theta\, \Delta\theta$$

در صورتی که توری N شکاف داشته باشد.

$$\Delta\gamma=\frac{\pi}{N}$$

$$\Delta\theta=\frac{\lambda}{Nd\cos\theta} \quad (۱)$$

$$d\sin\theta=m\lambda$$

$d\cos\theta\ \Delta\theta = m\Delta\lambda$

$$\Delta\theta = \frac{n\Delta\lambda}{d\cos\theta} \qquad (۲)$$

این فاصله زاویه‌ای میان دو خط طیفی است که اختلاف طول موج آنها $\Delta\lambda$ است. از ترکیب دو معادله (۱) و (۲) توان جداسازی یک بیناب نمای توری را طبق معیار ریلی بدست می‌آید. $RP = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = Nm$

به عبارت دیگر توان جداسازی برابر است با حاصل ضرب شماره شیارها N و شماره ردیف m

آزمایش ۳:

لامپ سدیم را با لامپ جیوه عوض کنید. در صورتی که d توری معلوم باشد طول موجهای مختلف لامپ جیوه را اندازه گیری نمائید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۵ «ب»

توری انعکاسی

هدف آزمایش: اندازه گیری طول موج نور تکرنگ لیزر

وسایل لازم: لیزر، خط کش فلزی ۱۵ سانتی متری، خط کش چوبی یا متر، جک

تئوری آزمایش: پرتو نور لیزر گازی از نظر مکانی و زمانی همدوسی دارند و اگر بطور مماس بر روی یک توری انعکاسی تابانده شود نور پراشیده شده و روی پرده‌ای که در فاصله معینی از توری قرار گرفته طرح پراش مشاهده میشود. توریهای که در طیف نمایی نوری بکار برده می‌شوند با کشیدن تعداد زیادی شیار بر یک سطح شفاف یا یک سطح فلزی (نوع بازتابی) درست می‌شود. یک خط کش فلزی (کولیس) همانند توری انعکاسی عمل می‌کند. اگر زاویه تابش و انعکاسی i و r_m باشند پس $d(\sin i - \sin r_m) = m\lambda$. m عدد درست، d فاصله دو نقطهٔ متوالی پراش دهنده $(d=1\,mm)$ و λ طول موج چشمه می‌باشد.

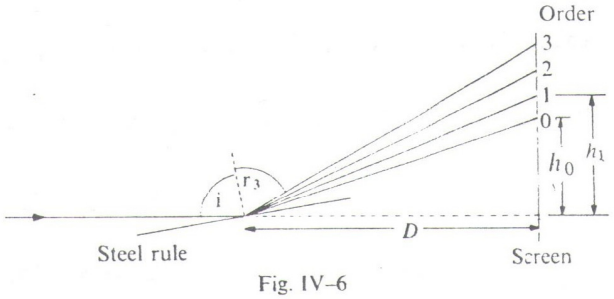
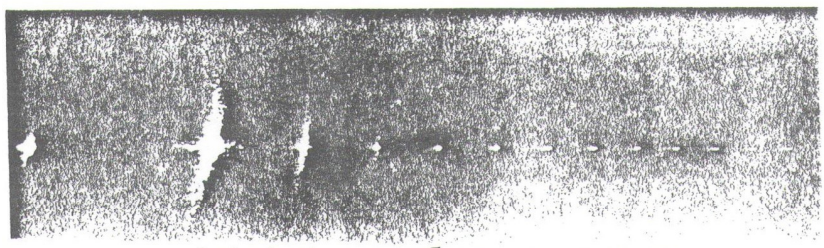


Fig. IV-6



شکل ۲) نمای از وسایل آزمایش و پراش ایجاد شده

روش آزمایش:

لیزر را روی میز مسطح قرار دهید. پرتو لیزر موازی با سطح افق باشد. اثر پرتو روی پرده یا دیوار مقابل یک لکه روش است. کاغذی را روی پرده بچسبانید و لکه روشن را با علامتی روی کاغذ مشخص کنید. جک را حدوداً در فاصله ۵۰ سانتی متری لیزر قرار دهید. خط کش فلزی را روی جک قرار دهید بطوریکه یک زاویه خیلی کم با افق بسازد (همانند شکل(۲)) جک را بالا بیاورید تا نور لیزر به خط کش فلزی برخورد کند و پراشیده شود. طرح پراش روی کاغذ (پرده) آشکار میشود. مرتبه‌های صفرم، یکم، دوم، و..... مشخص اند. با تشکیل طرح پراش فاصله زیر را با دقت اندازه گیری نمائید.

فاصله مرکز ناحیه روشن روی خط کش فلزی را تا پرده اندازه گیری نمایید (D). y_0 فاصله مرتبه صفرم، y_1 فاصله مرتبه اول و .... y_m فاصله مرتبه mام را اندازه گیری نمائید. (به شکل توجه کنید).

برای مرتبه صفرم $i=r$ بطوریکه $\tan(180-2i)=\frac{y_0}{D}$

با y_0 و D اندازه گیری شده زاویه تابش i را معین کنید.

با y_1 و D و i اندازه گیری شده زوایه r_1 را معین کنید. $\tan(180-i-r_1)=\frac{y_1}{D}$

بهمین ترتیب r_2، r_3، r_4 و r_5 را هم تعیین کنید با استفاده از رابطه $d(\sin i-\sin r_m)=m\lambda$ و رسم نمودار $\sin r_m$ بر حسب m (عدد درست) مقدار λ را معین کنید. خطای نسبی آزمایش را تعیین کنید.

توری‌های مختلفی در آزمایشگاه موجود است این توریها را در مقابل نور لیزر قرار دهید و پراش از آنها مشاهده کنید. بیشتر توری های که در طیف نمایی عملی به کار برده میشوند از نوع بازتابی اند. در این توریها شیار زنی بر یک سطح تخت یا کاو انجام میشود. کاربرد این توریها را نام ببرید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۶

حلقه‌های نیوتن

هدف آزمایش:

۱ - تعیین شعاع انحنای سطح یک عدسی با استفاده از حلقه‌های نیوتن

۲ - تعیین طول موج یک نور تک رنگ

۳ - اندازه گیری ضریب شکست یک مایع

وسایل لازم: وسیله حلقه‌های نیوتن (شامل عدسی مسطح - محدب و یک صفحه شیشه‌ای)، یک صفحه شیشه‌ای به ابعاد تقریباً $۱۰ \times ۲۰ cm^2$ ، میکروسکوپ متحرک، فیلتر سبز، زرد و قرمز، لامپ سدیم و لامپ مجهول (کادمیم)

تئوری آزمایش :

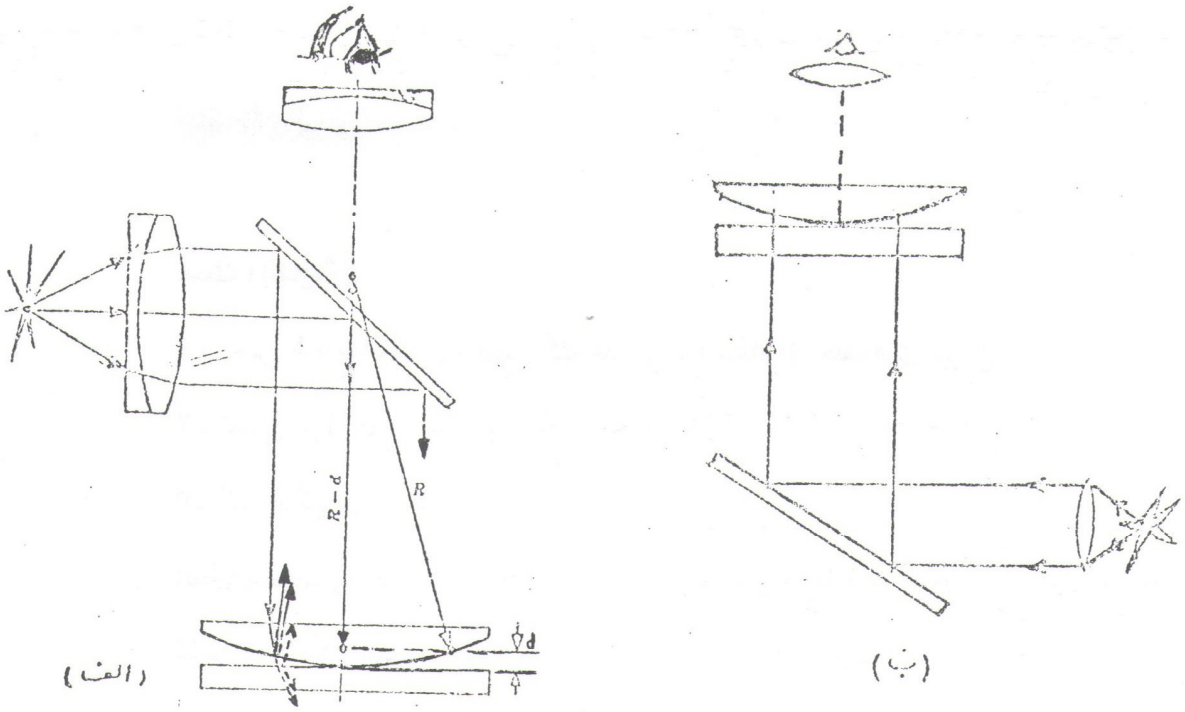
وقتی دو قطار موج تخت هم فرکانس که دارای اختلاف فاز ثابتی نسبت بهم و صفحه قطبش و فرکانس یکسانی داشته باشند، رویهم بیفتد، در صورتیکه اختلاف راه داشته باشند تداخل می‌کنند اگر اسباب حلقه‌های نیوتن در سر راه اشعه انعکاسی یا عبوری مانند شکل (۱) قرار بگیرد تولید فرانژهای دایروی میکند. اگر قطر nامین حلقه را d_n باشد رابطه زیر بین شعاع انحناء R ،λ طول موج و d_n برقرار خواهد بود.

$$d^2_n = 4Rn\lambda \qquad (۱)$$

اگر d_{n-k} قطر $(n-k)$ امین حلقه باشد در این صورت

$$d^2_{n-k} = 4R(n-k)\,\lambda$$

$$d^2_n - d^2_{n-k} = 4RK\,\lambda \qquad (2)$$



شکل ۱ طرز بستن وسایل آزمایش حلقه‌های نیوتن (الف) برای حالت انعکاسی ب) حالت عبوری

بشرط آنکه طول موج نور تابیده معلوم باشد بدون دانستن n میتوان از رابطه (۲) استفاده کرد و R شعاع انحناء را بدست آورد.

روش آزمایش:

وسایل آزمایش را مطابق شکل (۱) حالت (الف) نصب کنید، اسباب حلقه‌های نیوتن را مطابق شکل زیر لوله میکروسکوپ بگذارید، چشمه نور لامپ سدیم است، صفحه شیشه‌ای را به گیره ببندید و مطابق شکل در مقابل چشمه نور روی اسباب حلقه‌های نیوتن نصب کنید، این صفحه باید طوری نصب شود تا موقعی که به طور قائم به اسباب حلقه‌های نیوتن نگاه می‌کنید تصویر انعکاسی نور چشمه را در روی

سطح اسباب حلقه‌های نیوتن با چشم ببینید در این حالت اگر شعاع انحنای عدسی اسباب حلقه‌های نیوتن R به قدر کافی بزرگ باشد باید فرانژها را با چشم غیر مسلح مشاهده کنید در این حال میکروسکوپ را بین چشم و اسباب حلقه‌های نیوتن قرار داده و با چرخاندن پیچ بزرگ تنظیم باید فرانژهایی را واضح مشاهده کنید. میکروسکوپ را طوری تنظیم کنید که مرکز فرانژها کاملاً واضح دیده شوند. (فرانژها دوایری متحدالمرکز هستند)

برای اندازه گیری اقطار دوایر بدین ترتیب عمل کنید:

۱ـ مرکز رتیکول را بر مرکز فرانژ مرکزی منطبق کنید حال لوله میکروسکوپ را با پیچ میکرومتری در جهت افق حرکت دهید، خطوط رتیکول همواره باید قطر دوایر باشند نه وترهای آنها.

۲ـ رتیکول را از سمت چپ بر فرانژ n امین منطبق کنید ($n>$ ۲۰) و عدد مربوطه از روی ورنیه میکروسکوپ بخوانید و در جدول یادداشت نمائید. سپس رتیکول را بر فرانژ $(n-1)$ منطبق کنید و عدد مربوطه را از روی ورنیه میکروسکوپ بخوانید و یادداشت نمائید ..... بر $n-20$ منطبق کرده و عدد مربوطه را خوانده و یادداشت کنید ستون دوم از جدول به این ترتیب کامل می‌گردد.

۳ـ اکنون تعداد فرانژهای باقی مانده تا مرکز تاریک را بشمارید همین تعداد فرانژها (باقی مانده) را از سمت راست شماره کرده و رتیکول را بر فرانژ $n-20$ (سمت راست) منطبق کرده و عدد مربوطه را یادداشت کنید همچنین بر فرانژ $n-19$ الی آخر تا فرانژ n ام از سمت راست منطبق کنید و بنابراین ستون سوم جدول از پایین به بالا کامل می‌گردد.

شماره‌حلقه‌ها	اعداد خوانده شده از سمت‌چپ	اعداد خوانده شده از سمت راست	d_n	d^2_n	$d^2_n-d^2_{n-10}$	R
n			d_n	d^2_n	$d^2_n-d^2_{n-10}$	
$n-1$			d_{n-1}	d^2_{n-1}		
$n-2$						
$n-3$						
۰						
۰						
۰						
$n-20$			d_{n-20}			

اکنون مجذور قطر حلقه n امین را محاسبه کرده و مجذور قطر حلقه $n-10$ را از آن کم کنید و بهمین ترتیب مجذور قطر حلقه (d^2_{n-11}) از مجذور قطر حلقه $n-1$ (d^2_{n-1}) کم کنید و به این ترتیب ستون ششم از جدول را کامل کنید.

۴- برای هر حالت (هر سطر) R شعاع انحناء عدسی اسباب حلقه‌های نیوتن از رابطه زیر بدست آورید.

$$R=\frac{d^2_n-d^2_{n-10}}{40\,\lambda} \qquad (3)$$

آزمایش ۲:

لامپ سدیم را با یک لامپ کادمیم عوض کنید فیلترهای مناسب را در مسیر نور

قرار دهید با تکرار آزمایش قبل طول موج نور بکار برده شده را بدست آورید.

آزمایش ۳:

لامپ کادمیم را با یک لامپ نور سفید عوض کنید و فرانژها را مشاهده کنید علت رنگی بودن حلقه‌ها را بیان کنید.

آزمایش ۴:

اگر مایعی به ضریب شکست μ بین عدسی و صفحه قرار داشته باشد اختلاف راه نوری برابر $2\mu t$ میباشد که در آن t ضخامت مایع در نقطه‌ای است که پرتو تابیده است با نوشتن شرط مربوط به ماکزیمم و مینیمم بودن فرانژها میتوان ثابت کرد که ضریب شکست از رابطه زیر بدست می آید.

$$\mu = \left(\frac{\text{قطر فرانژ با لایه هوا}}{\text{قطر فرانژ با لایه مایع}}\right)^2 = \frac{d^2}{d'^2} \qquad (4)$$

اگر بخواهیم از خطای عدم انطباق رتیکول‌ها بر مبدأ پرهیز کنیم رابطه بالا تبدیل به رابطه زیر خواهد شد.

$$\mu = \frac{d^2_n - d^2_{n-10}}{d^2_n - d^2_{n-10}} \qquad (5)$$

به سوالهای زیر در گزارش کارتان پاسخ دهید.

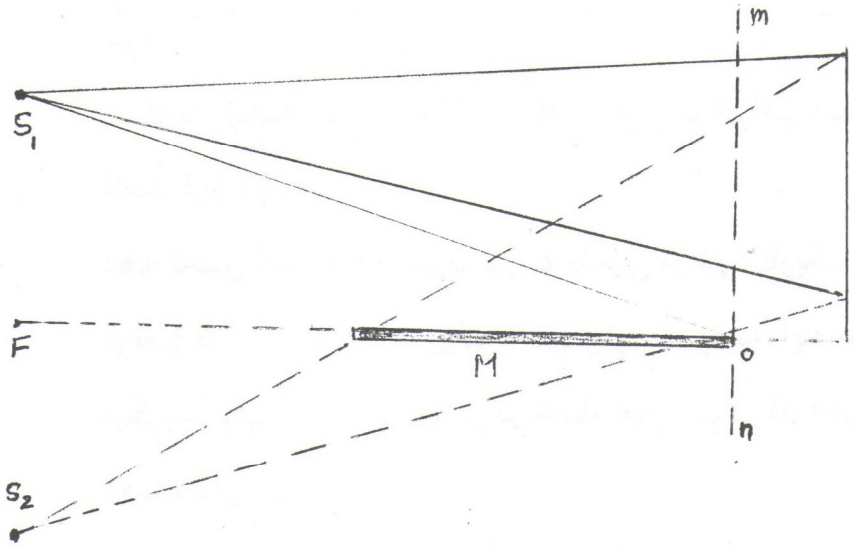
۱ـ رابطه (۱) را بدست آورید.

۲ـ چرا فرانژها حلقوی است؟

۳ـ چرا هر چه قطر فرانژها زیاد میشوند فرانژها بهم نزدیک میشوند و بلعکس؟

۴ـ فرانژ مرکزی تاریک است یا روشن؟ چرا؟

میرسد. پس این تغییر فاز در پرتو دیگر رخ می‌دهد این موضوع با توجه به مشاهدات تجربی چنین توجیه میشود که انعکاس نور سبب تغییر فاز π در نور منعکس می‌گردد و بعلت این تغییر فاز است که در محلی که انتظار میرود تاریکی بوجود می‌آید.



شکل ۱) آینه لوید

با توجه به اختلاف راه نوری که از منبع s_1 و انعکاس از آینه (منبع s_2) ، میتوان فاصله هر دو فرانژ متوالی را از رابطه زیر بدست آورد.

$$of=D \qquad , \qquad i=\frac{D}{d}\lambda \qquad s_1s_2=d$$

روش آزمایش:

شکاف متغیر و آینه لوید و لامپ سدیم را روی میز اپتیک سوار کرده و آینه را طوری تنظیم کنید که با پرتو خارج شده از شکاف متغیر زاویه‌ای در حدود ۱۸۰ درجه بسازد (آینه در صفحه قائم است) در این حالت چشمه s_1 و تصویر آنرا در آینه در مجاور s_2 و موازی با آن دیده میشود. چراغ نور سفید را روشن کنید و نور آن‌را به لبهٔ که چراغ نور سفید روشن است آنرا به لبه آینه (نقطه o) بتابانید، تا این نقطه کاملاً روشن شود. سپس میکروسکوپ متحرک را جابجا کنید تا رتیکول آن روی لبه آینه

منطبق شود. حال لامپ سدیم (طول موج نور آن مشخص است) را روشن کنید. فرانژهای تداخلی بوضوح در یک طرف آینه دیده خواهند شد. در صورتیکه دیده نشود. شکاف متغیر را تغییر دهید که چشمه s_1 با تصویرش موازی و در کنار هم دیده شود.

شدت چشمه زیاد نباشد اگر فاصله دو فرانژ متوالی کم باشد d را تغییر دهید که تا فاصله فرانژ زیاد شود.

الف: تحقیق کنید که فرانژی که در لبه تشکیل می‌شود تاریک است برای این منظور موقعی که چراغ نور سفید روشن است و نور آن به لبه آینه خوب می‌تابد، رتیکول میکروسکوپ موازی لبه آینه و در فاصله خیلی کم از آن (تقریباً منطبق بر آینه قرار دهید.) قرار دهید.

اگر چراغ روی میزی را خاموش کنید آیا رتیکول را مشاهده خواهید کرد؟ چرا؟

ب: در حالتی که فرانژ برای لامپ سدیم واضح تشکیل شده باشد جای لامپ سدیم با طول موج معلوم را با لامپ دیگر که طول موجش مجهول است عوض کنید اگر فرانژهای لامپ دوم واضح بود در حالی که هیچ گونه تغییری به هیچ یک از وسایل به جز میکروسکوپ نمی زنید فاصله چند فرانژ متوالی را برای لامپ اول و دوم اندازه گیری نمائید. و آنگاه i و i' را بدست آورید این اندازه گیری را حداقل دو مرتبه تکرار کنید و با معلوم بودن طول موج نور سدیم، طول موج نور لامپ دوم را بدست آورید. $\frac{\lambda}{\lambda} = \frac{i}{i'}$

سوال: رابطه $i = \frac{D}{d}\lambda$ را بدست آورید؟

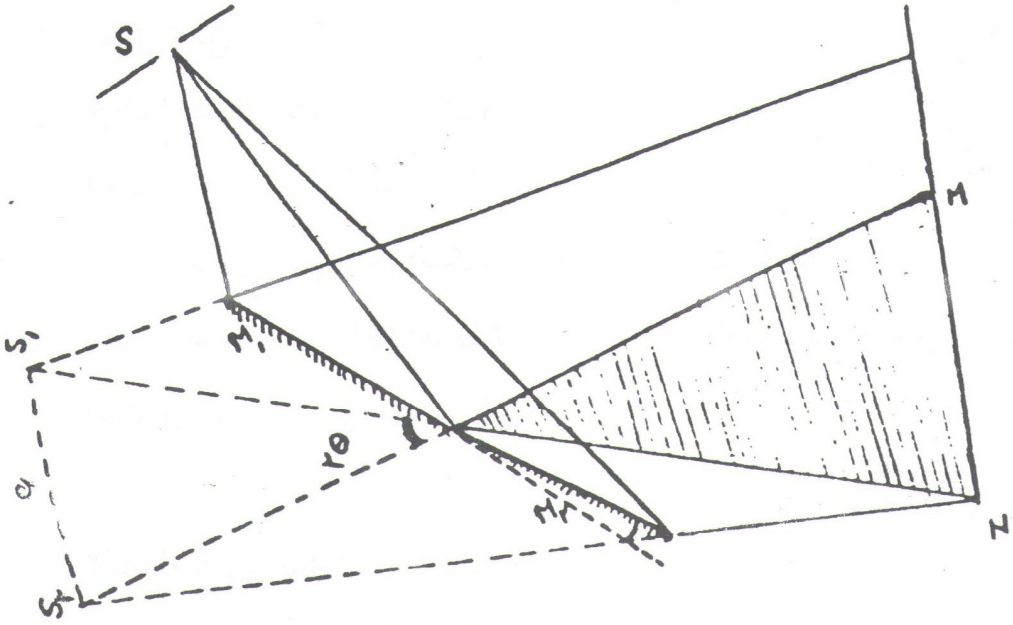
ب - آزمایش دو آینه فرنل

هدف آزمایش:

الف) مشاهده پدیده تداخل ب) اندازه گیری طول موج

تئوری آزمایش:

هرگاه از شکاف نورانی s پرتوهایی به سطح دو آینه M_1 و M_2 که با هم زاویه‌ای حدود ۱۸۰ درجه می‌سازند بتابد پرتوها پس از بر خورد به دو آینه منعکس می‌گردند. مشابه با دو منبع همزمان، s_1 و s_2 (تصاویر s در دو آینه) فرانژهای تداخلی روشن و تاریک را در سطح MN بوجود می آورند.



شکل ۲) دو آینه فرنل

روش آزمایش:

الف: لامپ سدیم را در ابتدای میز اپتیک قرار داده و جلوی آن، شکاف متغیر را بفاصله حدود ۳ سانتی متر بگذارید پایه مخصوص دو آینه در فاصله مشخص از شکاف متغیر نصب نمائید. و آینه را که بوسیله پیچ پشت آن زوایه بین آنها قابل تغییر است روی پایه محکم نمائید. لامپ سدیم را روشن کرده و شکاف متغیر را طوری میزان کنید که با فصل مشترک دو آینه کاملاً موازی باشد.

اکنون برای تعیین محل میکروسکوپ باید ابتدا در وضعیتی قرار بگیرد که چشمتان تصویر شکاف متغیر را در فصل مشترک دو آینه مشاهده نمایید. آنگاه میکروسکوپ را در امتداد خط دید خود قرار دهید حال با کمال احتیاط پیچ میزان دو آینه را بچرخانید تا بین دو آینه زاویه خیلی نزدیک به ۱۸۰ در جه بوجود آید در حین این عمل باید از داخل میکروسکوپ شکل فرانژها را مشاهده نمائید. چنانچه فرانژها رویت نشد با تغییر عرض شکاف و زاویه بین دو آینه و دقت در توازی کامل شکاف و فصل مشترک دو آینه فرانژها را بدست آورید.

ب: زاویه بین دو آینه را به روشی اختیاری بیابید. (بوسیله تابش نور لیزر تعیین کنید)

مطابق شکل $a=2\theta \cdot R$

R فاصله شکاف تا فصل مشترک دو آینه $D=R+d'$

θ مکمل زاویه بین دو آینه $d'=d-\varepsilon$

d فاصله عدسی شیئی میکروسکوپ تا فصل مشترک دو آینه

ε فاصله عدسی شیئی تا فرانژها که اندازه گیری شده (فاصله دید واضح میکروسکوپ) است. میتوان رابطه زیر را بدست آورد.

$$\lambda=\frac{a.x}{K.D}=\frac{2R.X.\theta}{K(R+d-\varepsilon)}$$

X فاصله K فرانژ میباشد.

بدین ترتیب میتوانید طول موج نور مورد استفاده را بیابید.

به سوالهای زیر در گزارش کارتان پاسخ دهید.

۱ ـ اگر جای لامپ سدیم را با لامپ نور سفید عوض کنید آیا فرانژی مشاهده خواهید کرد؟ چرا؟

۲ ـ چرا فرانژها خطی است؟

بنام خدا

آزمایش شماره ۸

بررسی نور قطبی روی یک دی الکتریک و مقایسه نتایج با معادلات فرنل

هدف آزمایش: اندازه گیری زاویه α و θ و تحقیق درستی رابطه

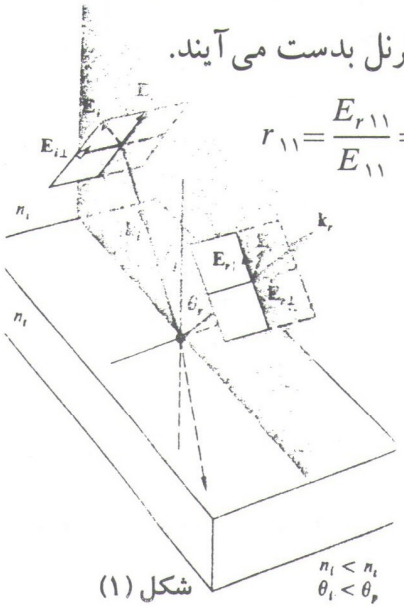
$$\tan\alpha = \frac{r_{II}}{r_{\perp}} = \frac{\sin^2\theta_i - \cos\theta_i\sqrt{n^2 - \sin^2\theta_i}}{\sin^2\theta_i + \cos\theta_i\sqrt{n^2 - \sin^2\theta_i}}$$

وسایل آزمایش: طیف سنج، منشور ۶۰ درجه، لامپ جیوه، صافی سبز رنگ، پلاریزور و آنالیزور مدرج

تئوری آزمایش: بردار میدان الکتریکی موج تابش (E_i) تحت زاویه‌ای با صفحه تابش قرار دارد.

این میدان به دو مؤلفه یکی عمود بر صفحه تابش $E_{i\perp}$ و دیگر موازی با صفحه تابش E_{i11} تجزیه میشود. θi زاویه تابش و θ_t زاویه شکست است. ضرایب بازتاب برای دو مولفه، از معادلات فرنل بدست می آیند.

$$r_{11} = \frac{E_{r11}}{E_{11}} = \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)} \qquad r_{\perp} = \frac{E_{r\perp}}{E_{\perp}} = \frac{-\sin(\theta_i - \theta_t)}{\sin(\theta_i + \theta_t)}$$



شکل (۱)

E_{r11} و $E_{r\perp}$ مؤلفه‌های دامنه میدان الکتریکی نور بازتاب شده هستند. هرگاه نور فرودی تابیده تخت و زوایه بردار میدان الکتریکی آن با صفحه تابش ۴۵ درجه باشد. $E_{\perp}$ و

E_{11} با یکدیگر برابر میشوند.

$$\frac{r_{\perp}}{r_{11}}=\frac{E_{r\perp}}{E_{r11}}=\frac{-\cos\ (\theta_i+\theta_t)}{\cos\ (\theta_i-\theta_t\ )}$$

با توجه به رابطه اسنل $\sin\theta_i=n\ \sin\theta_t$ می‌توانیم رابطه بالا را بصورت زیر بنویسیم.

$$\tan\ \alpha\ =\frac{r_{II}}{r_{\perp}}=\frac{\sin^2\theta_i-\cos\theta_i\sqrt{n^2-\sin^2\theta_i}}{\sin^2\theta_i+\cos\theta_i\sqrt{n^2-\sin^2\theta_i}}$$

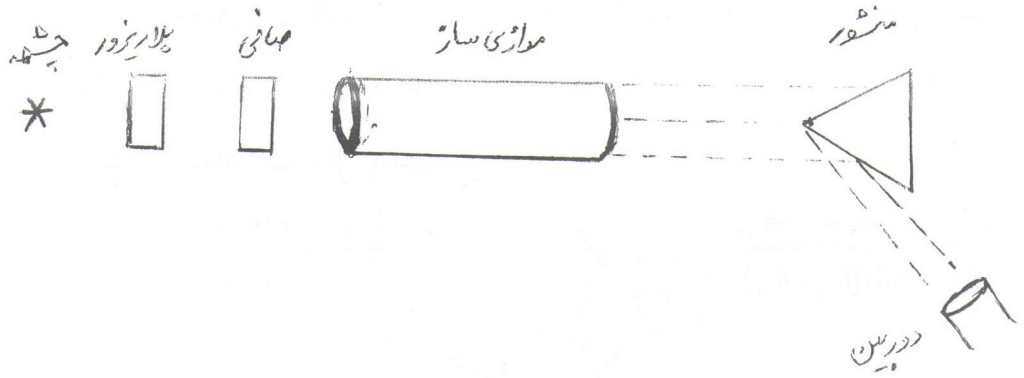
α زاویه میدان الکتریکی نور بازتاب شده با مؤلفه عمود بر صفحه تابش خود $E_{r\perp}$ است.

روش آزمایش:

آزمایش را بترتیب زیر انجام دهید.

۱ـ دوربین زاویه سنج را برای بینهایت تنظیم کنید.

۲ـ لامپ تخلیه جیوه و صافی سبز رنگ را مطابق شکل (۲) قرار دهید.



شکل (۲)

۳ـ دوربین را در امتداد موازی ساز قرار دهید بطوریکه تصویر شکاف بر رتیکول منطبق گردد در این حالت زوایه بین دوربین و موازی ساز ۱۸۰ درجه می‌باشد. صفر ورنیه بر چه عددی از صفحه مدرج منطبق است؟ این عدد با دقت ورنیه خوانده و یادداشت کنید.

۴ـ منشور را بنحوی که یکی از سطوح شفاف آن بر محور دوران دوربین مماس گردد. مطابق شکل (۲) روی تخت منشور قرار دهید.

۵- پلاریزور را در حالیکه زاویه آنرا روی ۴۵ درجه تنظیم کرده‌اید بین لامپ جیوه و صافی قرار دهید.

٦- ضریب شکست منشور برای خط سبز جیوه معین است بنابراین از رابطه $tan\theta_B=n$ زاویه بروستر مشخص میشود. دوربین را بچرخانید تا زاویه بین آن و موازی ساز $2\theta_B$ باشد.

۷- تخت منشور را دوران دهید تا تصویر شفاف (بازتاب) روی رتیکول دوربین قرار گیرد. به این ترتیب زوایه تابش θ_B خواهد بود و تنها مؤلفه عمود بر صفحه تابش میدان الکتریکی نور $E_{r\perp}$ بازتاب میشود..

۸- آنالیزور مدرج (ورنیه آنالیزور را روی صفر قرار دهید) را روی شیئی دوربین نصب کنید و آنرا حول محور دوربین دوران دهید تا شدت نور در دوربین صفر گردد آنالیزور را قفل کنید در این حالت راستای محور عبوری آنالیزور بر بردار میدان الکتریکی نور بازتاب شده عمود خواهد بود و لذا موازی تابش یا عمود بر محور دوران دوربین میگردد.

۹- مراحل ٦-۷-۸ را برای زوایای تابش $30, 40, \ldots, 80$ تکرار کنید.

به ازای هر زوایه تابش برای صفر نمودن شدت نور باید آنالیزور را بچرخانید. برای هر زوایه تابش یک زوایه چرخشی آنالیزور بدست می‌آید. نتایج را در جدول بنویسید.

θ	30	θ_B	80
α			
$tan\alpha$			

۱۰- منحنی تغییرات $tan\alpha$ را بر حسب زاویه تابش θ روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۱۱- منحنی تغییرات $\frac{r_{11}}{r_{\perp}}$ را از رابطه (۱) بر حسب θ بوسیله نقطه یابی رسم کنید با منحنی تجربی قسمت (۱۰) مقایسه نمائید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۹

پـلاریمتری

هـدف آزمایش : تعیین توان چرخانندگی و غلظت محلول قندی

وسایل آزمایش: پلاریمتری، لامپ سدیم، محلول قندی

تئوری آزمایش:

ماهیت نور امواج الکترومغناطیسی است. چون بردارهای میدان بر راستای انتشار عمودند یک درجه آزادی برای سمت‌گیری بردارها وجود دارد، که با خواص پلاریزاسیون نور توصیف می‌شود اگر امواج تخت تکرنگ را در نظر بگیریم، وابستگی فضایی - زمانی این امواج به صورت $cos(k.r-\omega t+\varepsilon)$ یا $exp\left[i(k.r-\omega t+\varepsilon)\right]$ خواهد بود.

چون میدان الکتریکی یک کمیت برداری است. اگر جهت انتشار در راستای محور Z ها باشد. داریم:

$$E_x(z,t)=iE_{ox}cos(K z-\omega t)$$

که در آن:

$$E_y(z,t)=jE_{oy}cos(K z-\omega t+\varepsilon)$$

نوع پلاریزاسیون به فاز نسبی ε و نسبت دامنه‌های $\frac{E_{0y}}{E_{0x}}$ بستگی دارد.

انواع پلاریزاسیون :

۱- پلاریزه خطی - اگر در $\varepsilon=o$ یا $\pm\pi$ باشد نور، پلاریزه خطی نامیده می‌شود. در این حالت E_y متناسب با E_x است . و میدان الکتریکی روی یک خط مستقیم حرکت نوسانی دارد.

۲- پلاریزه دایره‌ای - اگر $\varepsilon=\pm\frac{\pi}{2}$ و $E_{ox}=E_{oy}=E_o$ باشد. پلاریزه دایره‌ای حاصل می‌شود.

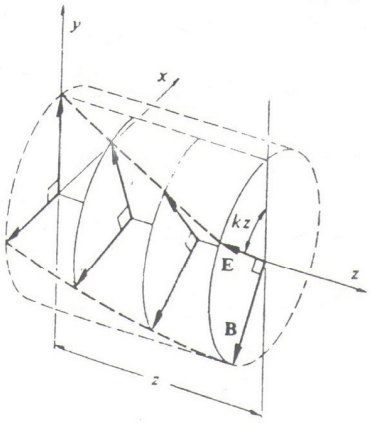
$$E_x(z,t)=iE_o\,cos(Kz-\omega t)$$

$$E_y(z,t)=jE_o\sin(Kz-\omega t)$$

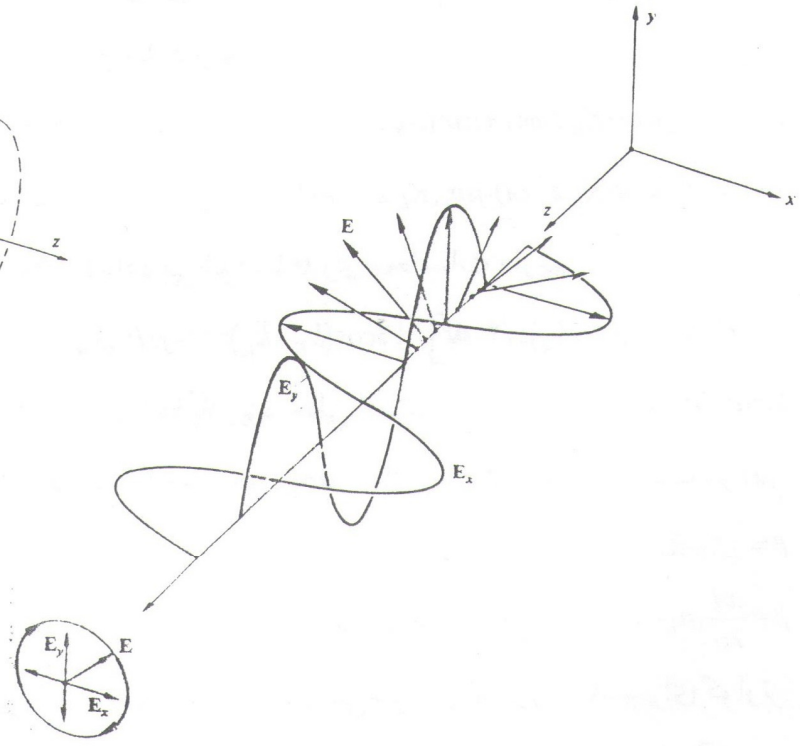
$$E=E_o[i\cos(Kz-\omega t)+j\sin(Kz-\omega t)]$$

توجه کنید که اندازه بردار E ثابت است. اما جهت آن روی یک دایره می‌چرخد که مطابق شکل (۱) پلاریزه دایره‌ای راستگرد یا چپگرد نامیده میشود.

یک نور پلازیزه خطی را می‌توان به دو نور پلاریزه دایره‌ای راستگرد و چپگرد تجزیه کرد یا به عبارت دیگر از ترکیب دو نور پلاریزه دایره‌ای راستگرد و چپگرد یک نور پلاریزه خطی بدست آورد. حال می‌توان نور مورد نظر را بر حسب حالات پلاریزاسیون آن مشخص کرد. نور پلاریزه خطی را حالت p و نور پلاریزه دایره‌ای راستگرد و چپگرد را حالت R و L می‌نامند. قبلاً ملاحظه فرمودید که یک حالت p را می‌توان نتیجه بر همنهی دو حالت L و R را در نظر گرفت.



نور دایره‌ای راست.



نور دایره‌ای راست.

شکل (۱)

فعالیت نوری *OPTICAL ACTIVITY*:

سطح پلاریزاسیون نورپلازیزه خطی در اثر عبور از بعضی بلورها، مایعات و گازها می‌چرخد. این چرخش سطح پلاریزاسیون را فعالیت نوری گویند.

یک نور پلاریزه خطی را می‌توان به صورت دو مولفه L,R (پلاریزه دایره‌ای راستگرد و چپگرد) در نظر گرفت، جسمی که از نظر نوری فعال نامیده می‌شود دارای دو ضریب شکست n_R برای پلاریزه دایره‌ای راستگرد و n_l برای نورپلاریزه دایره‌ای چپگرد می‌باشد.

به دلیل اختلاف در ضریب شکست برای دو مولفه پلاریزه دایره‌ای راستگرد و چپگرد در اثر عبور نور از یک محیط فعال راههای نوری این دو مولفه متفاوت است. (حاصلضرب ضریب شکست در طول مسیر را راه نوری می‌گویند $l=nd$) و در نتیجه موج بر آیند آنها دچار چرخش می‌شود.

اگر جهت انتشار محور Zها باشد داریم:

پلاریزه دایره‌ای راستگرد $E_R = \frac{E_o}{2}[i\cos(K_R z-\omega t)+j\sin(K_R z-\omega t)]$

پلاریزه دایره‌ای چپگرد $E_L = \frac{E_o}{2}[i\cos(K_L z-\omega t)-j\sin(K_L z-\omega t)]$

موج بر آیند با $E=E_R+E_L$ داده می‌شود. با قدری محاسبات داریم:

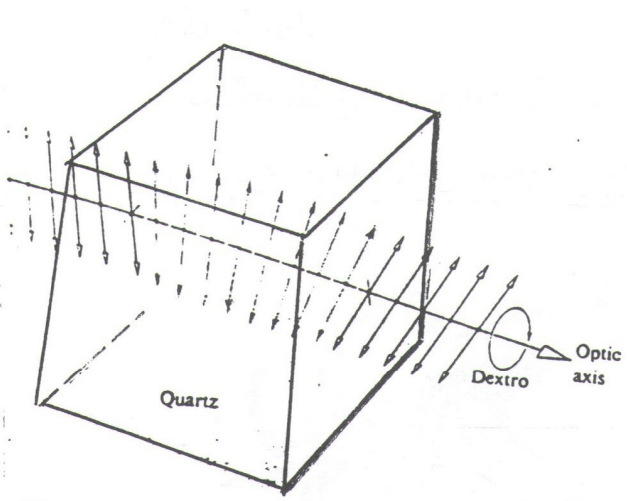
$$E=E_o\cos\left[(k_L+k_k)z/۲-\omega\right]\left[i\cos(k_R-k_L)z/۲+j\sin(k_R-k_L)z/۲.\right]$$

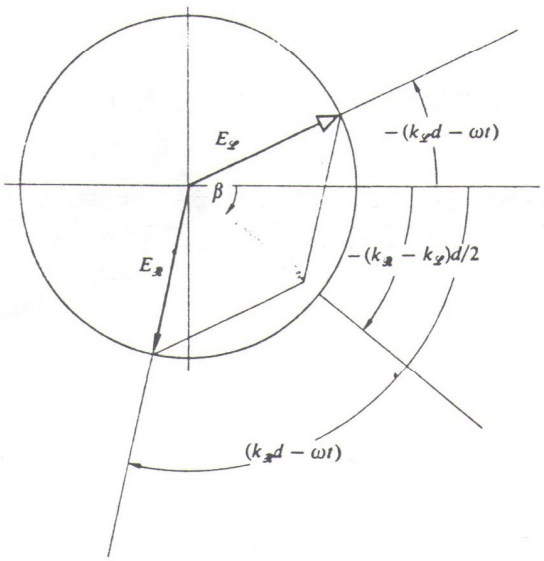
در $Z=o$ نور در راستای محور Xها پلاریزه خطی است. $E=iE_o\cos\omega t$

اگر زوایه β (میزان چرخش E) در جهت عقربه‌های ساعت باشد آنرا مثبت در نظر می‌گیریم. بنابراین: $\beta=-(K_R-K_L)z/2$

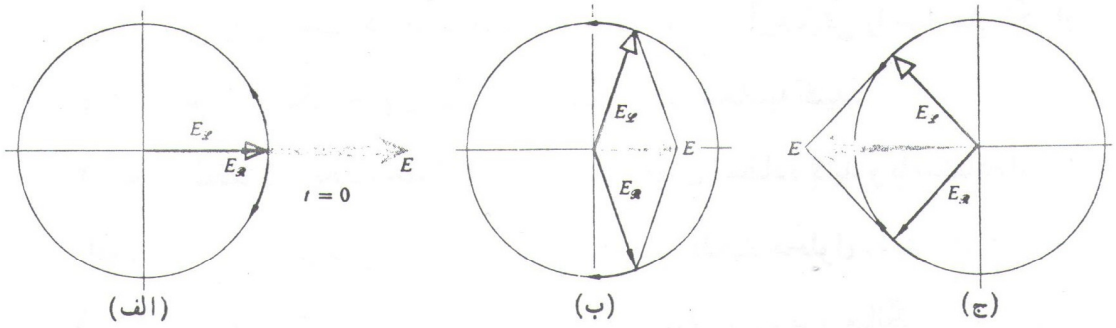
اگر طول محیط d باشد زاویه چرخش از رابطه زیر بدست می‌آید. $\beta=\frac{\pi d}{\lambda o}(n_L-n_R)$

توان چرخانندگی ویژه که به صورت $\frac{\beta}{d}$ تعریف می‌شود در نور زرد سدیم برای کوارتز $۲۱/۷^{\circ}/mm$ درجه و برای سینابر $۲۲/۵^{\circ}/mm(Hgs)$ درجه توان چرخانندگی در مایعات بمراتب کمتر است و به غلظت محلول نیز بستگی دارد. از این واقعیت برای تعیین میزان غلظت شربت قند در کارخانه‌های قند استفاده می‌کنند.

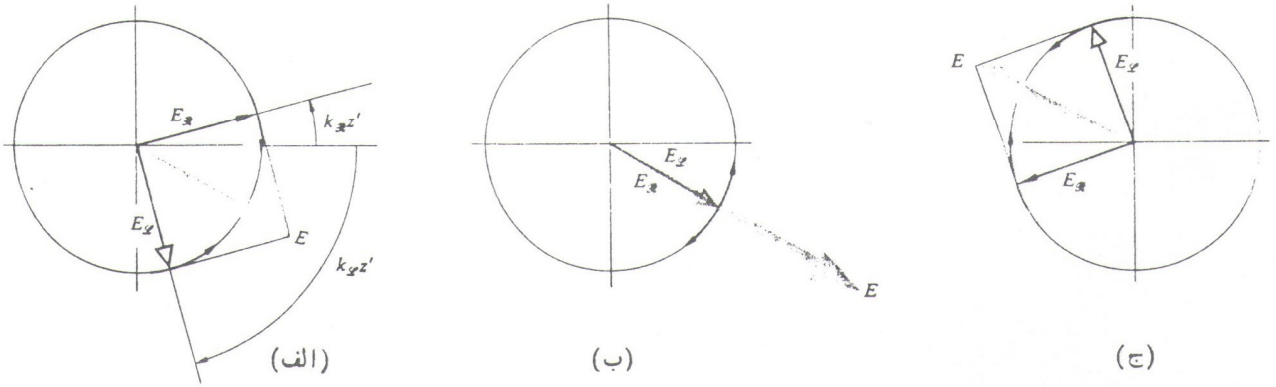




برهمنهی یك حالت $\mathcal{R}$ ویك حالت $\mathcal{L}$ به‌ازای $z=d$.
$(v_{\mathcal{R}}>v_{\mathcal{L}}\ ،\ \lambda_{\mathcal{R}}>\lambda_{\mathcal{L}}\ ،\ n_{\mathcal{R}}<n_{\mathcal{L}}\ ،\ k_{\mathcal{R}}<k_{\mathcal{L}})$



برهمنهی یك حالت $\mathcal{R}$ ویك حالت $\mathcal{L}$ به‌ازای $z=0$.



برهمنهی یك حالت $\mathcal{R}$ ویك حالت $\mathcal{L}$ به‌ازای $z=z'(k_{\mathcal{L}}>k_{\mathcal{R}})$

شکل (۲)

روش آزمایش:

دستگاه مطابق شکل (۳) از یک لوله شیشه‌ای دو پلاروید و یک صفحه مدرج و ورنیه (برای خواندن زاویه) تشکیل شده است.

شکل (۳)

۱ ـ تعیین توان چرخانندگی: از یک محلول قند با غلظت معین استفاده کنید و توان چرخانندگی را بر حسب درجه بر میلیمتر بدست آورید. آزمایش را سه بار تکرار کنید. نتایج را در یک جدول بنویسید و میانگین آنرا محاسبه کنید.

۲ ـ تعیین غلظت: از یک محلول قند با غلظت مجهول استفاده کنید و با استفاده از این واقعیت که میزان چرخش متناسب با غلظت است، غلظت محلول را بدست آورید. آزمایش را سه بار تکرار کنید نتایج را در یک جدول بنویسید و میانگین آنرا حساب کنید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۱۰

پـــــراش

هـدف آزمایش : پراش فرانهوفر و فرنل

وسایل آزمایش: لیرز، میکروسکوپ، فتوسل، مولتی‌متر دیجیتالی، شکاف متغیر

مقدمه:

وقتی جسم کدری میان یک پرده و یک چشمهٔ نقطه‌ای قرار گیرد سایه‌ای پیچیده متشکل از نواحی روشن و تاریک ایجاد می‌شود که کاملاً خلاف آن چیزی است که باید از اصل نور شناخت هـندسی انـتظار داشت. انـحراف نـور از انـتشار را سـتخط صورت گرفته است. این اثر یک مشخصهٔ عام مربوط به پـدیده‌های مـوجی است و هرگاه به نحوی مانعی در برابر بخشی از جبههٔ موج یک موج عادی یا نور ایجاد شود اتفاق می‌افتد. اگر دامنه یا فاز ناحیه‌ای از جبههٔ موج در ضمن برخورد با یک مـانع کدر یا شفاف تغییر کند، پراش رخ خواهد داد. قسمتهای گوناگون جبههٔ مـوج کـه درپشت مانع انتشار می‌یابند با هم تداخل می‌کنند و توزیع چگالی انرژی ویژه‌ای را به وجود می‌آورند که آن را نقش پراش می‌نامند.

به عنوان رهیافتی ابتدایی به مسئله،مجدداً اصل هویگنس را از نـظر مـی‌گذارنـیم بنابراین اصل، هر نقطه روی جبهه موج را می‌توان به صورت یک چشمهٔ موجکهای کروی ثانویه در نظر گرفت. فرض می‌شود در هر زمان خاص شکل جبههٔ موج پوش موجکهای ثانویه است. ولی این روش بخش عمده‌ای از هر موجک ثانویه را نادیده می‌گیرد. و فقط آن بخش را که با پوش مشترک است بررسی می کند در نتیجه ایـن نارسایی اصل هویگنس قادر به تشریح فرایند پراش نیست.

اصل هویگنس پراش را به صورت کیفی مورد نظر قرار مـی‌دهد. ولی فـرمول فـرنل

کرشهوف پراش را به صورت کمی در قالب یک فرم ریاضی مورد مطالعه قرار می‌دهد.

پراش به دو صورت گوناگون در نظر گرفته می‌شود. یکی به نام پراش فرانهوفری و دیگری پراش فرنلی. پراش فرانهوفری زمانی روی می‌دهد که امواج فرودی و پراشنده هر دو کم و بیش تخت باشند و این زمانی رخ می‌دهد که فاصله چشمه از روزنهٔ پراش و فاصله روزنه از نقطه دریافت، هر دو به اندازه‌ای زیاد باشند که خمیدگی جبهه موجهای فرودی و پراشنده خیلی کم باشد.

اگر چشمه یا نقطهٔ دریافت به اندازه‌ای به روزنهٔ پراش نزدیک باشد که نتوان خیمدگی جبهه موج را نادیده گرفت آنگاه پراش فرنلی خواهیم داشت. میان این دو حالت براستی مرز مشخصی وجود ندارد. با اینحال یک معیار کمی می‌توان وجود داشته باشد که با توجه به این معیار بتوان نوع پراش را تشخیص داد.

پراش فرانهوفر یک شکاف :

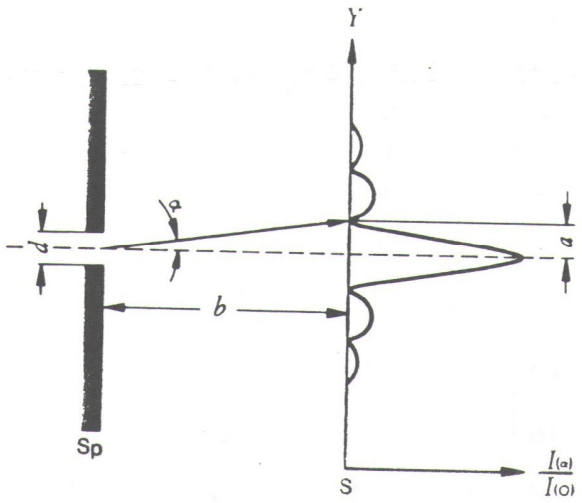
هدف: اندازه گیری توزیع شدت در پراش فرانهوفر از یک شکاف بررسی نتیجه آزمایش از دیدگاه موجی نور و از دیدگاه مکانیک کوانتومی، تحقیق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ.

وسایل لازم: فتوسل، شکاف (جلو فتوسل نصب شده) پایه، شکاف متغیر، لیزر هلیم و نئون، مالتی متر دیجیتال، متر نواری، میکروسکوپ

تئوری آزمایش:

۱- بررسی از دیدگاه موجی نور:

وقتی یک دسته پرتو موازی و همدوس با طول موج λ از داخل یک شکاف باریک با پهنای d عبور کند پراشیده می‌شود و یک طرح پراش که شامل یک ماکزیمم اصلی و چند ماکزیمم ثانویه است روی پرده ظاهر می‌شود.



شکل ۱ پراش فرانهوفر در فاصله زیاد (sp شکاف پراش کننده، s پرده می‌باشد).

شدت بصورت تابعی از زاویه انحراف α است. بر طبق فرمول پراش کرشهوف داریم.

$$I(\alpha)=I(0)(\frac{sin\beta}{\beta})^2$$

β تابعی از d و α می‌باشد. $\beta=\frac{\pi d}{\lambda}sin\alpha$

مینیمم شدت تحت زاویه‌های $\alpha_n=arc\ sin\ n\frac{\lambda}{d}$

بدست می آید که $n=1,2,3,....$

ماکزیمم‌ها تحت زوایای زیر مشاهده می‌شوند. $\alpha'_o=0$

$$\alpha'_1=arc\ sin\ 1.430\frac{\lambda}{d}$$

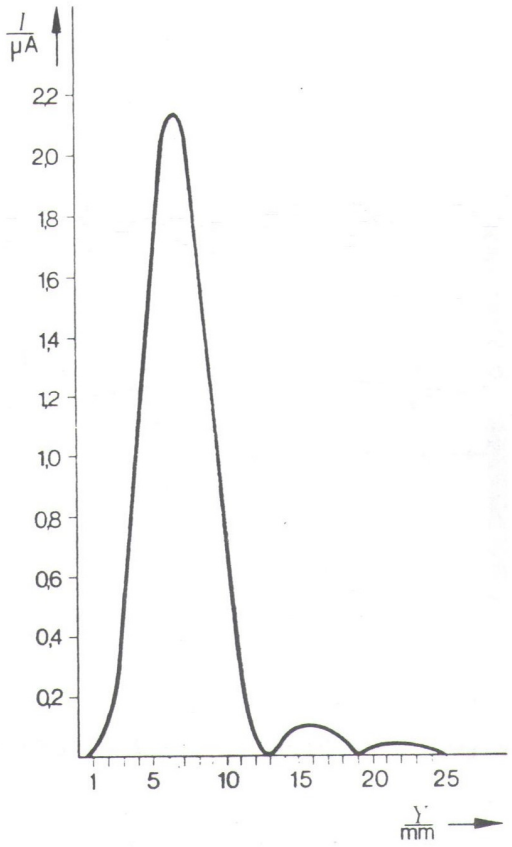
$$\alpha'_2=arc\ sin\ 2.459\frac{\lambda}{d}$$

ارتباط ماکزیمم شدت ثانویه نسبت به شدت ماکزیمم اصلی بصورت زیر است.

$$I(\alpha_1)= 0.0472I(0)$$

$$I(\alpha_2)= 0.0165I(0)$$

که مقادیر اندازه گیری شده را می‌توان با این روابط مقایسه کرد.



شکل ۲ شدت در طرح پراش یک شکاف به پهنای $0.1mm$ در فاصله 1140 میلی متر جریان فتوسل بصورت تابعی از مکان رسم شده است.

یک نمونه از اندازه گیری در جدول زیر آمده است.

جدول (۱) محاسبات تئوری و نتایج اندازه‌گیری فرق فرمول پراش کرشهوف (با کمی خطا) را نتیجه میدهد.

ماکزیمم		مینیمم	
محاسبه شده	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	اندازه‌گیری شده
$\alpha'_1=0.52°$	$\alpha'_1=0.52°$	$\alpha_1=0.36°$	$\alpha_1=0.36°$
$\alpha'_2=0.88°$	$\alpha'_2=0.88°$	$\alpha_2=0.72°$	$\alpha_2=0.72°$
$\frac{I(\alpha_1)}{I(0)}=0.047$	$\frac{I(\alpha_1)}{I(0)}=0.047$	$\alpha_3=1.07°$	$\alpha_3=1.04°$
$\frac{I(\alpha_2)}{I(0)}=0.017$	$\frac{I(\alpha_2)}{I(0)}=0.018$		

۲- رفتار کوانتم مکانیکی:

بر طبق اصل عدم قطعیت‌ها یزنبرگ دو کمیت چون مکان و اندازه حرکت را دقیقاً همزمان نمی توان اندازه گرفت. برای مثال فرض کنید تمام فوتونهائی که احتمال وجودشان با تابع چگالی f_y و احتمال اندازه حرکتشان با تابع چگالی f_p تعریف می‌شوند عدم قطعیت مکان y و اندازه حرکت p بصورت رابطه زیر بیان می‌شود.

$$\Delta y \,.\, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

که $h=6.6262 \times 10^{-34}\ JS$ ثابت پلانک است. برای متغیرهای با توزیع گوسی علامت مساوی در نظر گرفته میشود.

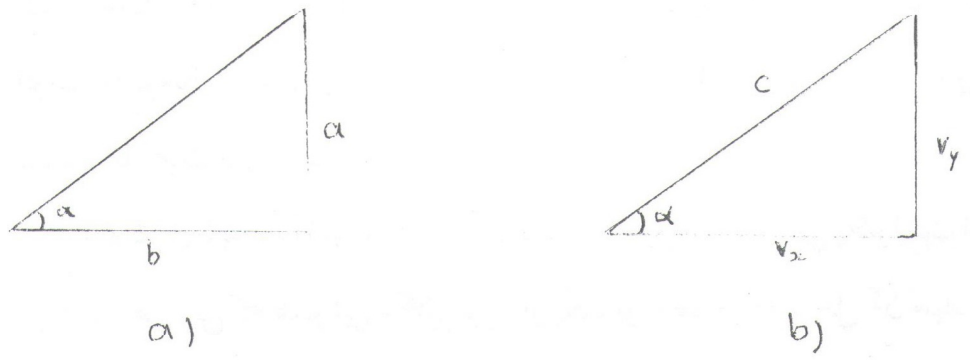
برای یک قطار فوتون که از داخل یک شکاف به پهنای d عبور می‌کنند داریم :

$$\Delta y = d$$

فوتونها قبل از عبور از داخل شکاف در امتداد عمود بر صفحه شکاف (جهت x) حرکت می‌کنند بعد از عبور از داخل شکاف یک مؤلفه‌ای در امتداد y هم پیدا می‌کنند.

چگالی احتمال برای مؤلفه سرعت v_y بوسیله توزیع شدت در طرح پراش داده میشود. اولین مینیمم را به عنوان عدم قطعیت سرعت بکار می‌رود. $\Delta v_y = c \,.\, \sin\alpha_1$

α_1 زاویه اولین مینیمم است.



شکل ۳) هندسی پراش در یک شکاف a) مسیر طی شده b) مؤلفه‌های سرعت یک فوتون

عدم قطعیت اندازه حرکت برابر است با　　$\Delta p_1 = m.c.\sin\alpha_1$

m جرم فوتون و c سرعت نور می‌باشد.

بر حسب رابطه دوبروی طول موج همراه یک ذره بصورت زیر تعریف میشود.

$$\frac{h}{\lambda} = p = m\,.\,c$$

بنابراین　　$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\ \sin\alpha_1$

زاویه α_1 اولین مینیمم بر طبق معادلهٔ (۱) برابر است با　　$\sin\alpha_1 = \frac{\lambda}{d}$

$$\begin{cases} \Delta y = d \\ \Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\sin\alpha_1 \end{cases} \Rightarrow \quad \Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\ \frac{\lambda}{d} \quad \Rightarrow \quad \Delta y\ \Delta p = h$$

اگر پهنای شکاف Δy کوچکتر شود اولین مینیمم پراش در زوایه‌های بزرگتری رخ خواهد داد. در این آزمایش زاویه α_1 از اولین مینیمم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\tan\alpha_1 = \frac{a}{b}$$

$$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\ \sin\alpha_1 = \frac{h}{\lambda}\sin\left(\arctan\frac{a}{b}\right)$$

داریم که　　$\frac{d}{\lambda}\sin\left(\arctan\frac{a}{b}\right) = 1$

بعد از تقسیم بر h نتایج اندازه‌گیری رابطه بالا را در محدودهٔ خطا نتیجه میدهد.

روش آزمایش:

شکاف متغیر ($d=0.05mm$ پهنا را با میکروسکوپ اندازه‌گیری نمائید) را در مقابل نور لیزر قرار دهید. توزیع شدت نمونه پراش را روی پرده مشاهده کنید. با یک فتوسل که در فاصله زیاد (b) از شکاف نصب شده توزیع شدت را اندازه‌گیری نمائید. جریان فتوسل را توسط یک مولتی متر دیجیتالی اندازه‌گیری نمائید. این جریان یا ولتاژ متناسب با شدت نور می‌باشد.

اندازه‌گیری باید در آزمایشگاه تاریک یا در یک روشنائی طبیعی یکنواخت انجام گیرد. در صورتی که همچنین مکانی نبود از یک لوله طویل که داخل آن سیاه شده است با قطر حدود ۴ سانتی متر استفاده کنید و در جلوی فتوسل نصب نمائید. فتوسل

روی ریل سوار شده و جریان فتوسل طرح پراش را بر حسب فاصله، در جهت عمود بر مسیر نور برای سه یا پنج ماکزیمم از راست به چپ اندازه گیری نمایئد. پهنای شکاف را تغییر دهید. ($d=0.1,0.15,mm$) و با پهناهای متفاوت اندازه گیری‌ها را تکرار کنید. منحنی شدت جریان فتوسل را بر حسب فاصله از مبدائی اختیاری رسم کنید. فاصله b (از شکاف تا فتوسل) را اندازه گیری نمائید. زوایه‌هائی که به ازای آنها ماکزیمم‌ها یا مینیمم‌ها تحت آن زاویه مشاهده میشوند و همچنین شدت نسبی را بدست آورید و با مقایرمحاسبه شده مقایسه کنید.

جدول (۲) نتایج اندازه گیری

پهنای شکاف	اولین مینیمم		
$\frac{d}{mm}$	$\frac{a}{mm}$	$\frac{b}{mm}$	$\frac{d}{\lambda}\sin(\arctan\frac{a}{b})$
0.101	7.25	1140	1.01
0.202	3.25	1031	1.01
0.051	10.8	830	1.05

پراش فرنل از یک شکاف:

شکاف چشمه و شکاف تفرقی روی تخت اپتیکی (ریل) به فاصله معینی از هم سوار کنید. لیزر هلیم نئون را پشت شکاف چشمه روشن کنید. شکاف تفرقی را ابتدا خیلی کم باز کنید. فریزهای پراش را در سایهٔ هندسی خواهید دید. شکاف تفرقی را باز کنید و مشاهده کنید که فاصلهٔ فریزها با عرض شکاف نسبت عکس دارند. باز هم شکاف تفرقی را بازتر کنید و ملاحظه کنید که وقتی به باز کردن این شکاف ادامه میدهید در مرکز شکل پراش یک خط روشن دارید. به باز کردن شکاف ادامه دهید ملاحظه خواهید کرد که مرکز به طور متناوب تاریک و روشن می‌شود. اگر شکاف را خیلی باز کنید فریزهای لبهٔ پرده مربوط به دو حد شکاف را مشاهده می‌کنید.

پراش سیم:

به جای شکاف تفرقی یک سیم نازک قرار دهید. (سیمی انتخاب کنید که نور لیزر را بازتاب نکند) فریزهای پراش سیم را مشاهده کنید. به جای سیم نازک سیم کلفت‌تری قرار دهید و فریزهای آن را ببینید دقت کنید که در هر دو حال مرکز سایه هندسی روشن است. دلیل مشاهدات خود را با توجه به منحنی کرنو بنویسید.

بنام خدا

آزمایش شماره ۱۱

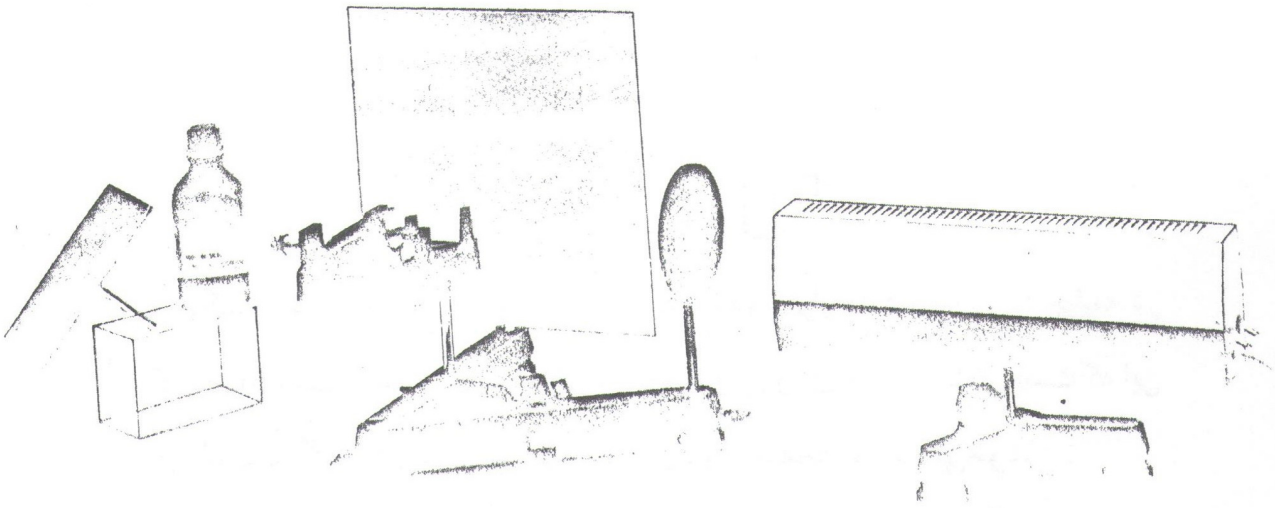
انترفرومتر مایکلسون

هدف آزمایش : تعیین طول موج چشمهٔ مجهول، تعیین ضریب شکست الکل متیلیک و بنزن، اندازه گیری ضریب شکست یک گاز

وسایل آزمایش: لیزر هلیوم - نئون، انترفرومتر مایکلسون ، پرده برای نشان دادن فرانژها، پایه ، عدسی و پایه ، محفظه خلاء ، پمپ تخلیه ، فشار سنج ، الکل متیلیک ، بنزین ، شلنگ لاستیکی.

مقدمه:

در انترفرومتر مایکلسون با استفاده از دو آینه که یکی ثابت و دیگری متحرک است تداخل نور انجام می‌گیرد و با استفاده از پیچاندن پیچ میکرومتری می‌توان طول موج را تعیین کرد ضریب شکست الکل اتیلیک و بنزن را نیز می‌شود با استفاده از انترفرومتری محاسبه کرد.



شکل (۱) نحوه سورا شدن وسایل

تئوری آزمایش:

اگر دو نور با یک سرعت زاویه‌ای ω اما دو دامنه و دو فاز متفاوت داشته باشند که در یک نقطه برخورد کنند با هم تداخل می‌کنند بطوری که:

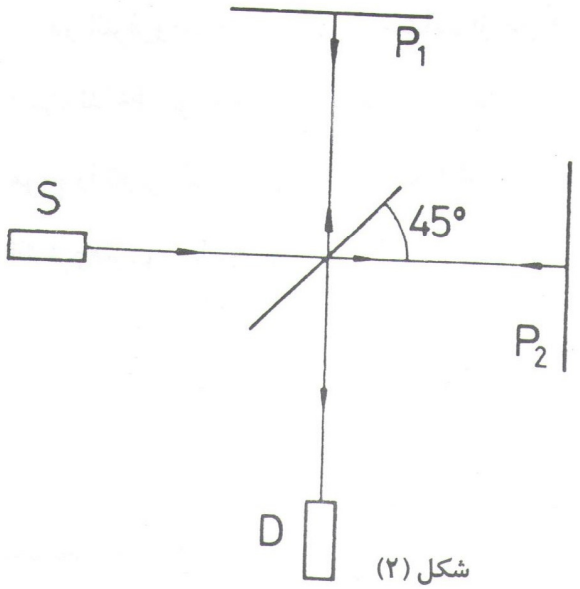
$$y = a_1 \sin(\omega t - \alpha_1) + a_2 \sin(\omega t - \alpha_2)$$

موج برآیند می‌تواند به این صورت نتیجه شود: $y = A \sin(\omega t + \alpha)$

که در این رابطه مقدار A $A^2 = a^2_1 + a^2_2 + 2a_1 a_2 \cos\delta$

و مقدار δ بدین صورت است: $\delta = \alpha_1 - \alpha_2$

در انترفرومتری مایکلسون نور به دو اشعه توسط آینه نیمه نقره اندود تقسیم می‌شود و توسط دو آینه سپس انعکاس پیدا می‌کنند و از تیغه شیشه‌ای نیمه نقره اندود دوباره عبور می‌کنند و نهایتاً روی صفحه نمایش، تداخل ایجاد می‌کنند.



شکل (۲)

یک عدسی بین منبع نور و سطح نیمه نقره اندود قرار دارد بطوری که چشمه در کانون آن است و نقش آن وسیع کردن نقطه نورانی روی صفحه نمایش است که این امر باعث بزرگتر دیده شدن فریزهای حلقوی روی صفحه نمایش می‌شود.

در شکل (۳) اگر آینه واقعی m_2 بوسیله تصویر مجازی آن m'_2 جایگزین شود این تصویر مجازی توسط سطح نیمه نقره اندود ایجاد می‌شود یک نقطه p از چشمه

واقعی توسط نقاط p' و p'' مربوط به چشمه‌های مجازی l_1 و l_2 ایجاد می‌شود. یعنی نقطه p روی چشمه دارای دو تصویر مجازی توسط دو آینه m_1 و m_2 می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه اختلاف راه نوری مطابق شکل عبارتست از $2dcos\theta$ بنابراین اختلاف فاز δ می‌باشد.

$$\delta = \frac{۲\pi}{\lambda} \; ۲d\cos\theta \qquad (۲)$$

که λ طول موج و چون دو موج ترکیب شده دامنه یکسانی دارند لذا از رابطه (۱) نتیجه میشود.

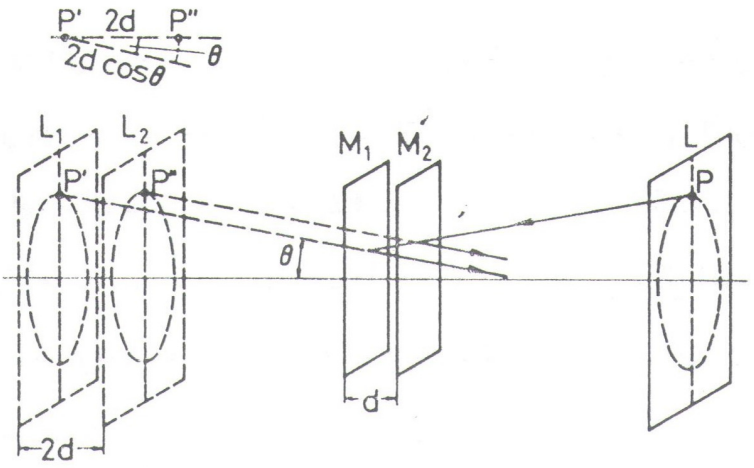
$$a_1 = a_2 = a$$

$$I \simeq A^{۲} = ۴a^{۲}\cos^{۲}\frac{\delta}{۲} \qquad (۳)$$

ماکزیمم شدت وقتی اتفاق می‌افتد که δ مضربی از 2π می‌باشد بنابراین از رابطه (۲) حاصل میشود که

$$2dcos\theta = m\lambda \qquad m = 1,2,3.... \qquad (۴)$$

بنابراین دایره‌های ایجاد شده با یک مقدار مشخص m، d و θ ثابت باقی می‌مانند.



شکل (۳)

اگر فاصله آینه قابل تغییر برای m_1 طوری تغییر کند که d بعنوان مثال کم شود بر اساس معادله (۴) قطر دایره نیز باید کم شود چون m این حلقه ثابت است

بنابراین موقعی که d به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ کم می‌شود یک حلقه پدیدار می‌شود. و اگر $d=0$ شود حلقه‌ها کاملاً ناپدید می‌شوند.

به عنوان مثال برای اندازه‌گیری طول موج تغییرات 500 حلقه شمرده شده است و جابجایی نتیجه: d مربوط به آن ۱۵۸×۱۰^{-6} متر بوده است در

$2\times158\times10^{-6}\cos(o)=500\lambda$ و $\lambda=632\times10^{-9}=632nm$

حال اگر نور فاصله x را در مایعی به ضریب شکست n طی کند راه نوری عبارت خواهد بود از nx و c سرعت نور در این محیط خواهد بود.

c_o سرعت نور در خلاء می‌باشد. $n=\frac{c_o}{c}=\frac{\lambda_o}{\lambda} \Rightarrow c=\frac{c_o}{n}$

پس ضریب شکست بوسیله اندازه‌گیری طول موج نور در مایع مورد نظر می‌تواند تعیین شود. $n=\frac{\lambda_o}{\lambda}$

که λ_o طول موج نور در هواست

اگر مقدار λ برای بنزن nm ۴۲۰ باشد، بنابراین ضریب شکست برابر است با:

$n=\frac{۶۳۲}{۴۲۰}=۱/۵$

روش آزمایش و نحوه سوار شدن وسایل:

وسایل آزمایش را مثل شکل (۱) سوار کنید به منظور دستیابی به فرانژهای بیشتر و بهتر باید دو آینه میزان شوند. برای این کار ابتدا باید عدسی A برداشته شود نور لیزر در این حال باید تحت زاویه ۴۵ درجه به آینه نیمه نقره اندود برخورد کند در نتیجه دو اشعه نور منعکس شده توسط آینه‌ها به صفحه مربع شکل (صفحه نمایش) برخورد می‌کنند توسط چرخاندن پیچ‌های میزان کننده روی یک آینه هر دو نقطه را به هم ملحق کنید.

اگر عدسی A را که قبلاً برداشته بودید مجدداً در مسیر اشعه قرار دهید نقطه نورانی بزرگتر شده و نمونه هایی از فرانژها را روی صفحه نمایش مشاهده خواهید کرد.

با دقت زیاد و دوباره میزان کردن پیچ آینه انترفرومتر می‌توانید فرانژهای دایروی

متحدالمرکزی بوجود آورید.

برای اندازه گیری طول موج، پیچ میکرومتری متصل به آینه دیگر انترفرومتر را بپیچانید تا مرکز دایره‌ها تاریک شود و عدد میکرومتر را بخوانید حال در همان جهت پیچ را بپیچانید تا به تعداد ۱۰۰ بار مرکز دایره‌ها روشن و تاریک شود حال مجدداً عدد میکرومتر را بخوانید اختلاف این دو عدد را بدست آورده و تقسیم بر ده کنید تا میزان جابجایی آینه بدست آید (d) ،

$$d=\frac{\text{عدد دوم - عدد اول}}{۱۰}$$

پس از رابطه زیر:

$$m\lambda=2d$$

می‌توانید طول موج اشعه لیزر را پیدا کنید که در رابطه فوق $m=۱۰۰$ و d میزان جابجایی آینه و λ طول موج است.

برای اندازه گیری طول موج اشعه لیزر در مایعات انتر فرومتر را در سلول شیشه‌ای قرار می‌دهیم و این سلول را روی پایه مخصوص گذاشته بطوری که نور از سلول عبور کرده و پس از دو شکست روی آینه‌های انترفرومتر به صفحه نمایش برخورد کند انترفرومتر باید طوری قرار داشته باشد (در داخل سلول) که پیچ میکرومتر و دو پیچ تنظیم مربوط به آینه‌های آن خارج از سلول قرار داشته باشند سپس سلول را از الکل متیلیک یا بنزن پر کنید و طول موج را مطابق قسمت اول آزمایش از رابطه $m\lambda=2d$ بدست آورید.

در پایان آزمایش انترفرومتر باید کاملاً خشک شود البته اگر از یک سشوار برقی برای خشک کردن آن استفاده کنید بهتر است.

اندازه‌گیری ضریب شکست یک گاز :

محفظه مربوط به اندازه گیری ضریب شکست گازها را روی انترفرومتر نصب کنید. تیغه‌های جبران کننده راه نوری را در مقابل آینه دیگر نصب نمائید. توجه کنید که

نباید آثار انگشت روی تیغه‌ها باشد. سپس فرانژها را واضح تشکیل دهید. محفظه را به وسیله یک پمپ تخلیه نمائید. گاز مورد نظر را به وسیله یک شیر خلاء آهسته وارد محفظه نمائید. فرانژ مرکزی مرتباً محو می‌شود. تعداد فرانژهایی را که محو می‌شوند از حالت خلاء تا فشار دلخواه شمارش نمائید. (Δm) با استفاده از رابطه $n=\frac{\lambda_o}{\lambda}$ و n را حساب کنید.

به سوالهای زیر پاسخ دهید.

۱ـ چرا اگر $d=0$ باشد فریزی وجود ندارد؟

۲ـ در صورت وجود فریز تداخلی افزایش d تا چه حدودی امکان دارد؟

۳ـ چرا سطح آینه‌ها اندوده شده است؟

بنام خدا

آزمایش شماره ۱۲

تداخل سنج فابری - پرو

مقدمه :

تداخل سنج چند باریکه‌ای، که نخستین بار در اواخر قرن نوزدهم توسط چارلز فابری و آلفرد پرو ساخته شد، در نور شناخت جدید از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. اهمیت ویژه آن از آنجا ناشی می‌شود که علاوه بر اینکه یک دستگاه طیف نمایی با قدرت تفکیک فوق العاده بالاست، به عنوان کاواک تشدید لیزر نیز به کار می‌رود. این دستگاه، علی الاصول از دو سطح تخت موازی با بازتابندگی بالا که به فاصله d از یکدیگر قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. در عمل، شیشه نیمه نقره اندودیا آلومینیوم اندود که از نظر نوری تخت اند، سطوح باز تابندهٔ مرزی را تشکیل میدهند.

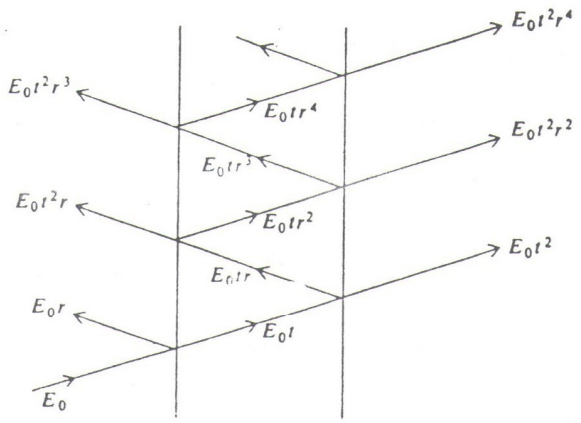
برای بدست آوردن فریزهای نازک سطوح بازتابنده باید فوق العاده تخت و با یکدیگر موازی باشند. تیغه تخت اپتیکی معمولی که تختی آن حدود $\frac{1}{4}$ طول موج است برای به کار بردن درتداخل سنج فابری - پرو مناسب نیست. تختی تیغه‌ها باید حدود $\frac{1}{20}$ تا $\frac{1}{100}$ طول موج باشد.از قدیم در دستگاههای فابری -پرو نقره یا آلومینیوم اندود باز تابنده‌ها با روش تبخیر در خلاء انجام میگرفته است. توان تازتاب این لایه‌های فلزی به خاطر جذب محدود بوده و تنها در حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد است.

اخیراً فیلمهای چند لایه‌ای دی الکتریک در تداخل سنج فابری - پرو به کار می‌رود. با چنین فیلمهای توان بازتاب تا ۹۹ درصد نیز رسانیده شده است. توان

جداسازی یک دستگاه فابری - پرو خوب به سادگی می‌تواند در حدود یک میلیون باشد. این دستگاه برای اندازه‌گیری دقیق طول موج و بررسی ساختار ریز خطوط بنیاب به کار برده میشود.

تئوری آزمایش:

دو تیغه با ضریب بازتاب r و ضریب تراگسیل t در نظر می‌گیریم این دو تیغه با هم موازی و به فاصله d از هم قرار گرفته‌اند. اگر در محیط میان دو تیغه جذبی صورت نگیرد، دامنه‌های پرتوهایی که از بازتابهای پی در پی داخلی به وجود می‌آیند بترتیبی مطابق شکل (۱) ، برابر با ... $E_o t$, $E_o tr$, $E_o tr^2$ می‌شوند در اینجا E_o دامنهٔ پرتوی اولیه است.



شکل ۱. مسیر پرتوهای نور در بازتابهای متعدد بین دو آینهٔ موازی (برای سادگی ،آینه‌ها بینهایت نازک فرض شده‌اند) .

مطابق شکل اختلاف راه هندسی بین دو پرتو تراگسیل پیاپی برابر $2dcos\theta$ است، پس اختلاف فاز بین هر دو پرتوی پیاپی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$\delta = 2d\,K\cos\theta = \frac{4\pi}{\lambda} d\cos\theta$$

دامنه پرتوهای تراگسیل را جمع می‌کنیم.

$$E_T = E_o t^2 + E_o t^2 r^2 \exp(i\delta) + E_o t^2 r^4 \exp(2i\delta) + \ldots$$

این یک سری هندسی با نسبت $r^2\exp(i\delta)$ است از این رو:

$$E_T = \frac{E_o t^2}{1 - r^2\exp(i\delta)}$$

چون تغییر فازی در بازتاب رخ می‌دهد r معمولاً باید عددی مختلط باشد و می‌توانیم آن را به صورت:

$$r=|r|exp(\frac{i\delta_r}{2})$$

بنویسیم که در آن $\frac{\delta_r}{2}$ تغییر فاز در یک بازتاب است.

اختلاف فاز کل بین دو پرتوی پیاپی Δ است.

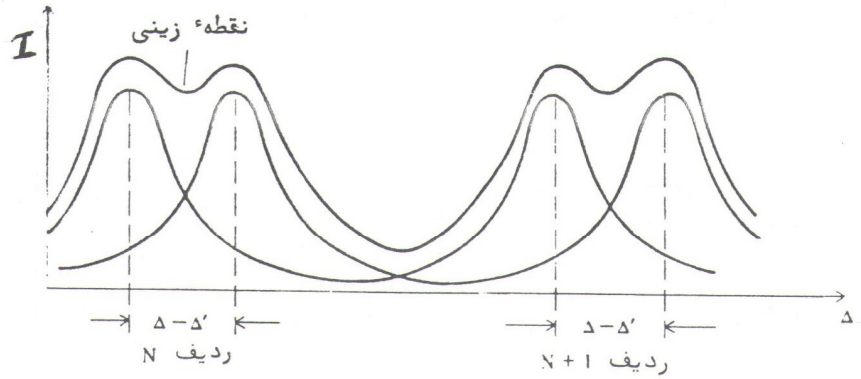
$$\Delta=\delta+\delta_r$$

از این رو فرمول شدت به این صورت نوشته میشود:

$$I_T=I_o\frac{T^2}{(1-R)^2}\frac{1}{1+F\sin^2(\frac{\Delta}{2})}$$

که F ضریب ظرافت می‌نامند و مقیاس باریکی فریزهای تداخلی است. در صورتی که بینابی وجود داشته باشد که از دو بسامد نزدیک به هم ω و ω' تشکیل شده است منحنی توزیع شدت از بر هم نهادن دو دسته فریز بوجود آمده است در اینجا دو مولفه هم شدت در نظر می‌گیریم بنابراین

$$I_T=I_o(1+F\sin^2\frac{\Delta}{2})^{-1}+I_o(1+F\sin^2\frac{\Delta'}{2})^{-1}$$



شکل۳ نمودار توزیع شدت برای دو خط تکفام در تداخل‌سنجی فابری- پرو.

حال اگر منحنی شدت یک فرورفتگی وجود داشته باشد می‌توان گفت که بسامدهای ω و ω' از یکدیگر جدا شده‌اند برای جداسازی در تداخل پرتوهای متعدد و معیار قرار دادی مفیدی موسوم به معیار تایلور وجود دارد.

با توجه به این معیار می‌توانیم توان جداسازی دستگاه را بدست آوریم:

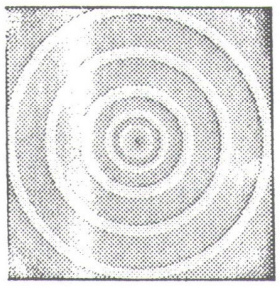
$$RP=N\pi(\frac{\sqrt{R}}{1-R})$$

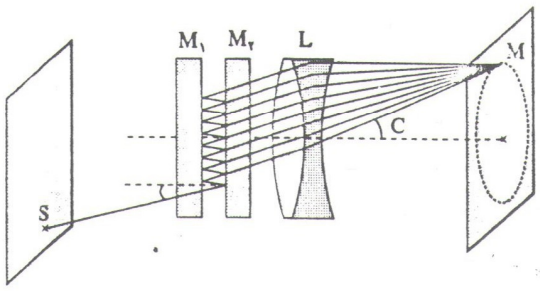
توان جداسازی انترفرومترفابری پرو به R بستگی دارد و هر چه R به یک نزدیکتر باشد، توان جداسازی بیشتری است.

هدف آزمایش: آشنایی با تداخل سنج فابری - پرو و تعیین طول موج مجهول و اندازه گیری اختلاف دو طول موج نزدیک به هم

وسایل آزمایش: دستگاه تداخل سنج فابری - پرو - لامپ سدیم

آشنایی با دستگاه: تداخل سنج فابری - پرو اساساً شامل دو تیغه تخت اپتیکی با ضریب بازتاب r و ضریب تراگسیل t که از شیشه یا کوارتز تشکیل شده و سطوح بازتابندهٔ آنها دقیقاً موازی هم قرار داده شده. یکی از تیغه‌ها ثابت و دیگری توسط یک پیچ میکرومتری جابجا میشود. دقت پیچ میکرومتری یک صدم است. جابجایی پیچ میکرومتری با جابجایی تیغه یکسان نیست چون پیچ میکرومتری جابجایی را توسط یک اهرم به تیغه انتقال میدهد. تیغه‌ها مطابق شکل بین یک عدسی کانون ساز و یک چشمه گسترده (لامپ سدیم) قرار گرفته است. در صفحه کانونی عدسی کانون ساز، فریزهای دایره‌ای هم مرکز ظاهر می‌شوند. این حلقه را می‌توان با چشم دید.





شکل (۳)

میزان کردن دستگاه:

لامپ سدیم را روشن کنید و در مقابل تداخل سنج قرار دهید. دوربین دستگاه را بردارید روزنه کوچکی را روی کاغذ ایجاد کنید، آنرا در بین لامپ و دستگاه قرار دهید و از طرف مقابل به تداخل سنج نگاه کنید. در صورتی که سطح دو تیغه با هم موازی نباشند، تعداد زیادی تصویر از روزنهٔ دیده می‌شود. با تنظیم دو پیچ که در روی تیغه ثابت قرار دارد این تصاویر متعدد را روی هم منطبق کنید. سپس با تنظیم

دقیقتر فریزهای دایره‌ای تشکیل خواهند شد. این فریزها که بسیار باریک و روشن هستند در بی نهایت جایگزین شده است بنابراین لازم است برای بهتر دیدن این فریزها دوربین را روی دستگاه قرار دهید مشاهده خواهید کرد که با تغییر دادن پیچ میکرومتری به تدریج فریزها جمع و در مرکز ناپدید می‌شوند. اگر بر عکس تغییر دهید، فریزهای تازه‌ای در مرکز ظاهر میشوند.

مدرج کردن دستگاه:

فریز مرکزی را در نظر بگیرید با زیاد و کم کردن فاصله دو تیغه توسط پیچ میکرومتری فریزهای جدیدی پدیدار و یا فریزهای سابق رفته رفته محو خواهند شد. درجه میکرومتری را روی یک عدد معینی بیاورید و آنرا یادداشت کنید (x_o) سپس با پیچاندن آن حدود ده عدد از فریزهای بوجود آمده یامحو شده را بشمارید و سپس درجه میکرومتری را دوباره بخوانید. (x_1) ومقدار آن را یادداشت نمائید. به ازاء بیستمین، سی امین و ... صدو نودمین فریز مقداری که پیچ میکرومتری نشان میدهد خوانده و یادداشت کنید.

اکنون تفاضل بین صفرامین و صدمین، دهمین و صدودهمین و ... را بدست آورید و سپس میانگین مقادیر فوق رامحاسبه نمائید. مقدار میانگین بدست آمده جابجائی (تغییرات) پیچ میکرومتری به ازاء صدفریز است.

طول موج نور بکار رفته معین است $(\lambda = 5893A^0)$ با استفاده از رابطه $2d=n\lambda$ در صورتی که $n=۱۰۰$ باشد d محاسبه می‌شود. مقدار d بدست آمده، میزان جابجائی تیغه‌ها به ازاء صد فریز است. تغییرات پیچ میکرومتری به ازاء صد فریز $\overline{\Delta x}$ است. جابجایی تیغه به ازاء صد فریز برابر است با $d=\frac{n}{2}\lambda=50\lambda=50_x5893\ \AA$ = ۲۹۴۶۵۰ A°

حال اگر تغییرات پیچ میکرومتری mm ۱ باشد جابجائی تیغه‌ها چقدر است؟

آزمایش (۱) تعیین فاصله بین طول موجهای زرد سدیم $(\Delta\lambda)$:

وقتی که نور زرد سدیم را در دستگاهی که قدرت جداکنندگی کمی دارد مشاهده

$\Delta x = ۰/۱۴\ mm$ $d = ۰/۰۰۰۲۹۴۶۵۰\ m$

ضریب تیغه حدود (ض = ۰/۲)

کنیم، خط زرد موجود در طیف آن به صورت دو خط نسبتاً مجزا از هم خواهد بود. با مشاهده آن در انترفرومتر فابری -پرو این فاصله بخوبی نمایان است. دو خط زرد سدیم دارای طول موجهای λ_1 و λ_2 می‌باشند. به ازاء λ_1 یک سری فریز حلقوی وبه ازاء λ_2 یک سری فریز حلقوی دیگری وجود خواهد داشت. با تغییر پیچ میکرومتری حالتی بوجود می آید که فریزهای حلقوی مربوط به λ_1 بر فریزهای حلقوی λ_2 منطبق میشود. هنگامی که دو تیغه بهم چسبیده باشند $(d=0)$ ماکزیمم فریزها دو خط زرد سدیم بر هم منطبق بوده و خطی بسیار درخشان بنظر خواهد رسید. وقتی که دو تیغه از یکدیگر فاصله بگیرند یکی از فریزهای موجود سریعتر از دیگری تغییر شعاع میدهد و زمانی که فاصله دو تیغه برابر $2d_1=n_1\lambda_1=(n_1+\frac{1}{2})\lambda_2$ باشد فریزهای که مربوط به λ_1 می‌باشد کاملاً بین فریزهای مربوط به λ_2 جای خواهد گرفت.

هرگاه فاصله دو تیغه را بیشتر کنیم لحظه‌ای فرا خواهد رسید که دوباره فریزهای λ_1 و λ_2 بر هم منطبق شوند و اگر باز هم ازدیاد فاصله را ادامه دهیم تا دوباره فریزها کاملاً بین هم قرار گیرند. خواهیم داشت، $2d_2=(n_2\lambda_1)=(n_2+\frac{3}{2})\lambda_2$

در نتیجه

$$\lambda_1-\lambda_2=\frac{\lambda_1\lambda_2}{(d_2-d_1)}$$

$$d_2-d_1=d'$$

$$d = \text{ضریب بازو} \times d'$$

لذا اختلاف دو طول موج برابر میشود با $\Delta\lambda=\frac{\lambda^2}{2d}$

λ واسطه هندسی بین λ_1 و λ_2 بوده و d فاصله بین دو حالت می‌باشد. (دو حالتی که بین هم یا بر هم منطبق شده‌اند.)

آزمایش (۲) اندازه‌گیری طول موج:

دستگاه را برای دیدن فریزهای حلقوی تنظیم کنید. تیغه متحرک را جابجا کنید. چنانکه تیغه به اندازه نصف طول موج تغییر مکان یابد، یعنی بر ضخامت هوا بین

تیغه‌ها افزوده یا از آن کم میشود، یک فریز در مرکز ظاهر یامحو می‌شود. پس اگر تیغه را به اندازهٔ d جابجا کرده باشیم و n فریز در مرکز پدیدار یا محو شده باشد طول موج از رابطهٔ $d = n\frac{\lambda}{2}$ بدست می‌آید.

درجه پیچ میکرومتر را بخوانید و پیچ را بچرخانید تا صد فریز در مرکز بوجود آید یا محو شود در شمارش فریزها توجه داشته باشید که دو دسته فریز مربوط به دو خط زرد سدیم را باید از هم تفکیک کنید و صد فریز از یک دسته را بشمارید) دوباره درجهٔ پیچ میکرومتری را بخوانید. تفاضل این دو عدد ضرب در ضریب بازو کنید، آنگاه مقدار جابجائی تیغه‌ها (d) برای صد فریز بدست می‌آید.

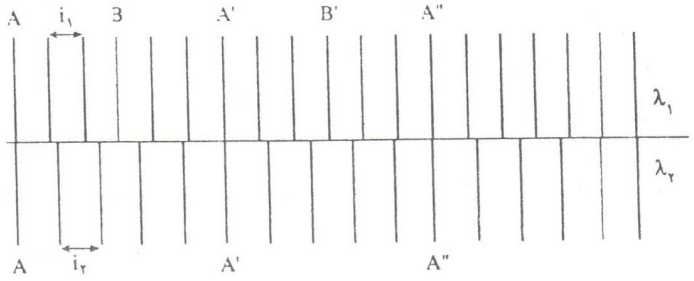
با استفاده از رابطه $d = n\frac{\lambda}{2}$ طول موج را بدست آورید.

خطای نسبی آزمایش را محاسبه نمائید.

به سوالهای زیر پاسخ دهید.

۱ـ چرا انترفرومتر را مدرج می‌کنند؟

۲ـ فرمول (۱) را بدست آورید؟



بنام خدا

آزمایش شماره ۱۳

سرعت نور

هدف آزمایش:

اندازه گیری سرعت نور در هوا، تعیین ضریب شکست مایعات و اجسام جامد شفاف

وسایل آزمایش:

اسیلوسکوپ دو کاناله، فرستنده گیرنده نوری، یک استوانه شفاف (پلکسی گلاس)، یک تیغه شیشه‌ای، عدسی $f=150mm$، میز منشور، پایه و خط کش فلزی یک متری.

تئوری آزمایش: وضع موج الکترومغناطیسی در یک نقطه از فضا تهی با دو بردار، یکی میدان الکتریکی E و دیگری میدان مغناطیسی H مشخص میشود. موقعی که این بردارها به زمان وابسته باشند، میدانها از یکدیگر مستقل نیستند. رابطه بین مشتقهای آنها نسبت به فضا و زمان توسط معادلات ماکسول داده می‌شود. معادله میدان‌های E و H را می‌توان از یکدیگر جدا کرد، دو معادله یکی بر حسب E و دیگری بر حسب H بدست می‌آیند:

$$\nabla^2 H = \frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad , \quad \nabla^2 E = \frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

از این معادلات این مفهوم ضمنی بنظر می‌رسد که تغییرات میدانها E و H با سرعتی برابر با مقدار ثابت C در فضای تهی منتشر می‌شود. سرعت انتشار نور از معادلات ماکسول به صورت $C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ بدست می‌آید.

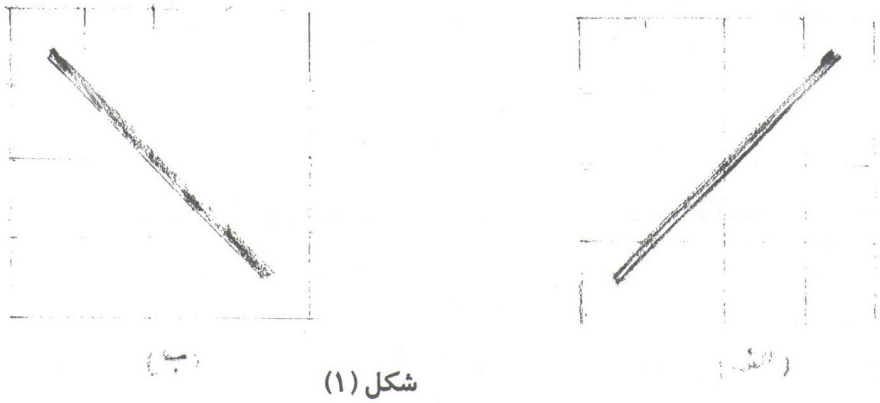
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{f}{m}$ ثابت میدان الکتریکی (در خلاء) می‌باشد و $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \frac{H}{m}$ ثابت میدان مغناطیسی (در خلاء) می‌باشد. ε , μ نفوذ پذیری الکتریکی و نفوذپذیری مغناطیسی محیط می‌باشند. سرعت نور در یک محیط از رابطه $u = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$ بدست می‌آید.

ضریب شکست یک محیط برابر نسبت سرعت نور در خلاء به سرعت نور در محیط است.

$$n=\frac{c}{u}=\sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\circ}}\ \frac{\mu}{\mu_{\circ}}}=\sqrt{k_e\ k_m}$$

k_e گذردهی نسبی و k_m تراوایی نسبی می‌باشد. بیشتر محیط‌های نوری شفاف غیر مغناطیسی‌اند بنابراین $k_m=1$ و در این صورت ضریب شکست برابر با ریشه دوم دی‌الکتریک محیط است. بعلت ارتعاشات اتم و مولکولها، نفوذپذیری الکتریکی و ضریب شکست نسبی وابسته به فرکانس است.

در این آزمایش از نور قرمز *(LED)* استفاده می‌شود. رابطه فازی بین سیگنال فرستنده و گیرنده توسط اشکال لیساژور در اسکوپ نمایش داده میشود. اگر روی صفحه اسکوپ خط مستقیم باشد (شکل ۱ الف) اختلاف فاز صفر است و اگر این خط مستقیم در ناحیه دوم و چهارم باشد، اختلاف فاز π میباشد. (شکل ۱ ب)



شکل (۱)

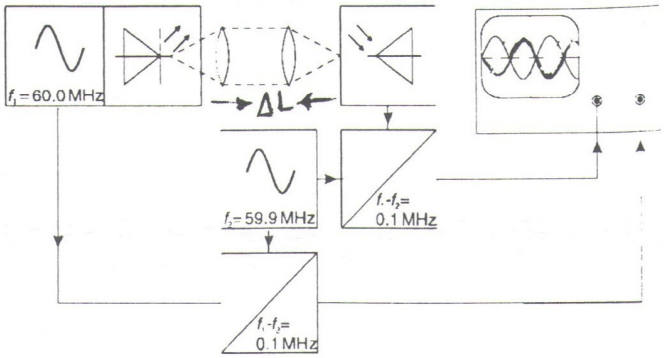
۱ - اگر تغییر فاز به اندازه π باشد بنابراین داریم که

$$\omega\ \Delta t=\pi\ ,\quad \frac{2\pi}{T}\ \Delta t=\pi\quad ,\quad \Delta t=\frac{T}{2}=\frac{1}{2f}$$

در صورتی که $f=$ *MHZ* فرکانس مدلاسیون باشد. سرعت نور در هوا از رابطهٔ زیر بدست می آید:

$$C_l=\frac{\Delta L}{\Delta t}=\frac{\Delta L}{\frac{1}{2f}}=2f\Delta L$$

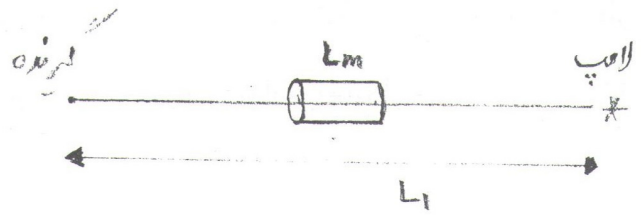
با توجه به شکل (۲) ΔL جابجایی در جهت خط مستقیم است.



شکل (۲)

۲ - تعیین سرعت نور در آب یا در یک ترکیب مصنوعی C_m مشابه با سرعت نور در هوا می‌باشد.

نور فاصله L_1 را در زمان t_1 طی می‌کند. $t_1 = \frac{L_1 - L_m}{C_l} + \frac{L_m}{C_m}$



شکل (۳)

در دومین اندازه گیری (بدون محیط) با ایجاد جابجائی Δx نور فاصله $L_2 = L_1 + \Delta x$ در زمان $t_2 = \frac{L_1 + \Delta x}{C_l}$ طی می‌کند.

اگر در هر دو حالت رابطه فازی بین فرستنده و گیرنده یکسان باشد پس داریم.

$$t_1 = t_2 + \frac{k}{f} \qquad k = 0, 1, 2, \ldots$$

k ضریب ثابتی است

$$\frac{1}{C_l}(L_1 - L_m) + \frac{L_m}{C_m} = \frac{L_1}{Cl} + \frac{\Delta x}{Cl} + \frac{k}{f}$$

$$L_m\left(\frac{C_l}{C_m} - 1\right) = \Delta x + \frac{k C_l}{f} \quad , \quad \frac{C_l}{C_m} = \frac{\Delta x}{L_m} + \frac{kC_l}{fL_m} + 1$$

در صورتی که $L_m = 1m$ باشد:

$$\frac{k C_l}{f L_m} = \frac{C_l k}{f} = \frac{2.998 \times 10^8}{50.1 \times 10^6} k \simeq 6k$$

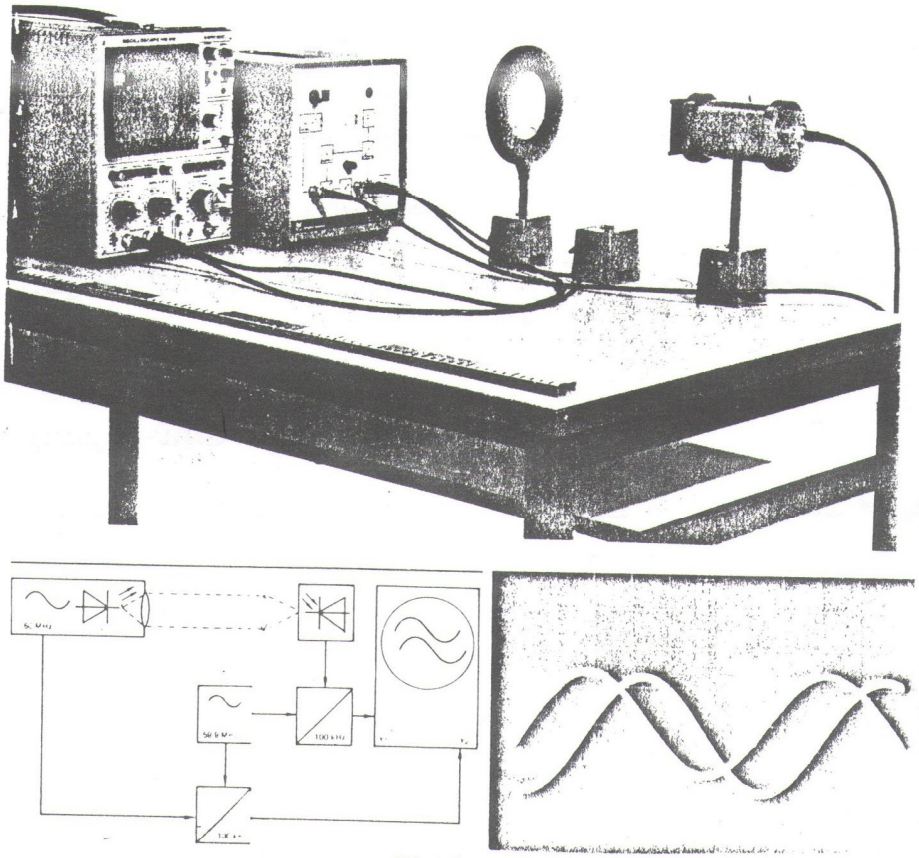
$$n = \frac{C_l}{C_m} = \frac{\Delta x}{L_m} + ۶k + ۱$$

در صورتی که $t_۱ = t_۲$ باشد $k=0$ است.

روش آزمایش:

الف) تعیین سرعت نور در هوا :

با راهنمایی کارشناس با اسیلوسکوپ بیشتر آشنا شوید. اسیلوسکوپ دو کاناله است و یکی از موارد استفاده آن اندازه گیری اختلاف فاز بین دو موج رسیده به آن است. در این آزمایش همین کاربرد مورد نظر است. یک موج همواره مستقیماً و دیگری با عبور از محیط (هوا) وارد اسیلوسکوپ می‌شود.



شکل(۴)

اگر دو موج رسیده به اسیلوسکوپ اختلاف فازی نداشته یا اختلاف فاز آنها مضرب درستی از ۲π باشد روی صفحه اسیلوسکوپ خط راستی (با زاویه ۴۵ درجه) در ناحیه اول و سوم ظاهر می‌شود. حال اگر چشمه نور تابیده را جابجا کنید. اختلاف فازی بین دو موج رسیده ایجاد خواهد شد این جابجائی را ادامه دهید تا اختلاف فاز π یا $(2k\pi+\pi)$ شود. آن گاه مقدار جابجائی چشمه نور را اندازه بگیرید (Δx) با توجه به فرکانس مدلاسیون، Δt از فرمول $\omega\Delta t=\pi$ ، محاسبه می‌شود.

$$\omega t_1=2k\pi \qquad \omega t_2=2k\pi+\pi \qquad \omega(t_2-t_1)=\omega\Delta t=\pi$$

سرعت نور در هوا C_l از تقسیم Δx بر Δt بدست می آید.

ب) تعیین ضریب شکست اجسام جامد شفاف :

جسم جامد شفاف که طول آن (L_m) مشخص است بین چشمه و گیرنده طوری قرار دهید که نور از داخل آن عبور کند بنابراین نور از هوا (L_1-L_m) و از جسم شفاف (L_m) عبور می‌کند و وارد گیرنده می‌شود، موج دیگر مستقیماً وارد می‌شود. اختلاف فاز بین این دو موج را معین کنید. جسم شفاف را حذف کنید، حال با جابجائی چشمه همان اختلاف فاز قبلی را ایجاد کنید.

L_m و Δx را اندازه بگیرید و از رابطه $n=\frac{C_l}{C_m}=\frac{\Delta x}{l_m}+\frac{k\,C_l}{f l_m}+1$ استفاده کنید و ضریب شکست را پیدا کنید.

ج) تعیین ضریب شکست مایعات :

با استفاده از روش قسمت (ب) ضریب شکست مایعات را بدست آورید.