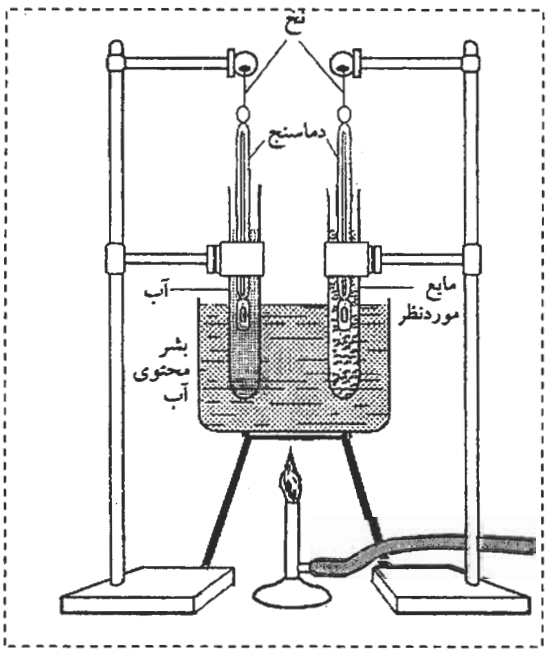
اصلی

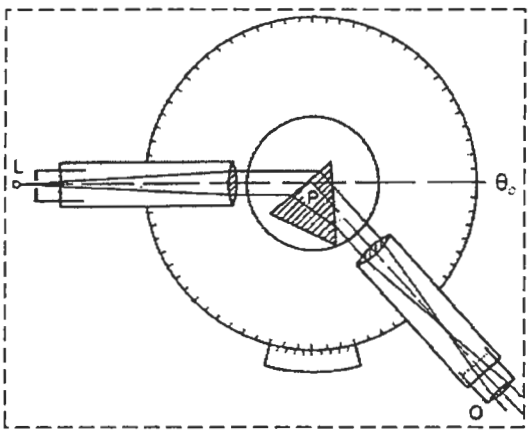
دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده فیزیک

دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه ۲

مخصوص دانشجویان رشته فیزیک





۳۲ برگ
۱۴۵۰

فهرست آزمایشات

صفحه

پیشگفتار ۲

آزمایش شماره ۱ : بررسی پدیده تشدید در تار مرتعش و لوله صوتی بسته ٤

آزمایش شماره ۲ : تعیین ضریب انبساط خطی جامدات ۱۱

آزمایش شماره ۳ : بررسی قوانین گازها (بویل ماریوت – شارل گیلوساک– عمومی گازها) ۱۵

آزمایش شماره ۴: گرماسنجی (ارزش آبی گرماسنج–عدد ژول – گرمای ویژه جامدات) ۱۹

آزمایش شماره ۵: تعیین گرمای ویژه به روش سردکردن ۲٤

آزمایش شماره ۶ : بررسی انتشار و انعکاس نور و آینه ها ۲۷

آزمایش شماره ۷ : بررسی شکست و بازتاب نور در دیوپترهای متفاوت ۳٦

آزمایش شماره ۸ : بررسی عدسیهای محدب و مقعر ۴۴

آزمایش شماره ۹ : بیناب نمای (طیف سنج) منشوری ۵۰

آزمایش شماره ۱۰: اندازه گیری ضریب شکست جامدات و مایعات با استفاده از میکروسکوپ (y،x) و بررسی کیفی قطبش نور ٥٤

آزمایش شماره ۱۱: تداخل و پراش نور ٦۰

بسمه تعالی

پیشگفتار

هدف از انجام آزمایش در علوم تجربی رسیدن به پاسخ سوالاتی است که ذهن محققان را به خود مشغول داشته است. یک **سوال درست** زیربنای شکل گیری یک آزمایش منطقی است. در آموزش علوم تجربی همانند فیزیک تفهیم سوال توسط مدرس و درک آن توسط دانشجو مقدم بر انجام هر تحقیق و آزمایشی است. متاسفانه در برخی موارد بدون درک صحیح سوال، به یادگیری و حفظ پاسخ آن می پردازیم. بطوری که حتی پس از فراگیری پاسخ نمی دانیم، آنچه آموخته ایم پاسخ کدام سوال بوده است. آموزش **سوال محور** شیوه نوین و موفق آموزشی است، که مدرس با سوالات پی در پی و هدفمندی که ارائه می کند، مفاهیم را به دانشجو آموزش میدهد. در آزمایشگاه نیز انجام یک آزمایش و بدست آوردن نتیجه بدون اینکه بدانیم "آنچه بدست آورده ایم جواب کدام سوال است؟" از جمله مشکلاتی است که موجب خستگی، عدم ارتباط مناسب دانشجو با آزمایشگاه و درک مفاهیم می گردد. در حالیکه یک **آزمایشگاه سوال محور** ضمن ایجاد درک صحیح از مفاهیم تئوری و عملی، اشتیاق به انجام آزمایشهای تکمیلی و مبتکرانه را در دانشجو بر می انگیزد. یک دستورکار به اصطلاح کامل که مراحل انجام کار را یک به یک توضیح دهد، با اصل ابتکار و سوال محوری در تضاد است. یک آزمایشگاه مناسب آزمایشگاهی با تجهیزات کامل و پیشرفته و یک دستور کار کامل نیست بلکه "یک آزمایشگاه سوال محور و ایده آل شامل تعدادی سوال درست و منطقی است که دانشجو بتواند با وسائل موجود در آزمایشگاه و خلاقیت خود جواب آنها را بدست آورد."

ویرایش جدید "دستور کار آزمایشگاه فیزیک ۳ مخصوص دانشجویان فیزیک" با تغییراتی نسبت به ویرایش قبلی، که با زحمات اساتید ارجمند جناب آقای دکتر هراتی زاده، آقایان سوهانی و یوسفی و سرکار خانم جفعریان در طی دوره های قبل تدوین و تکمیل شده بود، ارائه شده است. قسمتهای تئوری تقویت شده است. سعی شده است ابهامات مطرح شده توسط دانشجویان رفع گردد. برخی وسایل تغییر یافته و یا اضافه گردیده اند که به تناسب قسمتهایی به دستور کار اضافه شده است. برخی تصاویر جایگزین گردیده و تعدادی سوال به انتهای هر گزارش اضافه گردیده است. از آنجائیکه دانشجو در آزمایشگاه پایه۱ با ترسیم نمودار و نحوه محاسبه خطا آشنا شده است، از تکرار این مقدمات اجتناب شده است.

از استاد گرامی خود سرکار خانم هایده جعفریان، که بازخوانی و ویرایش جزوه حاضر را انجام دادند، سپاسگذارم. این متن خالی از اشکال نیست و نظرات دانشجویان و همکاران گرامی راه گشای اصلاح ویرایش های آینده خواهد بود.

رضا مسکنی

تابستان ۱۳۸۷

آزمایش شماره ۱:

بررسی پدیده تشدید در تار مرتعش و لوله صوتی بسته

(الف): تار مرتعش:

هدف : محاسبه فرکانسهای مجهول در تار مرتعش

وسایل آزمایش: نوسان ساز با ۵ فرکانس- آهنربای نعلی شکل- جعبه تار- سیم هادی الکتریکی- وزنه- کفه نگهدارنده وزنه

تئوری آزمایش :

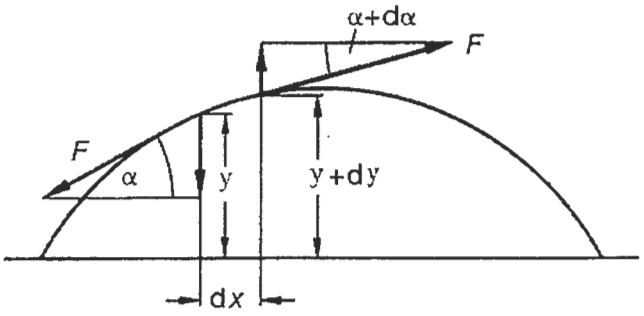
اگر تاری را در دو نقطه محکم کنیم و آنرا به ارتعاش در آوریم. چون ارتعاشات عرضی در طول تار منتشر شده و در انتهای ثابت منعکس می شوند امواج ساکن تولید می کنند. واضح است که برای ایجاد امواج ساکن باید پریود ارتعاشات طوری باشد که طول تار شامل مضارب صحیحی از $\frac{\lambda}{2}$ باشد یعنی

$$l = k\frac{\lambda}{2} \qquad k = 1,2,3,...$$

چون $\lambda = \frac{V}{f}$ (v سرعت موج، f فرکانس موج) است. پس خواهیم داشت

$$f = k\frac{V}{2l} \qquad (۱)$$

اما سرعت انتشار موجی عرضی در امتداد یک تار کشیده به چه عواملی بستگی دارد؟



شکل (۱)

با توجه به شکل (۱) زمانی که جزء dx از تار از حالت تعادل به اندازه y خارج می شود نیروی بازگرداننده F_y به آن وارد می شود:

$$F_y = F\sin\alpha - F\sin(\alpha + d\alpha) \qquad (۲)$$

تهیه گزارش کار

یادگیری نحوه نوشتن یک گزارش آزمایش کامل و ارائه نتایج و تحلیل به شکل علمی و دقیق یکی از هدفهای درس آزمایشگاه است. به این منظور لازم است دانشجویان گزارش آزمایش را در ابتدای جلسه بعدی آزمایش تحویل دهند.

یک گزارش آزمایش باید دارای بخش های زیر باشد:

- صفحه نخست شامل عنوان آزمایش، نام، نام خانوادگی و شماره دانشجویی آزمایشگر، تاریخ انجام آزمایش و تحویل گزارش کار
- موضوع آزمایش
- تئوری (مختصر)؛ در این بخش پس از مقدماتی مختصر، سوال یا مفهومی را که در آزمایش درپی بررسی آن هستید را بیان نمائید.
- نحوه انجام آزمایش و نکاتی که باید در حین انجام آزمایش مورد توجه قرار گیرند (مختصر)
- رسم نمودارها، تحلیل دقیق داده ها با توجه به خواسته های آزمایش
- محاسبه خطاها و دلایل بروز خطا
- ارائه راهکارهای مناسب جهت بهبود شرایط آزمایش
- پاسخ به سئوالات

باید توجه داشت هر کمیتی با واحد مورد نظر آن ذکر شود. برای نوشتن گزارش باید ارقام بامعنی در محاسبات و ارائه نتایج مورد توجه قرار گیرد. برای رسم تمامی منحنی ها از کاغذ میلیمتری استفاده شود.

برخی نکات که لازم است مورد توجه دانشجویان قرار گیرد:

۱- دانشجویان عزیز باید به موقع سر کلاس حاضر شوند، تاخیر بیش از ۵ دقیقه نمرهٔ منفی انضباط را در پی داشته و تاخیر بیش از ۱۵ دقیقه موجب محرومیت از کلاس و ثبت نمرهٔ صفر برای گزارش آزمایش همان جلسه خواهد شد.

۲- مدرس یا دستیار آزمایشگاه در مورد نحوه انجام و مطالب آزمایش هر جلسه سوال و پرسش خواهند داشت. دانشجویان آماده و با مطالعه دستور کار آزمایش مربوطه سر کلاس حاضر شوند، در غیر این صورت نمره ارزشیابی آمادگی، تخصیص نخواهد یافت.

۳- دانشجو در طول کلاس باید پشت میز خود بوده و نباید مزاحمتی برای گروه های دیگر ایجاد کند.

٤- دانشجویان موقع اتمام کلاس باید میز خود را مرتب کرده و تمام وسایل آزمایش را به طور کامل و مرتب روی میز خود قرار داده و به مدرس یا دستیار آزمایشگاه تحویل داده و سپس کلاس را ترک نمایند.

۵- در انتهای هر جلسه جداول داده های ثبت شده گروه خود را با درج مشخصات کامل (نام و نام خانوادگی، شماره و عنوان آزمایش و تاریخ و ساعت انجام آزمایش) تحویل دهند. بدیهی است بدون این دادها امکان تصحیح گزارش کار وجود ندارد.

٦- وسایل شخصی دانشجویان (اعم از کیف ، کوله ، کتاب ، کاپشن و غیره) روی میز را اشغال ننماید و با وسایل آزمایشگاه تداخل بوجود نیاید.

۷- در صورت غیبت، دانشجو حق حضور در دیگر گروهها را نداشته و نمره مربوط به آزمایش روزی که غایب بوده صفر لحاظ خواهد شد. تنها برای یکبار در صورت موجه بودن غیبت و تائید مدرس، برای دانشجویان با غیبت موجه، جلسه جبرانی تعیین خواهد شد.

که در آن α زاویه بین راستای x و y می باشد. که می توان نوشت:

$$\tan\alpha = \frac{\partial y}{\partial x} \qquad (۳)$$

میزان جابجایی y معمولا خیلی کوچک باشد، بنابراین:

$$\alpha = \sin\alpha = \tan\alpha \qquad (۴)$$

و درنتیجه :

$$d\alpha = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx \qquad (۵)$$

و رابطه F_y را می توان اینگونه بازنویسی کرد:

$$F_y = -F\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx \qquad (۶)$$

جرم جزء dx از تار برابر است با:

$$dm = \rho q dx \qquad (۷)$$

که درآن q سطح مقطع تار و ρ چگالی ماده است که تار از آن ساخته شده است.

بنا به قانون دوم نیوتن در راستای عمودی داریم:

$$dm \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -F_y \qquad (۸)$$

از تلفیق روابط ۶ و ۸ داریم:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{F}{q\cdot\rho}\cdot\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \Rightarrow \left(\frac{\mathrm{dx}}{\mathrm{dt}}\right)^2 = \frac{F}{q\cdot\rho} \Rightarrow$$

$$V = \sqrt{\frac{F}{q\cdot\rho}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad (۹)$$

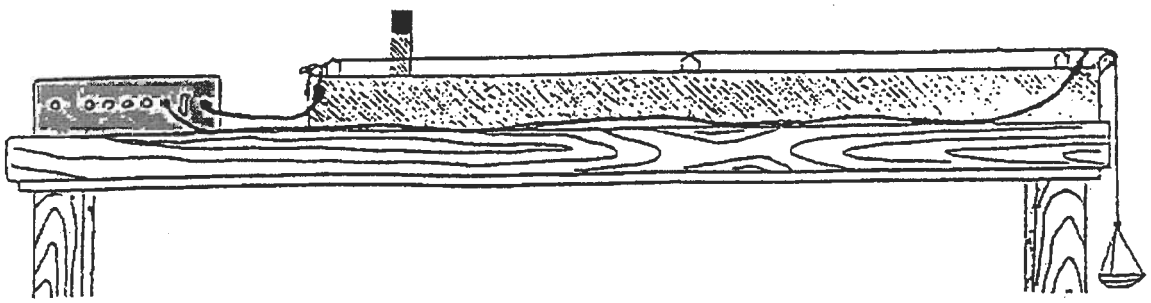
V سرعت انتشار ارتعاش عمودی در طول یک تار کشیده است که با جذر نیروی کشش (F) در طول تار نسبت مستقیم وبا جذر **جرم واحد طول** تار (μ) نسبت معکوس دارد .

بنابراین از (۱) و (۹) داریم:

$$f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad (۱۰)$$

روش آزمایش :

الف) ابتدا مطابق شکل (۱) نوسان ساز را به برق شهر وصل کرده و فیش آن را روی حالت ۱ قرار دهید سپس از خروجی نوسان ساز دو سیم را به دو طرف قابل ارتعاش روی جعبه تار وصل کنید.



شکل (۱)

مقداری معین وزنه روی کفه تار قرار دهید و آهنربای نعلی شکل را روی جعبه بگذارید . اکنون فیش فرکانس نوسان ساز را روی یکی از حالتهای ۱تا ۵ که مربوط به یک فرکانس معین است قرار دهید. خرک متحرک را در روی جعبه تار جابجا کنید بطوریکه در طول تار یک یا دو بطن (شکم) بوجود آید. از رابطه (۳) و اندازه گیری نیروی F (با توجه به وزن کفه و وزنه ها) و λ (از روی طول بطنها) و داشتن مقدار μ می توان فرکانس ارتعاش تار، f را که نوسان ساز تولید می کند بدست آورد .این آزمایش را برای هر فرکانس مجهول ۱تا ۵ انجام دهید و جدول زیر را پر کنید.

حالت	F	λ	f	f با استفاده از استروبوسکوپ
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

ب) استفاده از **استروبوسکپ** برای تخمین فرکانس تار مرتعش:

از استروبوسکوپ برای بررسی ارتعاشات دیاپازون،تار مرتعش، تعداد دور اجسام دوار نظیر پروانه، میل لنگ، حرکت امواج در سطح آب و... استفاده می شود. در این وسیله یک لامپ با فرکانس مشخص و قابل تنظیم روشن و خاموش می شود.

نور متناوب استروبوسکپ را به تار مرتعش بتابانید و فرکانس آنرا کم و زیاد کنید تا زمانی که تار مرتعش ثابت به نظر برسد. در این حالت فرکانس لامپ با فرکانس تار مساوی و یا مضرب صحیحی از آن خواهد بود. حالت همزمانی ممکن است به جای یک تک فرکانس در یک بازه فرکانسی (مثلا ۹۰-۱۰۰ هرتز) رخ دهد سعی کنید بهترین حالتی که به ازای آن سیم ثابت به نظر می رسد را انتخاب کنید. جدول قبل را با بکارگیری استروبوسکپ تکمیل کنید.

فرکانس ارتعاش تار را در یک فرکانس معین (مثلا روی شماره ۲) تنظیم کنید. زمانی که فرکانس استروبوسکپ به حدود مشخصی (مثلا ۹۰ هرتز) می رسد، سیم در حال ارتعاش تحت تابش نور بصورت یک سیم ثابت به نظر میرسد. فرکانس استروبوسکپ را دوبرابر و سپس سه برابر کنید و مشاهده خود را بیان نموده توجیه کنید. اکنون فرکانس استروبوسکپ را به نصف مقدار اولیه (مثلا حدود ٤٥) و پس از آن به یک چهارم مقدار اولیه (مثلا حدود ۲۲ هرتز) تقلیل دهید، مشاهده خود را بیان نموده توجیه کنید. راهکاری پیشنهاد کنید تا اشتباها فرکانس نصف مقدار فرکانس اصلی و یا دیگر مقادیر کمتر از فرکانس اصلی به جای فرکانس اصلی گزارش نشود.

ج)برای یک فرکانس ثابت با تغییر کشش سیم یک یا دو بطن در سیم بوجود آورید و رابطه ٤ را بررسی کنید.

$$\frac{\sqrt{F_1}}{\lambda_1}=\frac{\sqrt{F_2}}{\lambda_2}=\frac{\sqrt{F_3}}{\lambda_3} \qquad (4)$$

د) فرکانس واقعی شماره ۲ نوسان ساز را از مسئول آزمایشگاه پرسیده و با استفاده از رابطه $f=\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ مقدارنیروی لازم برای ایجاد یک موج با $\lambda=1m$ را محاسبه کنید. سپس با آزمایش موج ساکن با $\lambda=1m$ را در تار ایجاد کنید و مقدار نیرویی که به کار برده اید را با نیروی محاسبه شده تئوری مقایسه کنید.

سؤالات

۱- نقش آهنربا را در این آزمایش توضیح دهید.

۲- فرکانس f چه نسبتی با قطر تار مرتعش دارد؟

(ب): لوله صوتی:

هدف : محاسبه سرعت صوت در هوای آزمایشگاه

وسایل آزمایش: نوسان ساز و بلندگوی کوچک– لوله شیشه ای– مخزن آب– لوله لاستیکی اتصال

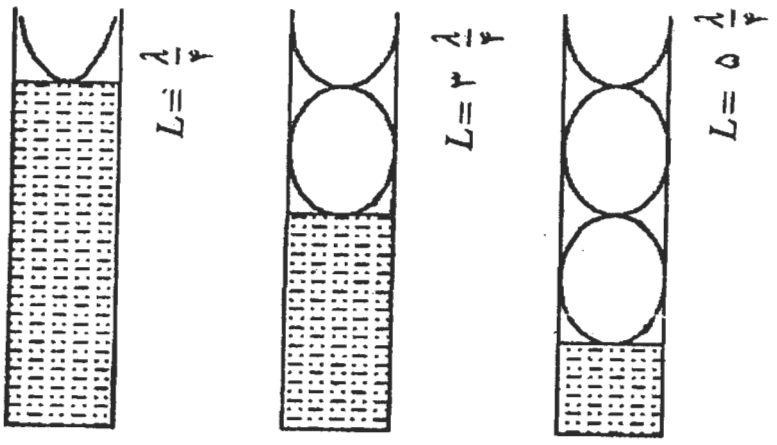
تئوری آزمایش :

همانطورکه در آزمایش تار مرتعش مشاهده کردید در اثر تداخل دو موج تابشی و انعکاسی که در خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند، امواج ایستاده و نقاط گره وشکم شکل می گیرد. مشابه این پدیده را نیز می توان برای امواج طولی صوتی بوجود آورد.

اگر در یک طرف لوله صوتی نیم بسته یک منبع صوتی قرار دهیم. با توجه به اینکه طرف بسته لوله به عنوان مانع سخت و طرف باز (دهانه لوله) آن به عنوان مانع نرم عمل می کند، برای طولهای مشخصی از لوله ممکن است در داخل لوله امواج ایستاده بوجود آید که این حالت را حالت تشدید می گویند. در حالت تشدید در قسمت بسته لوله گره و در قسمت باز آن شکم بوجود می آید. مطابق شکل زیر وقتی طول لوله صوتی نیم بسته مضرب فردی از $\frac{\lambda}{4}$ باشد تشدید رخ می دهد. یعنی:

$$L = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \qquad k = 0,1,2,...$$

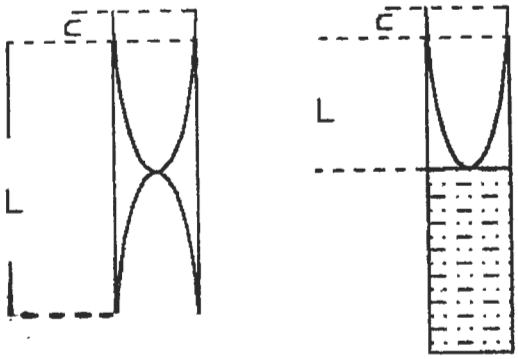
و در آن L طول لوله و λ طول موج صوت است.



تصحیح دهانه لوله

در بالا گفتیم در محل دهانه لوله مانع نرم برای موج محسوب شده ودر هنگام تشدید محل شکم موج ایستاده است، ولی واقعا همانگونه که در شکل زیر دیده می شود محل شکم اندکی بالاتر از دهانه لوله قرار می گیرد.

بطوریکه اگر فاصله یک گره و یک شکم در درون لوله را اندازه گیری کنیم، این فاصله از فاصله دهانه لوله تا اولین گره نزدیک به دهانه بزرگتر است. برای اندازه گیری طول موج حقیقی می توان فاصله لبه لوله تا اولین گره را وارد محاسبات نکرد و طول موج را براساس اندازه ها بعد از اولین گره داخل لوله انجام داد. و یا مقدار اضافی C را به طریق زیر محاسبه کرد.



برای اولین تشدید $k=1 \Rightarrow \frac{\lambda}{4}=(L_1+C)$

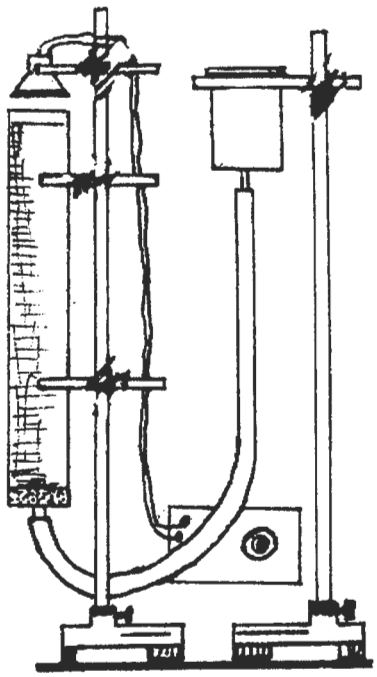
برای دومین تشدید $k=2 \Rightarrow \frac{3\lambda}{4}=(L_2+C)$

در نتیجه: $C=\frac{L_2-3L_1}{2}$

می توان C را از مرتبه های بالاتر تشدید نیز محاسبه کرد.

نخستین بار با انجام محاسبات نظری توسط هلمهولتز و واله رابطه $C=0.58r$ در نظر گرفته شد. که در آن r شعاع لوله است. مقدار C به طول موج نیز تا اندازه ای بستگی دارد.

روش آزمایش :



- خروجی نوسان ساز را توسط سیمهای رابط به ورودی بلندگوی دستگاه لوله صوتی متصل نمائید.
- در مخزن لوله صوتی مقدار لازم آب بریزید. دستگاه نوسان ساز را روشن نموده وآنرا روی فرکانس مورد نظر قرار دهید.
- مخزن لوله صوتی را به بالاترین حد ممکن برده و سپس آنرا به آرامی پایین بیاوریدتا اولین تشدید رخ دهد (صدا قویتر شود). محل سطح آب داخل لوله را نسبت به لبه لوله یادداشت نمائید (L_1)
- به آرامی مخزن را پایین تر آورده تا مجددا تشدید رخ دهد، دوباره محل سطح آب داخل لوله را نسبت به لبه لوله یادداشت نمائید (L_2) وبه همین ترتیب سومین حالت تشدید را بدست آورید (L_3)

برای هرفرکانس با توجه به رابطه $V = \lambda f$ سرعت صوت را محاسبه کرده جدول زیر را تکمیل نمائید.

f (Hz)				
L_1				
L_2				
L_3				
C				
$\overline{\lambda}$ میانگین				
V				

- با محاسبه سرعت میانگین خطای مطلق و نسبی را محاسبه کنید.
- میانگین مقدار اضافه C و آنرا با مقدار حاصل از رابطه هلمهولتز و واله مقایسه کنید.

سوالات:

۱- هنگامی که می خواهیم کوزه یا پارچی را از آب پرکنیم ریزش آب درون آن صداهای گوناگونی را ایجاد می کند. چرا؟

۲- کمترین بسامدی که می تواند در لوله آزمایش شما تشدید ایجاد کند، چقدر است؟

۳- در این آزمایش چگونه می توان بسامد مجهول یک دیاپازون را تعیین کرد؟

٤- طول لوله ای ۸۰ سانتی متر است، با دیاپازونی که بسامد آن ۱۶۰۰Hz است تا هماهنگ چندم را می توان بدست آورد؟

آزمایش شماره ۲ :

تعیین ضریب انبساط خطی جامدات و حجمی مایعات

(الف): انبساط خطی جامدات

هدف آزمایش : تعیین ضریب انبساط خطی جامدات

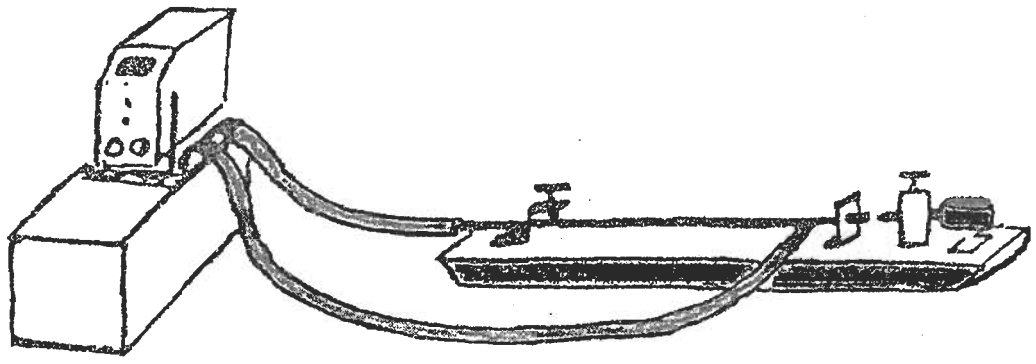
وسایل آزمایش : سیرکولاتور آب همراه با کنترل دما، دستگاه انبساط خطی جامدات

تئوری آزمایش:

هنگامیکه دما (T) بالا می رود، دامنه ارتعاشات اتمها در شبکه بلوری جسم جامد نیز افزایش می یابد. به سبب شکل خاص منحنی انرژی پتانسیل بین اتمها (؟) این ارتعاشات سبب افزایش فاصله متوسط بین اتمها می گردد. این امر از دیدگاه ماکروسکوپیک به افزایش طول جامد می انجامد. تغییر هر بعد خطی جسمی جامد - مانند طول، عرض و یا ضخامت- را یک انبساط خطی می نامند. اگر طول بعد مورد نظر l_0 باشد تغییر طول ناشی از تغییر دمای ΔT برابر Δl خواهد بود. بطور تجربی معلوم شده است که هر گاه ΔT به مقدار کافی کوچک باشد. تغییر طول با تغییر دما و طول اولیه l_0 متناسب است. می توانیم بنویسیم:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T \qquad \text{ویا} \qquad l = l_0 + \alpha l_0 (T - T_0)$$

که در آن α ضریب انبساط خطی نامیده می شود و برای مواد مختلف دارای مقادیر متفاوتی است.



شکل(۱)

روش آزمایش :

دستگاه را مطابق شکل (۱) سوار کنید. سپس مخزن آب را تا تقریباً ٤cm زیر لبه آن از آب پر کرده و سیرکولاتور را روشن کنید. کلید روی دستگاه را روی حالت SET قرار دهید و با ولومهای روی دستگاه سیرکولاتور را روی عدد ۲۵ C° قرار دهید. اگر دمای آب از ۲۵ C° بیشتر است (در صورت امکان) به آن آب سرد اضافه کنید تا دمای آب به ۲۵ C° برسد.

هنگامیکه دما به ۲۵ C° رسید میله فلزی دارای طول ۷۰ cm است. در این حالت ریزسنج را با انتهای میله تماس داده و با پیچ در جای خود محکم کنید سپس خط نشانه آنرا در مقابل صفر ثابت کنید دقت ریزسنج 0.01mm می باشد. دمای آب را که در واقع همان دمای میله نیز می باشد توسط ترموستات ده درجه ده درجه بالا برده و به ازای هر دما افزایش طول را اندازه گیری نمائید. این کار را حداکثر تا دمای ٦٥ C° ادامه دهید. در هر بار تغییر دما کمی صبر کنید تا دماسنج جیوه ای نصب شده روی سیرکولاتور عدد ثابتی را نشان دهد.

نتایج اندازه گیری شده را درجدولی مانند جدول (۱) یادداشت کنید:

T دمای میله	
Δl تغییرات طول میله	

جدول (۱)

به ازای هر دما یک α بدست آورید و میانگین آنها را حساب کنید. برای هر میله به ازای طول اولیه l_0 منحنی تغییرات Δl را بر حسب T رسم نمائید. به کمک این نمودار نیز α را بدست آورید.

میانگین α از جدول را با α بدست آمده از نمودار مقایسه کرده و خطای نسبی بین آنها را محاسبه کنید. این عملیات را برای میله های با جنسهای مختلف تکرار کنید.

(ب): انبساط حجمی مایعات

هدف آزمایش : تعیین ضریب انبساط حجمی مایعات

وسایل آزمایش : سیرکولاتور آب (و یا حمام آبی) همراه با کنترل دما، پیکنومتر با لوله شیشه ای مدرج.

تئوری آزمایش:

مایعات نیز معمولا بر اثر افزایش دما منبسط می شوند. این امر همانند جامدات ناشی از افزایش فاصله میانگین بین مولکولهاست. بنا به تعریف ضریب انبساط مایعات β عبارتست از:

$$\beta = \frac{1}{\Delta T}\frac{\Delta V}{V_{\circ}}$$

که در آن V_0 حجم اولیه مایع و ΔV تغییرات حجم و ΔT اختلاف دما می باشد.

تعریف مشابهی در مورد یک جسم جامد همسانگرد(؟) صادق است:

$$3\alpha = \frac{1}{\Delta T}\frac{\Delta V}{V_{\circ}}$$

بطور تجربی معلوم شده است که ضریب انبساط حجمی مایعات معمولا ۱۰ برابر ضریب انبساط حجمی جامدات است.

روش آزمایش :

- پیکنومتر حاوی ماده مورد نظر را در حمام آبی که دمای قابل تنظیم دارد قرار دهید.
- دمای اولیه را طوری تنظیم کنید که مایع مورد آزمایش در لوله مدرج متصل به آن در مقابل صفر قرار بگیرد.
- دما را به آهستگی (مثلا دو درجه، دو درجه) تا حداکثر ۵۰ درجه بالا برده و افزایش حجم را در جدولی مانند جدول زیر یادداشت نمائید. ممکن است قبل از رسیدن به این دما مایع لوله شما را پر کند. مراقب باشید، قبل از سر زیر شدن مایع از لوله، گرم کردن را متوقف کنید.

T دمای میله	
ΔV تغییرات حجم مایع	

جدول (۱)

به ازای هر دما یک β بدست آورید و میانگین آنها را حساب کنید. به ازای حجم اولیه V_0 با چشم پوشی از انبساط حجمی پیکنومتر، منحنی تغییرات ΔV را برحسب ΔT ترسیم نموده و با استفاده از آن β را بدست آورید.

میانگین β از جدول را با β بدست آمده از نمودار مقایسه کرده و خطای نسبی بین آنها را محاسبه کنید. این عملیات را برای مایعهای دیگری که در اختیار دارید، تکرار کنید.

روش دیگر آزمایش:

در صورتی که پیکنومتر شما مدرج نیست و یا کنترل دمای چندان دقیق و قابل تنظیمی ندارید. می توانید با یک روش ساده، ولی نه چندان دقیق، براساس تغییرات جرم مایع ضریب انبساط را بدست آورید.

- پیکنومتری که در اختیار دارید را کاملا تمیز و خشک کرده. جرم آنرا بدست آورید.
- پیکنومتر را لبالب از مایع مورد نظر پر کنید.
- محیط خارجی آنرا به خوبی تمیز نمائید و یکبار دیگر جرم آنرا بدست آورید. جرم مایع را محاسبه کنید. m_1
- اکنون پیکنومتر را در حمام آبی قرار داده و تا دمای معینی گرم کنید. مقداری از مایع سرریز خواهد شد.
- پیکنومتر را از حمام خارج کرده، محیط خارجی آنرا به دقت تمیز و خشک نمایید و دوباره جرم آنرا بدست آورده جرم مایع را محاسبه کنید m_2

-با چشم پوشی از تغییرات چگالی مایع و انبساط خود پیکنومتر در این فرایند، برای مقدار ماده سر ریز شده رابطه زیر برقرار است.

$$\Delta m = m_2 - m_1 = m_1 \beta \Delta T$$

- مقدار β را با کمک رابطه بالا محاسبه کنید.

سوالات:

۱- ثابت کنید ضرایب انبساط سطحی و حجمی به ترتیب ۲ و۳ برابر ضریب انبساط خطی اند.

۲- ضرایب انبساط حقیقی و ظاهری مایع را تعریف کنید.

۳-چرا می توان از انبساط حجمی پیکنومتر چشم پوشی کرد؟

٤- اگر نخواهیم از انبساط پیکنومتر صرف نظر کنیم، باید از چه فرمولی برای تغییرات حجم استفاده کنیم؟

٥- با کمک فرمول بالا و در نظر گرفتن مقدار واقعی ضریب انبساط مایع (از کتب یا منابع معتبر)، ضریب انبساط شیشه پیکنومتر را بدست آورید.

٦- افزایش طول ماکروسکوپیک (انبساط) اجسام در اثر گرم شدن را بر اساس دیدگاه میکروسکوپیک و ترسیم شکل خاص منحنی انرژی پتانسیل بین اتمها توجیه کنید.

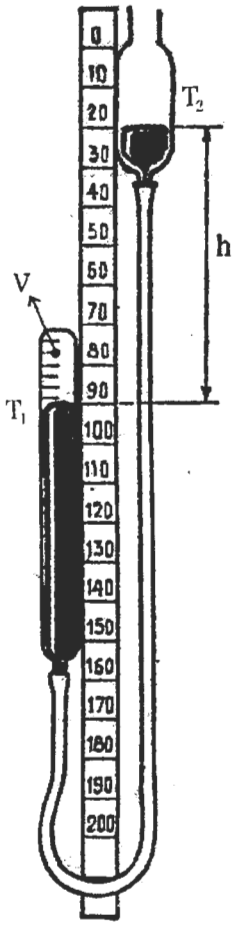
آزمایش شماره ۳ :

بررسی قوانین گازها

(الف): قانون بویل- ماریوت

هدف آزمایش : اندازه گیری فشار جو آزمایشگاه با استفاده از قانون بویل ماریوت

وسایل آزمایش : دستگاه بویل ماریوت- جیوه



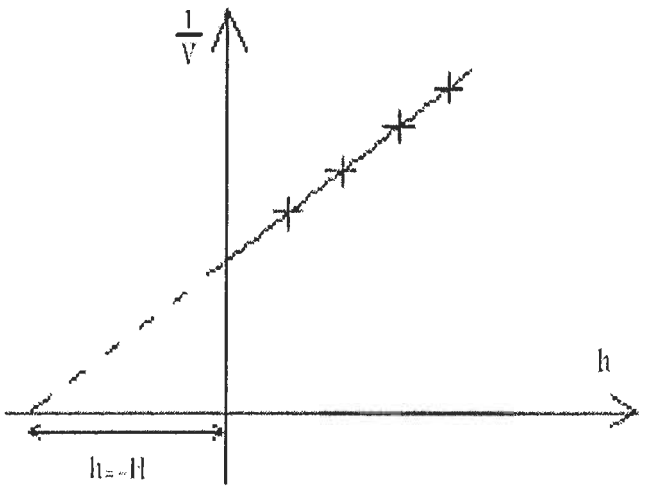
تئوری آزمایش: بر اساس قانون بویل ماریوت به ازای جرم معینی از یک گاز در دمای ثابت، حجم به طور معکوس متناسب با فشار می باشد (ثابت PV = C) با توجه به این معادله، بدیهی است که نمودار $1/V$ بر حسب P یک خط راست خواهد بود. اکنون اگر H فشار جو بر حسب سانتیمتر جیوه و h اختلاف سطح تراز جیوه در لوله های T۱ وT۲ بر حسب سانتیمتر باشد در این صورت فشار گاز P برابر خواهد بود با P=H+h بر حسب سانتیمتر جیوه. از طریق برونیابی نمودار $1/V$ بر حسب h فشار جو H را بدست می آید.

روش انجام آزمایش:

دستگاه بویل ماریوت موجود دارای یک سیر کولاتور می باشد که آب با دماهای مختلف را اطراف لوله محتوی گاز پمپ کرده و دمای گاز را تغییر می دهد. این آزمایش چون در دمای ثابت (دمای محیط) انجام می شود، پس نیازی به استفاده از سیرکولاتور دستگاه نمی باشد. برای انجام این آزمایشات لازم است که در حجمهای دلخواه و مختلف از گاز (که با بالا و پایین بردن لوله متحرک دستگاه انجام می شود) اختلاف ارتفاع دو سطح جیوه در طرف باز لوله و طرف بسته لوله را بر حسب cm اندازه گیری کنید و جدول زیر را پر نمائید. لازم به ذکر است که مساحت قاعده لوله محتوی گاز $1\ cm^2$ است . بنابراین طول لوله حجم را بر حسب Cm^3 می دهد.

$V\ (cm^3)$	
$h\ (Cm)$	

سپس با رسم منحنی $\frac{1}{V}$ (عکس حجم) بر حسب h (اختلاف ارتفاع ستون جیوه در دو طرف) و با توجه به رابطه $\left(H+h=\frac{c}{V}\right)$ که در آن به ازای $\frac{1}{V}=0$ داریم h=-H به روش برونیابی (ادامه دادن منحنی تا قطع محور h) می توان مقدار H ، فشار جو در آزمایشگاه، را بدست آورد.



(ب): قانون شارل- گیلوساک

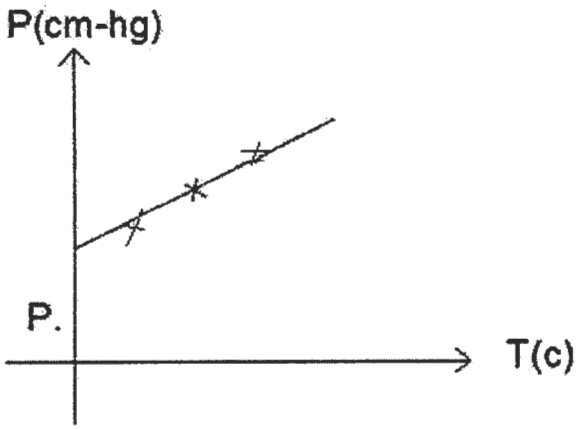
هدف آزمایش: اندازه گیری ضریب ازدیاد فشار گازها در حجم ثابت

وسایل آزمایش : دستگاه بویل ماریوت- جیوه- دماسنج- سیرکولاتور- ترمورگولاتور (کنترل کننده دما)

تئوری آزمایش: در این آزمایش با بررسی تغییرات فشار گاز بر حسب دما در حجم ثابت که از قانون تجربی شارل- گیلوساک مطابق رابطه زیر پیروی می کند، ضریب ازدیاد فشار گاز (که در اینجا هوا می باشد) را اندازه گیری می کنیم.

$$P = P_0 + P_0\beta\Delta T$$

که در آن P فشار در دمای T ، P_0 فشار گاز در دمای صفر درجه سانتیگراد و β ضریب ازدیاد فشار گاز می باشد. اگر منحنی تغییرات فشار گاز را بر حسب تغییرات دمای گاز، ΔT، رسم کنیم یک خط راست مطابق شکل زیر خواهیم داشت، که عرض از مبدأ آن P_0 و شیب خط $P_0\beta$ است.



بنابراین با داشتن منحنی تغییرات فشار بر حسب دما و محاسبه شیب آن می توان β را بدست آورد.

روش انجام آزمایش:

برای انجام آزمایش با توجه به تئوری آزمایش لازم است که فشار گاز را در دماهای مختلف (البته در حجم ثابت) اندازه گیری کنیم. دستگاه بویل ماریوت موجود برای تغییر دمای گاز دارای یک سیرکولاتور مجهز به ترمورگولاتور (کنترل کننده دما) می باشد. مخزن آب را تا تقریباً ٤cm زیر لبه آن از آب پر کرده و سیرکولاتور را روشن کنید. با قرار دادن کلید روی دستگاه در حالت SET می توان دستگاه را برای دمای مورد نظر تنظیم کرد. در انجام این آزمایش ابتدا یک حجم دلخواه را برای بررسی تغییرات فشار با دما که آزمایش در آن حجم باید انجام شود انتخاب کنید (به عنوان مثال ۱۳ Cm^3) سپس فشار گاز (H+h) را در حجم ۱۳ Cm^3 و در دمای محیط اندازه گیری کرده و در جدول زیر قید کنید.

T(C)	
P(Cm-hg)	

بعد از این مرحله، دستگاه سیرکولاتور را روشن و با افزایش دمای آب به اندازه ده درجه در هر مرحله فشار گاز را در دماهای مختلف (ولی در حجم ثابت ۱۳ Cm^3) اندازه گیری و در جدول یادداشت کنید. با افزایش دما گاز حجم گاز کمی افزایش می یابد. برای ایجاد شرایط حجم ثابت در هر مرحله کمی قبل از اینکه دما به حد معین مرحله برسد با بالا آوردن دسته لوله سرباز حجم گاز را به حجم معین قبلی(مثلا ۱۳ Cm^3) باز گردانید. بطوریکه وقتی دما و فشار را قرائت می کنید، حجم همان مقدار معین باشد. این کار را حداکثر تا دمای ٦٥ C° ادامه دهید.

با رسم منحنی فشارهای اندازه گیری شده بر حسب ΔT و محاسبه شیب خط می توانید β را محاسبه نمائید. و در مقایسه با مقدار نظری آن، $\frac{1}{273.15}$ (؟) ، خطای نسبی نتیجه خود را بدست آورید.

(ج): قانون عمومی گازهای کامل

هدف آزمایش: تحقیق قانون عمومی گازها و بدست آوردن تعداد مول گاز محبوس

وسایل آزمایش : دستگاه بویل ماریوت- جیوه- دماسنج- سیرکولاتور- ترمورگولاتور (کنترل کننده دما)

تئوری آزمایش: در مورد گازهای کامل می دانیم که بین تعداد مولهای یک گاز n و فشار P، حجم V و دمای آن $T(K^0)$ رابطه زیر برقرار است.

$$PV=nRT$$

که در آن R ثابت عمومی گازها می باشد، بنابراین به ازای مقدار معینی از یک گاز همواره داریم.

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

در این قسمت از آزمایش می خواهیم قانون فوق را (که برای گازهای معمولی در فشارهای کم نیز صادق است) برای گاز موجود در دستگاه بررسی کنیم.

روش انجام آزمایش:

ابتدا در دمای محیط، فشار گاز (H+h) را در یک حجم دلخواه اندازه گرفته و آنرا در جدول زیر قید کنید. اگر آب مخزن پس از انجام قسمتهای قبل گرم شده است، آب مخزن را عوض کرده دمای سیرکولاتور را کمتر از دمای محیط تنظیم کنید و سیرکولاتور را روشن نمائید. با اینکار پس از چند دقیقه آب سرد دمای گاز محبوس را تا دمای محیط کاهش می دهد. سپس با تغییرات دما به اندازه مطلوب در هر مرحله، فشار گاز را در حجم های مختلف و دماهای مختلف اندازه گرفته و جدول زیر را پر کنید.

T(K)	
V(Cm)	
P(Cm-hg)	

با توجه به اعداد بدست آمده درستی رابطه قانون گازهای کامل را بررسی کنید.

تعداد مول گاز محبوس در جداره داخلی لوله را برای هر مرحله محاسبه کنید.

سوال:

۱- به نظر شما برونیابی منحنی فشار بر حسب ΔT در آزمایش اندازه گیری ضریب ازدیاد فشار گازها در حجم ثابت چه کمیت و مفهوم فیزیکی را نشان می دهد؟ از آزمایش شما این کمیت چقدر بدست می آید؟

آزمایش شماره ۴ :

گرماسنجی (کالریمتری)

(الف): ارزش آبی گرماسنج

هدف آزمایش : اندازه گیری ارزش آبی گرماسنج

وسایل آزمایش : گرماسنج- دماسنج دقیق- ترازو- آب - سه پایه با تور سیمی - چراغ بونزن

تئوری آزمایش: گرما مقداری انرژی است که به دلیل اختلاف دما بین یک جسم و جسم دیگری که با آن در تماس است مبادله می شود. با توجه به قانون پایستگی انرژی، مقداری انرژی که جسم با دمای بالاتر از دست می دهد برابر است با مقدار انرژی که جسم با دمای پایینتر دریافت می کند. این مبادله تا زمانی که دمای دو جسم یکی شود ادامه می یابد. زمانی که دو جسم هم دما شدند دیگر انرژی ای مبادله نمی شود، در این حالت دو جسم با هم در تعادل گرمایی قرار میگیرند و دمای مشترک را «دمای تعادل» می نامند.

بنا به تعریف اگر برای تغییر دمای m گرم از جسمی به اندازه ΔT درجه سانتیگراد، Q کالری گرما لازم باشد نسبت $\frac{Q}{\Delta T}$ را ظرفیت گرمایی (Heat Capacity) می گویند. گرمای ویژه (Specific Heat) هر جسم مقدار گرمایی است که باید واحد جرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سیلسیوس افزایش یابد. گرمای ویژه با c نمایش داده می شود و یکای آن $\frac{j}{kg^{\circ}C}$ و یا $\frac{cal}{g^{\circ}C}$ می باشد. به این ترتیب گرمای (Q) لازم برای ایجاد تغییر ΔT برای جسم به جرم m و گرمایی ویژه c از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q = mc\Delta T = mc(T_2 - T_1)$$

برای محاسبه دمای تعادل،T_f، دو یا چند جسم با گرمای ویژه $c_1\ c_2\ c_3$ و ... و جرمهای $m_1\ m_2\ m_3$ و ... با دماهای اولیه $T_1\ T_2\ T_3$ و ... که در تماس کامل با هم قرار گرفته اند، می توانیم حاصل جمع گرماهایی را که با هم مبادله کرده اند مساوی صفر قرار دهیم. $Q_1+Q_2+Q_3+\ldots = 0$

$$m_1c_1(T_f - T_1) + m_2c_2(T_f - T_2) + m_3c_3(T_f - T_3) + \cdots = 0$$

گرماسنج از یک فلاسک یا ظرفی که به خوبی عایق بندی شده و یک همزن و یک دماسنج تشکیل شده است. درون گرماسنج آب می ریزند و وقتی دمای فلاسک و همزن و آب یکی شد دما را می خوانند آنگاه جسم مورد نظر را درون فلاسک می اندازند تا به تعادل گرمایی برسد و دمای تعادل را می خوانند. گرماسنج، خود دارای **ظرفیت گرمایی** است که مربوط به فلاسک و همزن و دماسنج و دیگر اجزاء آن است

$A = 0 + m_{\text{ممزن}}\, c_{\text{ممزن}} + m_{\text{فلاکس}}\, c_{\text{فلاکس}}$ و تنها با داشتن ظرفیت گرمایی گرماسنج، می توان گرمای ویژه یک جسم را به کمک گرما سنج تعیین کرد.

$$A(T_f - T_C) + m_W c_W (T_f - T_C) + m\, c\, (T_f - T) + 0 = 0$$

که در آن T_C دمای اولیه آب و گرماسنج، T دمای جسم قبل از انداختن در گرماسنج و T_f دمای تعادل است. m و c مربوط به جسم مجهول است. اما محاسبه A ظرفیت گرمایی گرماسنج براساس گرمای ویژه و جرم اجزاء بسیار پیچیده است.

ارزش آبی گرماسنج مفهومی نزدیک به ظرفیت گرمایی گرماسنج است که در صورتی که گرمای ویژه آب را با مقدار $c_w=1\ \frac{cal}{g^\circ C}$ وارد محاسبات کنیم با آن معادل است. ارزش آبی گرماسنج عبارتست از مقدار آبی که هم ارز گرماسنج در یک واکنش تعادل گرمایی، گرما می گیرد و یا می دهد.

روش آزمایش:

لازم است پیش از تعیین گرمای ویژه یک ماده، ظرفیت گرمایی گرماسنج یا معادل آن ارزش آبی گرماسنج اندازه گیری شود. برای اندازه گیری ارزش آبی گرماسنج مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.

۱) مقداری آب معمولی (m_w) (کمتر از نصف حجم ظرف گرماسنج

۲)) در گرماسنج بریزید.

۳) مدتی صبر کنید تا تعادل گرمائی برقرار شود. آنگاه دما را به کمک دماسنج اندازه بگیرید. (T_c)

٤) مقداری آب گرم (m_h) که قبلاً به اندازه کافی (در حدود ٦٠ C°) حرارت داده اید (T_h) به آب داخل گرماسنج بیفزائید بطوری که سطح مایع مخلوط تا $^3/_4$ ظرف برسد.

٥) مدتی صبر کنید تا تعادل گرمائی در ظرف برقرار شود. پس از آن دمای مایع مخلوط (T_f) را یادداشت کنید.

$$m_h c_w (T_f - T_h) + m_w c_w (T_f - T_c) + m_{ca}\, c_{ca} (T_f - T_c) = 0$$

$$m_h c_w (T_h - T_f) = (m_w + A)\, c_w\, (T_f - T_c) \qquad (1)$$

٦) با استفاده از رابطه (۱) مقدار A را که ارزش آبی گرماسنج می باشد، محاسبه کنید.

m_{ca} (gr)	m_w (gr)	m_h (gr)	T_c (C°)	T_h (C°)	T_f (C°)	A

(ب): گرمای ویژه جامدات

هدف آزمایش : تعیین گرمای ویژه برخی اجسام جامد به روش گرماسنجی

وسایل آزمایش : گرماسنج- دماسنج دقیق- ترازو- آب - سه پایه با تور سیمی - چراغ بونزن- اجسام جامد

تئوری آزمایش: مشخصه هر ماده کمیتی است بنام گرمای ویژه، بنا به تعریف گرمای ویژه عبارت است از مقدار گرمای لازم برای یک درجه افزایش دمای واحد جرم ماده، یعنی $C = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$ با فرض ثابت بودن مقدار C در گسترده تغییرات دمایی ΔT مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای جسم از T_1 به T_2 برابر خواهد بود با $Q=mc(T_2 - T_1)$ از آنجا که گرمای ویژه آب برابر یک $\frac{cal}{g^\circ C}$ و استاندارد است، بنابراین هر جسمی که گرمای ویژه آن مورد نظر باشد با آب مخلوط می کنند. چون عمل اختلاط در یک ظرف (گرماسنج) صورت می گیرد در نتیجه ظرفیت گرمایی گرماسنج (ویا ارزش آبی گرماسنج) نیز باید بحساب بیاید.

یا توجه به قانون تبادل انرژی (که در اینجا بصورت گرماست) می توان نوشت:

مقدار گرمای گرفته شده توسط گرماسنج + مقدار گرمای گرفته شده توسط جسم سرد = مقدار گرمای از دست داده توسط جسم گرم

$$m_h c(T_h-T_f) = m_w c_w(T_f-T_i) + m_{ca}\, c_{ca}(T_f-T_i) = (m_w+A)\, c_w\, (T_f-T_i) \qquad (3)$$

که در این رابطه A همان ارزش آبی گرماسنج است.

روش آزمایش: جسم مورد آزمایش را نخست توزین کرده سپس آنرا در یک ظرف آب جوش قرار دهید تا دمای آن به دمای جوش آب برسد(T_h). سپس ظرف گرماسنج را کاملاً خشک کرده و به کمک ترازو جرم آن را اندازه بگیرید. در داخل ظرف گرماسنج حدود ۲۰۰ گرم آب m_w بریزید و مدتی صبر کنید تا ظرف و آب با هم همدما شوند، سپس دما T_i یادداشت کنید.

حال جسم داغ را به سرعت در ظرف آب گرماسنج قرار دهید و پس از مدتی که دما به حالت تعادل (T_f) رسید آن را یادداشت کنید. با استفاده از رابطه (۳) مقدار گرمای ویژه جسم جامد C را محاسبه نمائید (ارزش آبی A گرماسنج را قبلاً بدست آورده اید.)

سوالات:

۱- ظرفیت گرمایی با الکترونهای آزاد جسم چه ارتباطی دارد؟

۲- گرمای ویژه مولی را تعریف کرده و واحد آن را ذکر کنید. به نظر شما با وجود گرمای ویژه علت معرفی این کمیت چیست؟ با در نظر گرفتن جرم مولی، گرمای ویژه مولی فلزات مورد آزمایش خود را محاسبه کنید و با مقدار واقعی آنها مقایسه کنید.

(ج): معادل مکانیکی گرما

هدف آزمایش : تعیین معادل مکانیکی گرما به روش الکتریکی

وسایل آزمایش : گرماسنج با سیم حرارتی – مولتی متر- رئوستا(باتوجه به مقاومت گرماسنج ممکن است مورد نیاز باشد) - منبع تغذیه- دماسنج - کرونومتر.

تئوری آزمایش: می توان گفت که انجام کار مکانیکی بر روی یک سیستم معادل حرارت دادن سیستم توسط یک منبع خارجی است و نتیجه بگیریم کار و گرما نوعی انرژی هستند. کار و گرما تا زمان ژول همچون دو مفهوم جداگانه تلقی می شدند تا اینکه ژول در سال ۱۸۴۳م بین این دو ارتباطی قائل شد و این ارتباط به صورت اصل پایستگی انرژی بیان شد. طبق این اصل گرما و کار هر کدام شکلی از انرژی هستند و از این رو باید رابطه معینی؛ که معادل مکانیکی گرما نامیده می شود؛ بین آنها وجود داشته باشد.

رابطه بین واحدهای گرما و واحدهای کار مکانیکی را می توان توسط آزمایش به دست آورد. بدین ترتیب که مقدار کار مکانیکی را بر حسب ژول که به یک سیستم داده می شود اندازه می گیریم و از روی افزایش دما و تعریف Q مقدار حرارتی را که لازم است تا همان اثر را در سیستم آزاد کند بر حسب کالری به دست می آوریم.

معادل مکانیکی حرارت را می توان به روش الکتریکی و مکانیکی به دست آوریم. که در روش الکتریکی با عبور جریان الکتریکی از یک مقاومت باعث گرم شدن آن شده و با انتقال این گرما به آب درون کالریمتر می توانیم معادل مکانیکی حرارتی را محاسبه کنیم.

هر گاه به دو سر یک مقاومت ولتاژ V اعمال شود از این مقاومت جریان i عبور می کند انرژی الکتریکی ایجاد شده در مدت زمان t بصورت گرما ظاهر می شود ($W=Ri^2t$) ضریب تبدیل این انرژی به حرارت عدد J معادل مکانیکی گرما، نامیده می شود اگر فرض کنیم تلفات گرمایی بسیار ناچیز باشد می توان تصور کرد که تمام این گرما در داخل گرماسنج صرف افزایش دمای آب و اجزاء داخل گرماسنج شده است در صورتیکه جرم آب برابر M و ارزش آبی گرماسنج A باشد خواهیم داشت.

بر حسب ژول $W=Ri^2t$ برحسب cal $Q=(M+A)(T_2-T_1)$

بنابراین برای J داریم:

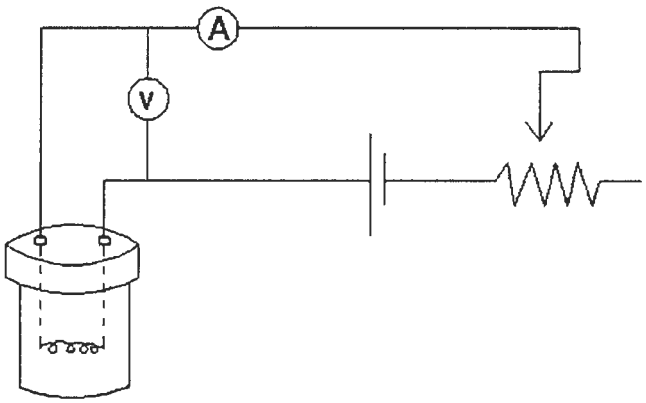
$$J=\frac{W}{Q}=\frac{Ri^2t}{(M+A)(T_2-T_1)} \qquad (2)$$

روش آزمایش:

ابتدا گرماسنج را کاملاً خشک کرده سپس جرم آن را (m_1) بکمک ترازو اندازه بگیرید سپس مقداری آب داخل گرماسنج بریزید تا مقاومت الکتریکی کاملاً در داخل آب قرار گیرد. حال مجدداً گرماسنج را وزن کرده جرم (m_2) آن را بدست آورید. بدین ترتیب جرم آب داخل گرماسنج برابر خواهد بود با $M=m_2-m_1$

اکنون مداری مطابق شکل (۱) ببندید و دماسنج را در محلی که در وسط گرماسنج برای آن تعبیه شده است قرار دهید مایع را با همزن مدتی بهم بزنید و کمی صبر کنید تا دماسنج دمای ثابتی را نشان دهد (T_1) آنگاه کرنومتر را همزمان با وصل مدار بوسیله کلید به کار اندازید (در مدت عبور جریان آب داخل گرماسنج را بهم بزنید.)

تذکر: در صورتی که مقدار مقاومت R را نمی دانید و یا مقدار شما دقت کمی دارد، می توانید در مدار یک ولت متر قرار داده و انرژی الکتریکی داده شده را از رابطه $W=IVt$ محاسبه نمائید.



شکل (۱)

پس از اینکه دما حدود ۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت کرنومتر و کلید را همزمان قطع کنید با همزن آن را مدتی بهم بزنید تا دماسنج به دمای تعادل (T_2) برسد نتایج خود را در جدولی مانند جدول زیر ثبت کنید. A ارزش آبی گرماسنج را در قسمت الف بدست آورده اید.

R (Ω)	I (A)	T(s)	W(j)

m_1 (gr)	m_2 (gr)	M (gr)	A (gr)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	Q (cal)

توسط رابطه (۲) عدد J را محاسبه نمائید و با در نظر گرفتن مقدار واقعی آن (از مراجع معتبر) خطای نسبی را محاسبه کنید.

آزمایش شماره ۵:

تعیین گرمای ویژه به روش سرد کردن

هدف آزمایش: تعیین گرمای ویژه یک مایع به روش سردکردن با استفاده از قانون نیوتن و با مقایسه با مایعی که گرمای ویژه اش معلوم است.

وسایل آزمایش: دو لوله آزمایش مشابه- بشر- دو دماسنج مشابه- گیره و پایه - چراغ گاز، سه پایه و توری- ترازو- مایع مورد آزمایش.

تئوری آزمایش: طبق قانون نیوتن، میزان اتلاف حرارت در یک جسم مستقیماً متناسب است با فزونی درجه حرارت جسم و محیط (یا به عبارتی تفاوت دمای جسم و محیط) و همچنین این اتلاف حرارت به سطح جسم بستگی دارد، قانون نیوتن را با فرمول زیر می توان نشان داد:

$$-\frac{d\theta}{dt} = k\theta$$

که در آن θ اختلاف دمای جسم و محیط است.

با انتگرال گیری از طرفین داریم:

$$Ln\theta\Big|_{\theta_0}^{\theta} = -kt\Big|_0^t + \text{ثابت}$$

اگر در لحظه t=o اختلاف درجه حرارت را θ_0 فرض کنیم مقدار ثابت رابطه فوق مساوی $Ln\theta_0$ می‌شود و داریم

$$Ln\theta - Ln\theta_0 = -kt \quad \rightarrow \quad \theta = \theta_0 e^{-kt}$$

ملاحظه می شود که تغییرات درجه حرارت جسم یا بعبارت دیگر اتلاف حرارت در یک جسم نسبت به زمان، تابعی لگاریتمی است. می توان بوسیله آزمایش منحنی فوق را برای یک جسم پیدا کرد. برای تعیین گرمای ویژه یک مایع به روش سرد کردن به دو طریق می توان عمل نمود.

الف) هر گاه جرم دو مایع m_1 و m_2 و گرمای ویژه آنها C_1 و C_2 باشد برای اینکه گرمای دو ظرف از درجه حرارت T به T' برسد (با صرف نظر از اتلاف گرما توسط خود لوله های آزمایش) هر یک به ترتیب $m_1C_1 (T-T')$ و $m_2C_2 (T-T')$ گرما از دست می دهند و اگر t_1 و t_2 زمانی باشد که در طول آن به ترتیب مایع اولی و دومی هر دو از دمای T به T' برسند رابطه زیر برقرار است:

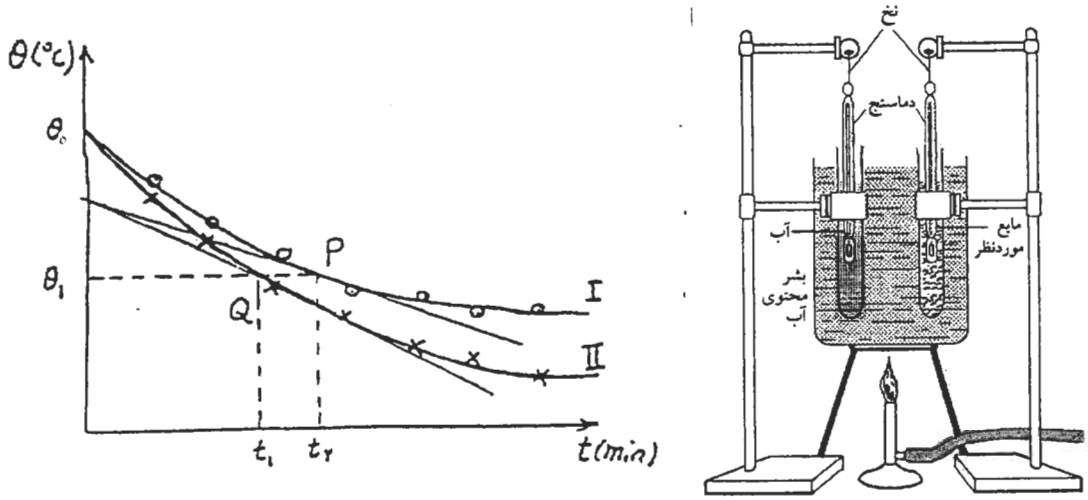
$$\frac{m_2C_2\left(T-T'\right)}{t_2} = \frac{m_1C_1\left(T-T'\right)}{t_1} \rightarrow C_2 = \frac{t_2}{t_1}\frac{m_1}{m_2}C_1 \qquad (1)$$

ب) هرگاه منحنی سرد شدن دو مایع را بوسیله آزمایش رسم کنیم و در یک درجه حرارت θ_1 خطی به موازات محور زمان رسم نمائیم تا منحنیها را در نقاط P و Q قطع کند، گرمای ویژه مایع از رابطه زیر بدست می آید:

$$m_1C_1\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_I = m_2C_2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{II} \qquad (2)$$

که $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_I$ و $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{II}$ به ترتیب شیب خطوط مماس به منحنی در نقاط P و Q هستند.

اگر یکی از دو مایع آب باشد، $C_1 = 1\ \frac{cal}{g^\circ C}$ بوده و به سادگی می توان C_2 را محاسبه کرد.



شکل (۱)

حال اگر از نقاط P و Q دو خط به موازات محور دما رسم کنیم تا محور زمان را در زمانهای t_1 و t_2 قطع نماید با معلوم بودن C به کمک رابطه $C_2 = \frac{t_2}{t_1}\frac{m_1}{m_2}C_1$ می توان C_2 را به سادگی بدست آورده آن را با نتیجه ای که به طریق قبل گفته شده مقایسه کرد.

روش آزمایش:

دو لوله آزمایش یکسان انتخاب کنید. آنها راخشک کرده هر یک را جداگانه توزین کنید. (این جرمها در قسمتهای دیگر آزمایش نیز مورد نیاز است!) برای خشک کردن لوله ها بهتر است آنها را با مقدار کمی الکل شسته و در مسیر جریان هوا قرار دهید. در یکی از لوله ها آب و در دیگری مایع مورد آزمایش (الکل) را به ارتفاعهای مساوی بریزید و دوباره آنها را وزن کنید (برای توزین لوله آزمایش محتوی مایع می توانید از یک بشر با جرم معلوم به عنوان پایه استفاده کنید) تا وزن آب و مایع بدست آید.

سپس این دو لوله را مطابق شکل داخل بشر قرار دهید و آنرا توسط گیره به پایه محکم کنید برای جلوگیری از شکستن لوله ها سعی کنید گیره ها مستقیماً با لوله ها در تماس نباشند برای اینکار می توانید از مقداری کاغذ استفاده کنید. دو دماسنج یکسان انخاب کنید. سپس در هر لوله یک دماسنج قرار دهید بطوریکه با بدنه لوله آزمایش تماس نداشته باشد. آنگاه آنها را در بشر محتوی آب قرار دهید بطوریکه هر دو مایع کاملاً در آب داخل بشر قرار گرفته سپس آب داخل بشر را بملایمت حرارت دهید تا دمای آن به (حداکثر ٤٦ C°) برسد.

شعله گاز را خاموش کنید. دقت کنید که دماسنجها یک دما را نشان نمی دهند و حتی پس از خاموش کردن شعله هنوز در حال افزایش دما هستند. (چرا؟) وقتی که دما دماسنجها دیگر بالاتر نرفت و ثابت شد، باید هر دو یک دما را نشان دهند. (ممکن است همدما نشوند و اختلاف دما باقی بماند چه راه حلی پیشنهادمی کنید؟)

در این موقع با احتیاط بشر را از زیر لوله های آزمایش بردارید و در همین لحظه کرنومتر را بکار انداخته و دقیقه به دقیقه دمای دو مایع را یادداشت کنید پس از گذشت ۱۰ دقیقه که تغییرات دما کم می شود می توانید فاصله زمانی خواندن دماسنجها را زیاد کنید (مثلا دو دقیقه دو دقیقه) و نتایج اندازه گیری را در جدول زیر درج نمائید.

T(min)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T (°C)	$\theta_1(C^\circ)$	$\theta_2(C^\circ)$
۰					
۱					
۲					
...					

در یک دستگاه مختصات منحنی سرد شدن دو مایع را رسم کنید (با ذکر مقیاس و واحد) با توجه به آنچه گفته شد گرمای ویژه الکل را هم از طریق رسم نمودار و محاسبه شیب (رابطه ۲) و هم با استفاده از رابطه (۱) بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه کنید.

سوالات:

۱- در این آزمایش چرا باید دو مایع هم ارتفاع در لوله آزمایش ریخته شوند؟

۲- در محاسبات آزمایش از گرمای تلف شده توسط لوله های آزمایش صرف نظر کردید. با در نظر گرفتن گرمای ویژه شیشه $C' = 0.2 \ \frac{cal}{g^\circ C}$ ، مقدار اصلاح شده C_2 گرمای ویژه الکل را محاسبه کنید.

آزمایش شماره ۶:

بررسی انتشار و انعکاس نور و آینه ها

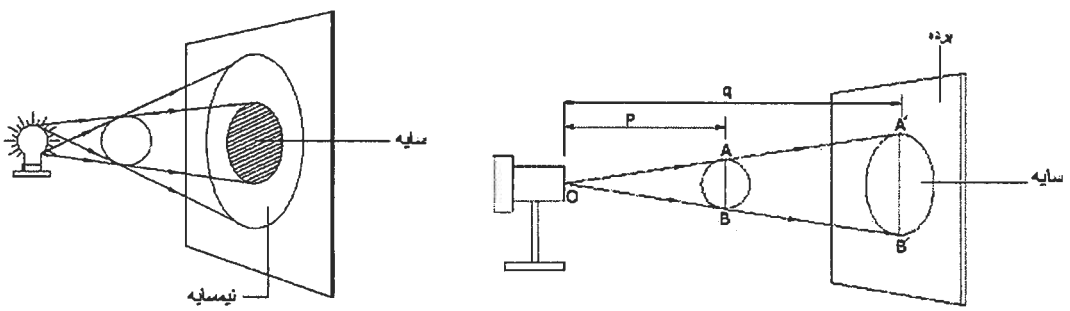
هدف آزمایش: بررسی پدیده های مربوط به نور هندسی

وسایل آزمایش: منبع نور – ریل نوری – دیسک نوری – پایه – گیره- شکافهای مختلف

تئوری آزمایش: در مورد نحوه انتشار نور دو نظریه متفاوت تقریباً همزمان توسعه پیدا نمود. یکی نظریه ذره ای نیوتن و دیگری نظریه موجی هویگنس. با توجه به اینکه از سویی نظریه موجی نور پدیده های بیشماری از قبیل تداخل ، پراش و ... را به خوبی توضیح می دهد و از سویی دیگر نظریه ذره ای آن بسیاری از پدیده های دیگر را به همان خوبی توجیه می کند، نتیجه می شود که در واقع برای توضیح همه پدیده های وابسته به نور باید از اصول علم مکانیک کوانتومی که مکانیک موجی نیز بخش جدا ناشدنی آن می باشد، استفاده شود. در مکانیک کوانتومی، نور به صورت فوتون است و به آن ویژگی دو گانه نسبت داده می شود. بدین معنی که ضمن اینکه موجی است، متمرکز نیز می باشد. برای مثال وقتی نور در فضا پیش می رود، ویژگی موجی دارد و وقتی که با ماده اندرکنش می نماید، مثلاً از آن گسیل یا به وسیله آن جذب می‌گردد، ویژگی ذره ای خواهد داشت.

انتشار نور و تشکیل سایه و نیم سایه:

نور توسط منابع نوری که به گونه های مختلف عمل می کنند تولید می شود. بیشتر آنها منابع نوری گرم از قبیل شمعهای مشتعل و سیمهای برافروخته می باشند. درباره نحوه انتشار نور و ماهیت آن همانگونه که اشاره کردیم، نظریات متفاوتی وجود دارد که هر یک از آنها برخی از مسائل و رفتار نور را توجیه می کند. دانشمندان از مدتها پیش با توجه به پدیده‌های تجربی متفاوتی از قبیل تشکیل سایه، نیم سایه، خسوف و کسوف دریافتند که نور در یک محیط همگن به خط مستقیم حرکت می کند. نحوه تشکیل سایه و نیم سایه با استفاده از یک منبع نور نقطه ای و گسترده مطابق شکل (۱) می باشد.



شکل (۱)

نحوه تشکیل تصویر در آینه ها:

بازتاب نور از روی اجسام به دو صورت است: الف) منظم ب) نامنظم .

در یک آینه به دلیل منظم بودن بازتاب نورها، تصویر تشکیل می شود. شعاع نوری که بر روی سطح آینه می افتد با توجه به قوانین انعکاس از روی آن منعکس می شود. این قوانین برای آینه ها به شرح زیر می باشند؛

۱) پرتو فرودی، خط عمود و پرتو بازتاب در یک صفحه قرار دارند.

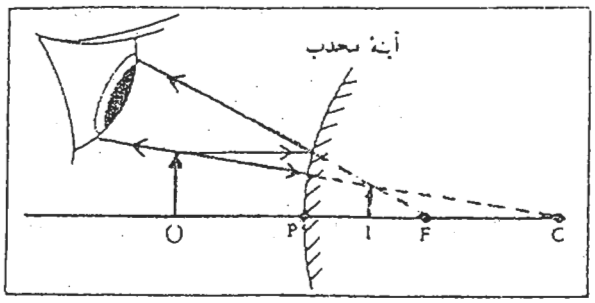
۲) زاویه بازتاب β مساوی با زاویه تابش α می باشد.

با توجه به این قوانین تصویر در آینه تخت، مجازی و در پشت آینه می باشد. سطح همه آینه ها تخت نیست بلکه بعضیها دارای سطح انحنادار هستند، (مانند آینه های رانندگی و یا تلسکوپهای آینه ای) در این نوع آینه ها، بسته به شکل سطحشان تصاویر آینه ای تولید شده بزرگتر و یا کوچکتر دیده می شوند. اگر انحناء به سمت بیرون باشد، محدب و اگر به سمت داخل باشد، آینه مقعر است، نحوه تشکیل تصویر در این آینه در شکل (۲و۳) نشان داده شده است.

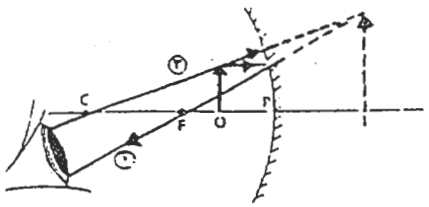
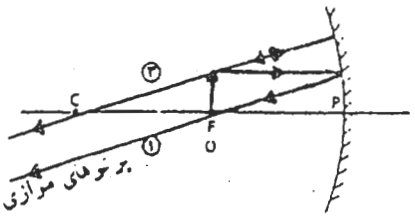
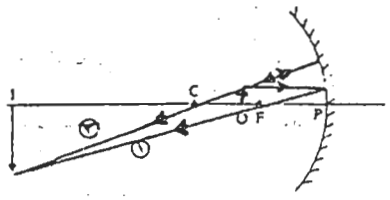
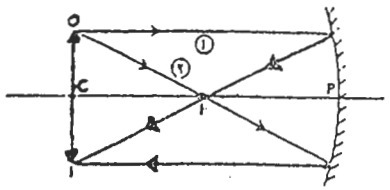
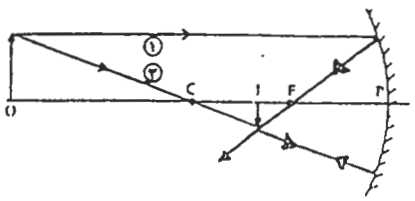
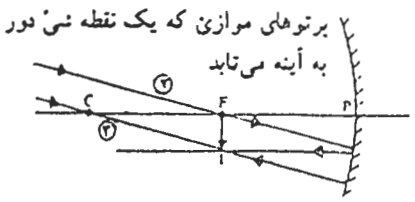
در این آینه ها با تابش نور موازی به آنها، امتداد پرتوهای بازتاب و یا خود پرتوهای بازتاب در یک نقطه با نام کانون جمع می گردند و فاصله کانون تا سطح آینه را فاصله کانونی f می نامند. اگر در این آینه ها فاصله جسم از آینه p و فاصله تصویر از آینه q باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

که در آن f برای آینه های محدب و q برای تصویر های مجازی (که از امتداد پرتوهای بازتاب تشکیل می شوند.) با علامت منفی منظور می گردند.



شکل (۲)- تصویر در آینه کوژ

الف- شی o بین F و P کاربرد: در دندانپزشکی و ...		تصویر I ۱-مجازی ۲-مستقیم ۳-بزرگتر ٤-پشت آینه
ب- شی o روی کانون کاربرد: تولید دسته پرتوهای موازی در نورافکن		تصویر I در بینهایت
پ- شی o بین کانون و مرکز		تصویر I حقیقی وارونه بزرگتر خارج از C
ت- شی o روی مرکز کاربرد: به عنوان بازتاب کننده در پشت لامپ پرژوکتور		تصویر I ۱-حقیقی ۲-وارونه ۳-به اندازه شی ٤-روی مرکز
ث- شی o در خارج از مرکز		تصویر I حقیقی وارونه کوچکتر بین F , C
ج- شی o در بینهایت کاربرد: در تلسکوپ باز تابشی و در کوره های آفتابی		تصویر I حقیقی وارونه کوچکتر روی F

شکل (۳) - تصویر در آینه های کاو

روش آزمایش:

الف) تشکیل سایه و نیم سایه:

برای تشکیل سایه باید چشمه نوری ایجاد کرد که تا حد امکان نقطه ای باشد. برای اینکار می توان از یک اسلاید روزنه و یک عدسی همگرا (برای کانونی کردن نور روی روزنه)، بترتیبی که در ادامه آمده است، استفاده کرد. منبع نور را روی ریل مربوطه قرار دهید و آن را روشن کنید، سپس عدسی همگرای (+۱۰) را روی ریل در محدوده ۳۳۰- ۳۲۰ قرار دهید . حال پایه نگه دارنده اسلاید را در محدوده ۵۳۰- ۵۲۰ قرار داده و اسلاید روزنه ریز را بنحوی بر روی آن قرار دهید تا تصویر فیلامان لامپ روی روزنه ریز قرار گیرد (نور روی روزنه کانونی گردد). صفحه تصویر (پرده) را روی پایه صفحه تصویر قرار داده و آنرا خارج از ریل در انتهای آن بگذارید. با قرار دادن جسم کدرِ دایروی در روی ریل، سایه آن را روی صفحه تصویر (پرده) تشکیل دهید. با استفاده از خط کش، قطر روزنه را روی صفحه تصویر بدست آورید و با اندازه گیری فواصل بین روزنه و جسم کدر (p)، روزنه تا صفحه تصویر (q) و قطر جسم کدر (AB)، قطر سایه را از رابطه $\frac{A'B'}{AB}=\frac{q}{p}$ محاسبه نمایید و نتیجه را با آنچه که اندازه گیری شده مقایسه نمائید.

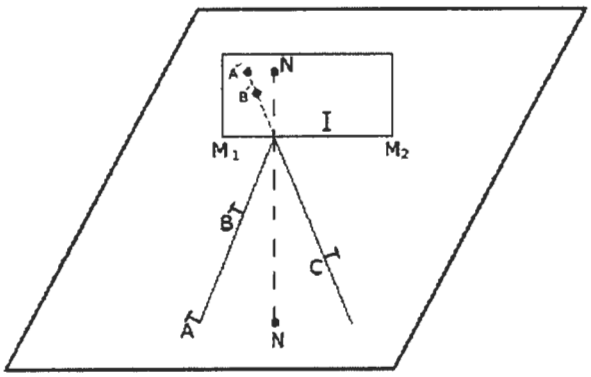
اکنون بدون حرکت دادن پایه، اسلاید روزنه ریز را برداشته و روزنه درشت را قرار دهید. در این حالت نیز سایه جسم کدر را بر روی صفحه تصویر مورد بررسی قرار داده و مشاهدات خود را بنویسید (قطر سایه. نیم سایه و غیره).

ب) بررسی قوانین بازتابش نور از آینه تخت و انحراف بازتاب در اثر دوران آینه :

برای بررسی قانون بازتاب نور از سطح آینه دو روش بکار می‌بریم. ابتدا استفاده از سنجاق، و سپس استفاده از دیسک نوری.

روش اول: ابتدا یک کاغذ سفید (یا یک تکه یونولیت) روی میز آزمایشگاه بچسبانید. سپس آینه تخت را روی پایه‌های آن نصب کرده و به طور قائم روی صفحه کاغذ قرار داده و خط M_1M_2 را مطابق شکل (٤) در امتداد لبه آینه رسم کنید. حال روی صفحه کاغذ خط مایل دلخواه AB را رسم کرده و در نقاط A و B دو سنجاق بطور قائم فرو کنید.

سپس به آینه طوری نگاه کنید (با یک چشم) که تصویرهای دو سنجاق A و B را بر هم منطبق ببینید. مطابق شکل سنجاقC را روی صفحه کاغذ درست در محلی فرو کنید که با تصویرهای دو سنجاق دیگر در یک امتداد دیده شوند. (با یک چشم) سنجاقها را برداشته و خط AB را ترسیم کنید و امتداد دهید تا خط $M_1 M_2$ را در نقطه I قطع کند. سپس خطی از C به I رسم کنید. AI و IC را می‌توانید به منزله پرتوهای تابش و بازتابش در نظر بگیرید. از نقطه I عمود IN را بر $M_1 M_2$ رسم کرده و زاویه تابش و بازتاب را اندازه گیری و نتیجه را یادداشت کنید.



شکل (٤)

روش دوم: ابتدا منبع نور را روی ریل نوری قرارداده و روشن کنید، عدسی همگرا (مثلا ۱۰+) را برای موازی کردن پرتوهای خروجی روی ریل قرار دهید. سپس پایه دیسک نوری را روی ریل قرار داده و دیسک را روی آن سوار کنید. (توجه شیب پایه به سمت منبع باشد) در نزدیکی دیسک پایه اسلاید را که روی آن اسلاید تک شکافی قرارداده شده، نصب کنید. باریکه خروجی را روی عدد صفر دیسک منطبق کنید. تا این قسمت هدف ایجاد یک پرتو باریک و واضح نور روی دیسک نوری است که پهنای آن روی دیسک تغییر نکند. اگر خطی که ایجاد شده پهن و یا ناواضح است و یا اینکه در روی دیسک همگرا یا واگرا گردیده است، با دور و نزدیک کردن عدسی به اسلاید تک شکافی شرایط مناسب پرتو نور را ایجاد کنید.

مدل آینه تخت را روی یکی از قطرهای دیسک نوری قرار دهید. دیسک نوری را بچرخانید تا سطح آینه عمود بر باریکه تابشی قرار گیرد. در این حالت پرتوهای تابش و بازتابش بر هم منطبقند. با چرخاندن دیسک زاویه تابش و بازتابش را از روی درجات محیط دیسک بخوانید و نتیجه را برای چند زاویه تابش متفاوت یادداشت کنید. (از این مشاهدات چه نتیجه می‌گیرید؟)

اکنون برای بررسی اثر دوران آینه روی پرتو بازتاب، باریکه تابشی را روی صفر درجه منطبق کنید و بدون اینکه دیسک بچرخد. آینه را بر یکی دیگر از خطوط دیسک (۳۰ یا ۶۰ درجه) مماس کنید. در این حالت به پرتو بازتاب توجه کنید. این پرتو چند درجه می‌چرخد برای چند زاویه آزمایش را انجام دهید و نتیجه را فرمول بندی کنید. این آزمایش را برای وجه‌های دیگر مدل آینه، که آینه‌های مقعر و محدب می‌باشند انجام دهید.

ج) بررسی چگونگی تشکیل تصاویر در آینه‌های متقاطع :

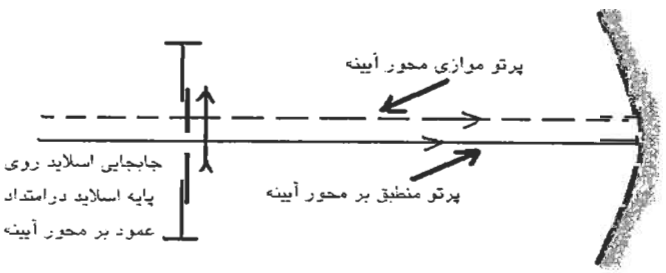
هر یک از دو آینه تخت را توسط یک پایه بطور قائم بنحوی قرار دهید که یکی از لبه‌های آنها با هم تماس پیدا کند. آینه‌ها را طوری قرار دهید که زاویه بین دو آینه ۹۰ باشد. جسمی را مقابل دو آینه قرار دهید و تعداد تصاویر مشاهده شده را یادداشت کنید. این کار را برای زاویای ۳۰ و ۶۰ درجه نیز تکرار کنید ونتایج را با رابطه زیر مقایسه کنید.

$$N\ (\text{تعداد تصاویر در دو آینه}) = \frac{۳۶۰}{\alpha\ (\text{زاویه بین دو آینه})} - ۱$$

تشکیل تصاویر در حالت ۶۰ درجه را به مسئول آزمایشگاه نشان دهید.

د) اندازه گیری فاصله کانونی آینه‌های خمیده با مدل آینه :

منبع نور را روی ریل قرار داده و روشن کنید. عدسی همگرا را برای موازی کردن پرتوهای خروجی در مقابل آن روی ریل قرار دهید. سپس دیسک نوری را روی ریل قرار دهید. اسلاید تک شکافی در جلو دیسک روی پایه‌اش طوری نصب کنید. همانند بخش قبل یک باریکه واضح نور تابشی روی دیسک ایجاد کنید. مدل آینه کاو (مقعر) را به نحوی روی دیسک قرار دهید که رأس آینه (P) بریکی از اعداد محورهای اصلی دیسک منطبق و آینه بر آن عمود باشد. مطابق شکل زیر، با کمی جابجا کردن اسلاید، روی پایه خود، در امتداد عمود بر محور اصلی آینه، پرتو تابشی را بموازات محور اصلی آینه (نه منطبق بر آن) قرار دهید. محل برخورد پرتو بازتابش با محور اصلی آینه، کانون حقیقی آن (f) است. این فاصله را اندازه‌گیری و یادداشت نمائید. آزمایش فوق را در حالتهایی که جابجایی اسلاید روی پایه اش زیاد باشد. یعنی فاصله پرتو موازی از محور اصلی بیشتر شود، تکرار کنید. مشاهده خود را بیان کنید. آیا واقعا برای این مدل آینه یک **نقطه** کانونی وجود دارد؟

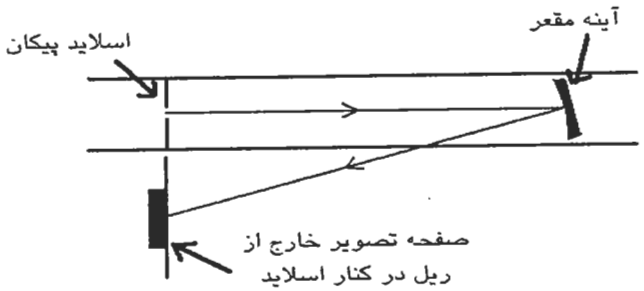


حال اسلاید سه شکافی را به جای تک شکافی قرار داده، با جابجا کردن عدسی همگرای موازی کننده سعی کنید پرتوهای باریک واضح و موازی روی دیسک نوری ایجاد کنید. پرتوهای تابشی را موازی محور آینه بتابانید. محل تقاطع بازتابها فاصله کانونی آینه است. فاصله کانونی را اندازه گیری کرده و با مقدار قبلی مقایسه کنید.

برای اندازه گیری فاصله کانونی آینه محدب (مدل آینه)، ابتدا یک صفحه کاغذ نازک (بطوریکه خطوط دیسک دیده شود) روی دیسک قرار دهید. سپس مدل آینه محدب را روی دیسک قرار دهید. بطوریکه یکی از خطوط دیسک بر محور آن منطبق شود. حال اسلاید سه شکافی را طوری تنظیم کنید تا پرتو خروجی وسطی روی محور آینه قرار گیرد. پرتوهای بازتاب و محور آینه را بر روی کاغذ با مداد ترسیم کنید.سطح آینه را ترسیم کنید. محل تقاطع آینه با محورش را نیز مشخص کنید(راس آینه A). حال امتداد پرتوهای خروجی را که با مداد مشخص کرده‌اید، ادامه دهید تا محور اصلی را در نقطه‌ای قطع کنند. فاصله محل تقاطع امتداد پرتوهای بازتاب تا نقطه A را که فاصله کانونی آینه است، اندازه گیری و یادداشت کنید.

هـ) تعیین فاصله کانونی آینه مقعر با استفاده از خاصیت مرکز آینه :

منبع نور را روشن کرده و روی ریل قرار دهید. سپس عدسی همگرا (مثلا ۱۰+) را برای موازی کردن پرتوها در مقابل منبع نور روی ریل نصب کنید. برای موازی کردن پرتوها نور عبوری از عدسی را روی یک پرده یا دیوار دور (بینهایت) بیاندازید. آنقدر عدسی را جابجا کنید تا تصویر واضحی از اجزاء لامپ درون منبع نور روی پرده یا دیوار شکل گیرد. در اینحالت دسته پرتوها موازی شده اند. پایه اسلاید را که روی آن اسلاید پیکان قرار دارد، در نزدیکترین فاصله از عدسی، روی ریل قرار دهید. آینه مقعر را روبروی اسلاید روی ریل قرار دهید. سپس صفحه تصویر (پرده) را روی پایه نصب نموده و در خارج ریل در کنار اسلاید قرار دهید (شکل زیر). آینه مقعر را روی ریل آنقدر جابجا کنید تا پرتوهای خروجی از آینه، تصویر واضح و معکوسی از پیکان روی صفحه تصویر تشکیل دهند. دراین حالت نصف فاصله اسلاید پیکان تا آینه، فاصله کنونی است. نسبت طول جسم به طول تصویر در این حالت چقدر می‌باشد؟ در این آزمایش اسلاید پیکان در چه مکانی نسبت به آینه قراردارد؟



و) چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های کروی :

ابتدا منبع را روشن کرده روی ریل قرار دهید. سپس عدسی ۱۰+ را برای موازی سازی پرتوهای خروجی مقابل آن نصب کنید. نور را مانند قسمت (هـ) موازی کنید. اسلاید پیکان را در نزدیکترین فاصله از عدسی نصب کنید و آینه را در مقابل آن قرار دهید تا تصویر پیکان روی آینه قرار گیرد. صفحه تصویر را به وسیله پایه‌اش در خارج ریل طوری قرار دهید تا امکان تشکیل تصویر پیکان روی آن میسر گردد. سپس با تغییر مکان آینه و صفحه تصویر حالات مختلف تصویر را در آینه مقعر مطالعه کنید. در تمام حالات فاصله جسم از آینه، فاصله تصویر از آینه و اندازه تصویر را اندازه گیری کرده و جدول (۱) را پر کنید. سپس آینه مقعر را برداشته و آینه محدب را قرار دهید وضعیت تشکیل تصویر در این آینه را نیز تحقیق کنید.

محل جسم	محل تصویر	تصویر حقیقی یا مجازی ؟	تصویر مستقیم یا معکوس ؟	بزرگی تصویر نسبت به جسم $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ (اندازه گیری)	فاصله جسم از آینه p	فاصله تصویر از آینه q	بزرگنمایی $\gamma = \frac{q}{p}$	f فاصله کانونی از رابطه $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$
دور تر از مرکز								
روی مرکز								
بین مرکز و کانون								
روی کانون								
بین کانون و راس								

سوالات:

۱- رابطه ای برای محاسبه قطر سایه و نیمسایه براساس قطر روزنه بزرگ (چشمه گسترده نور)، قطر جسم، فواصل بین روزنه بزرگ و جسم و فاصله بین روزنه بزرگ و محل پرده ارائه کنید. (شکل۱) مقادیر اندازه گیری خود را با مقدار حاصل از رابطه مقایسه کنید.

۲- در آینه های متقاطع، اگر α طوری باشد که نسبت $\frac{360}{\alpha}$ عددی درست نباشد، وضع تصویرها چگونه خواهد بود؟

۳- در آزمایش قسمت (و) وقتی تصویر مجازی است فاصله تصویر تا آینه را چگونه تعیین می کنید؟

٤- کانونهای فرعی و سطح کانونی را در آینه های کروی تعریف کنید.

آزمایش شماره ۷:

شکست و بازتاب نور در دیوپترهای متفاوت

هدف آزمایش: بررسی شکست و بازتاب نور در دیوپترهای متفاوت

وسایل آزمایش: منبع نور- دیسک نوری- تیغه متوازی السطوح شفاف- نیم استوانه شفاف- نیم استوانه توخالی شفاف- مدلهای عدسی همگرا و واگرا.

تئوری آزمایش: به نظر می آید اولین اندازه گیریهای مربوط به شکست نور را بطلمیوس در قرن دوم میلادی با اندازه گیری زوایای فرود i و شکست r برای پرتو نوری که از هوا وارد آب می شود انجام داده باشد. هرگاه نور از محیط شفافی وارد محیط شفاف دیگری با غلظت متفاوت شود، مسیر آن تغییر کرده و یا به عبارت دیگر شکست پیدا می کند. هرگاه نور از محیط رقیق شفافی وارد محیط غلیظ شفافی دیگر شود مشاهده می گردد که نور عبوری به داخل محیط غلیظ تر شکست پیدا کرده و به خط عمود نزدیکتر می‌شود.

قواعد **تجربی** که بر شکست نور حاکمند، عبارتند از:

۱) شعاع (پرتو) تابش، شعاع شکست و خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در یک صفحه قرار دارند.

۲) اگر i ، زاویه شعاع تابش با خط عمودی و r زاویه شعاع شکست با خط عمود باشد رابطه زیر برقرار است:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (۱)$$ (قانون اسنل)

که n_1 و n_2 ضرایب شکست مطلق محیطهای اول و دوم هستند و به صورت "نسبت سرعت نور در خلاء به سرعت نور در یک محیط" تعریف می شوند:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad , \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \qquad (۲)$$

که v_1 و v_2 سرعتهای نور در محیطهای ۱ و ۲ است.

اگرچه این قوانین را می توان از لحاظ تئوری از معادلات ماکسول و نظریه الکترومغناطیسی نور بدست آورد، (مبحث انعکاس و شکست در مرز دو محیط نارسانا، که در درس الکترومغناطیس۲ به آن پرداخته می شود.) اما براساس نظریه موجی که هویگنس در سال م۱۶۷۸ عنوان کرده است، نیز (البته با جامعیت کمتر) می توان پایه تئوری این قوانین را بدست آورد.

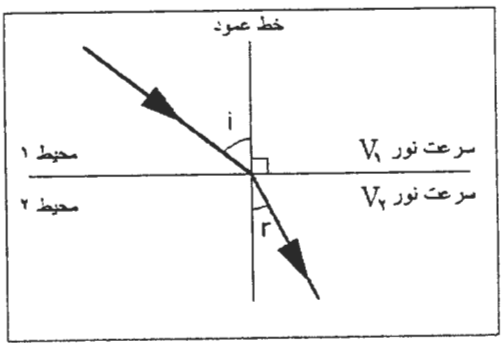
بنا به نظریه هویگنس کلیه نقاط سطح موج، خود به منزله چشمه های جدید نقطه ای اند و امواجی در تمام جهتها منتشر می کنند که سرعت آنها مساوی سرعت انتشار موج است. وضعیت جدید سطح موج پس از زمان t ،

صفحه ای است مماس بر امواج کوچک ثانوی که آن را جبهه موج گویند. با در نظر گرفتن این نکته که در محیطی که ترکیب شیمیایی و چگالی و دمای تمام نقاط آن یکسان باشد، سرعت انتشار نور در تمام جهات مساوی است.

از اصل هویگنس نتیجه می شود: (چگونه؟) (۳) $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$

که v_1 و v_2 سرعتهای نور در محیطهای ۱ و ۲ است.

بنا به تعریف ضریب شکست (رابطه۲) نتیجه می شود: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \sin i = n_2 \sin r$



شکل (۱)

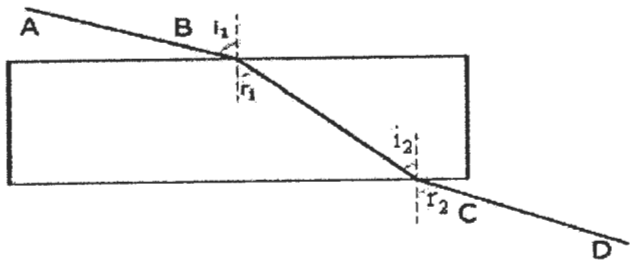
ضریب شکست محیط دوم به محیط اول را به این صورت نیز نمایش می دهند: $\frac{n_2}{n_1} = n_{21}$

ضریب شکست اجسام را معمولاً نسبت به خلاء و برای طول موج نور زرد سدیم ۵۸۹۰ A° محاسبه می کنند. در این حالت قانون اسنل (رابطه ۱) نیز به این صورت تبدیل می شود: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n}{1} = n$

ضریب شکست بیشتر شیشه های معمولی که در دستگاههای نوری استفاده می شود، بین ۱/٤٦ تا ۱/۹٦ است.

شکست نور در یک تیغه متوازی السطوح:

در یک تیغه متوازی السطوح که در اینجا از جنس پلکسی گلاس است وبه عنوان محیط غلیظ محسوب می‌گردد، نور تابشی مطابق شکل زیر شکست پیدا کرده و از آن خارج می‌شود.

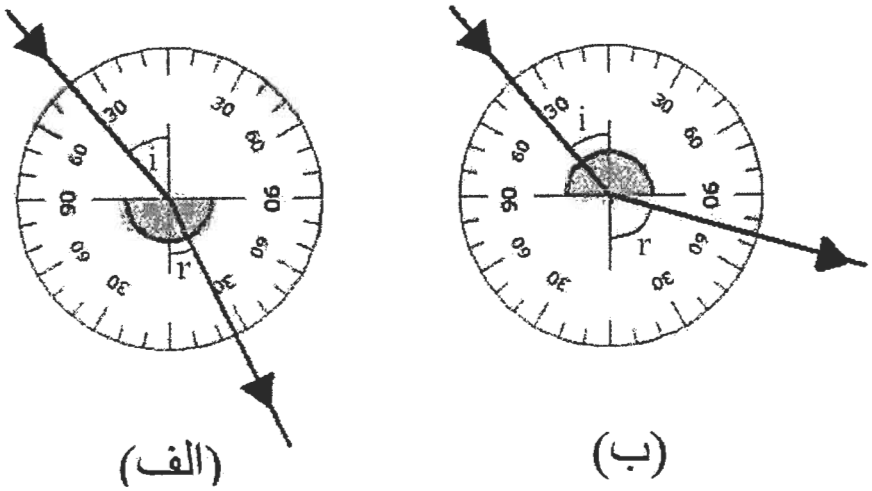


شکل (۲)

با توجه به زاویه تابش i_1 و شکست r_1 و همینطور زوایای r_2 و i_2 می‌توان ضریب شکست تیغه است (n) بدست آورد.

نیم استوانه شفاف :

اگر به یک نیم استوانه شفاف شکل (۳- الف) پرتو تابشی را تحت زوایای مختلف بتابانیم شکست تنها در مرز اول رخ می دهد و پرتو شکست و خروجی از قسمت منحنی بر هم منطبق خواهند بود (چرا؟) اگر زاویه تابش را i و زاویه شکست را r بنامیم. نسبت $\frac{Sinr}{Sini}$ ضریب شکست نیم استوانه n می‌باشد.



شکل (۳)

اگر جهت پرتو تابش را عکس کنیم. یعنی از قسمت منحنی پرتو تابش را مطابق شکل (۳- ب) بتابانیم. پرتو تابشی بدون شکست وارد و تنها در مرز دوم در هنگام خروج شکست پیدا می‌کند. اگر زاویه پرتو تابشی با خط قائم را به تدریج زیاد کنیم تحت زاویه ای خاص زاویه پرتو شکست ۹۰ درجه می‌شود. دراین حالت زاویه پرتو تابشی را زاویه حد گویند که معمولاً با C نشان می‌دهند. اگر زاویه پرتو تابشی از زاویه حد بزرگتر شود برای پرتو خروجی چه حالتی خواهیم داشت؟

اگر نیم استوانه تو خالی در دسترس باشد و آن را با مایعی پر کنید، براحتی می‌توان با رابطه فوق ضریب شکست مایع را محاسبه کرد.

عدسیها مرکب :

برای یک عدسی همگرا نقطه‌ای وجود دارد که همه پرتوهای تابشیِ موازی محور اصلی عدسی در آن نقطه جمع می‌گردند، این نقطه را کانون حقیقی عدسی f نامند. زیرا محل تجمع پرتوهای شکست است. وبرای یک عدسی واگرا نقطه‌ای وجود دارد که امتداد پرتوهای شکست حاصل از پرتوهای تابشیِ موازی محور اصلی در آن نقطه جمع می‌گردند. این نقطه را کانون مجازی عدسی گویند. زیرا امتداد پرتوهای شکست نقطه کانونی را تشکیل می‌دهند.

توانایی یک عدسی در همگرا و یا واگرا کردن پرتوهای تابشی را توان عدسی گویند که بنا به تعریف عبارتست از عکس فاصله کانونی $F=\frac{1}{f}$ و واحد اندازه گیری آن دیوپتر می‌باشد. توان یک عدسی همگرا مثبت و توان عدسی واگرا منفی است.

مجموعه چند عدسی نازک و به هم چسبیده را عدسی مرکب گویند. توان یک عدسی مرکب برابر با مجموع توان‌های عدسیهای تشکیل دهنده است.

$$F=F_1+F_2+\dots$$

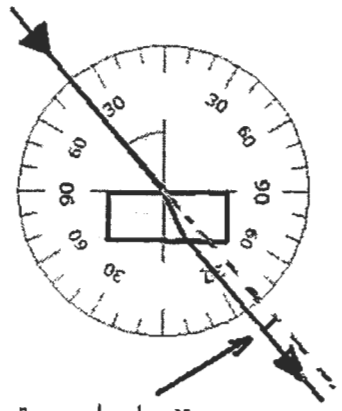
روش آزمایش :

الف : ضریب شکست تیغه متوازی السطوح :

منبع نور را روی ریل نوری قرارداده و روشن کنید، عدسی همگرا (مثلا ۱۰+) را برای موازی کردن پرتوهای خروجی روی ریل قرار دهید. سپس پایه دیسک نوری را روی ریل قرار داده و دیسک را روی آن سوار کنید. (توجه شیب پایه به سمت منبع باشد) در نزدیکی دیسک پایه اسلاید را که روی آن اسلاید تک شکافی قرارداده شده، نصب کنید. باریکه خروجی را روی عدد صفر دیسک منطبق کنید. تا این قسمت هدف ایجاد یک پرتو باریک و واضح نور روی دیسک نوری است که پهنای آن روی دیسک تغییر نکند. اگر خطی که ایجاد شده پهن و یا ناواضح است و یا اینکه در روی دیسک همگرا یا واگرا گردیده است، با دور و نزدیک کردن عدسی به اسلاید تک شکافی شرایط مناسب پرتو نور را ایجاد کنید.

تیغه متوازی السطوح را روی یکی از قطرهای دیسک نوری قرار دهید. (مرکز دیسک نوری درست در لبه ای از تیغه باشد که تحت تابش قرار می گیرد) دیسک نوری را بچرخانید تا مرز (لبه) تیغه عمود بر باریکه تابشی قرار گیرد. (مطابق شکل٤) در اینحالت راستای پرتو تابشی، شکست، و خروجی یکسان بوده و هیچ انحرافی مشاهده نمی‌شود.

اکنون صفحه کاغذ نازکی (بطوری که خطوط دیسک از روی آن دیده شود) روی دیسک قرار دهید و تیغه را روی آن مطابق قبل بگذارید. سپس دور تیغه را خط بکشید و دیسک را بچرخانید تا پرتو تابش با خط عمود زاویه i_1 بسازد. دراین حالت مشاهده می‌شود که پرتو شکست با امتداد عمود زاویه r_1 را می‌سازد و پرتو خروجی نیز با پرتو تابشی هم راستا است.



(شکل ٤)

امتداد پرتو تابشی را روی کاغذ با دو نقطه A و B و همینطور امتداد پرتو خروجی را با دو نقطه C و D علامت گذاری کنید. مرزهای تحت تابش متوازی السطوح را نیز ترسیم کنید. محل رسیدن پرتو به متوازی السطوح را روی کاغذ با x و محل خروج را با y مشخص کنید.

تیغه را بردارید و زاویه‌های پرتو تابش (AB) زاویه پرتو خروجی (CD) به ترتیب i_1 و i_2 و پرتو شکست را (مطابق شکل ۱) r_1 وr_2 اندازه بگیرید، و جداول زیر را برای مرز اول و دوم متوازی السطوح پر کنید.

شماره آزمایش	زاویه تابش i_1	زاویه شکست r_1	Sin i_1	Sin r_1	n
۱					
۲					
۳					

مرز ۱ (ورودی نور)

شماره آزمایش	زاویه تابش i_2	زاویه شکست r_2	Sin i_2	Sin r_2	n
۱					
۲					
۳					

مرز ۲ (خروجی نور)

مشاهده کردید پرتو ورودی با پرتوخروجی از تیغه موازی است و گویا پرتو نور تنها مقداری جابجا شده است. اگر این جابجایی را x بنامیم، به ازای زوایای فرود کوچک، مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید. (چگونه ؟)

$$x = t\, i \frac{n-1}{n}$$

که در آن i زاویه تابش برحسب رادیان و t ضخامت تیغه است. با اندازه گیری ضخامت شیشه و میزان جابجایی پرتو و در نظر گرفتن مقدار ضریب شکست از مراحل قبل، در سه حالت، رابطه بالا را تحقیق کنید.

ب) تعیین ضریب شکست و زاویه حد نیم استوانه شفاف و تعیین ضریب شکست مایعات:

در این قسمت ابتدا ضریب شکست نیم استوانه شفاف را محاسبه، سپس زاویه حد آن را اندازه گیری می‌کنیم. برای این کار ابتدا منبع نور را روی ریل قرار داده و روشن کنید. عدسی همگرای (+۱۰) را مقابل منبع نور قرار دهید. دیسک نوری را روی ریل طوری قرار دهید که شیب پایه آن بطرف عدسی باشد. اسلاید تک شکافی را بین دیسک و عدسی قرار داده همانند قسمتهای قبل پرتو باریک و واضح که در طول دیسک نوری همگرا یا واگرا نگردد ایجاد کنید. سپس نیم استوانه شفاف را طوری روی دیسک قرار دهید که مرکز آن (مرکز دایره ای که از آن بریده شده است) بر مرکز دیسک و قطرهای دیسک قرار گیرد، و قسمت تخت آن مقابل پرتو تابشی باشد. اکنون پرتو تابشی را طوری تنظیم کنید تا پرتو تابشی و خروجی بر هم منطبق باشد. سپس دیسک نوری را بچرخانید و درحالتهای مختلف زاویه تابش i و شکست r را اندازه گرفته و جدول (۲) را پر کنید.

شماره آزمایش	زاویه تابش i	زاویه شکست r	Sin i	Sin r	n
۱					
۲					
۳					

جدول (۲)

برای بررسی زاویه حد، ترکیب آزمایش قبلی را به هم نزده و فقط نیم استوانه را این بار طوری قرار دهید که قسمت منحنی آن به سمت منبع نور باشد. ابتدا نیم استوانه را طوری تنظیم کنید که پرتو تابشی و خروجی بر هم منطبق باشند. سپس با چرخاندن دیسک زاویه پرتوهای تابشی i را تغییر دهید و در جدول (۳) زاویه شکست اندازه گیری شده را یادداشت کنید. زاویه حد (i_C) نیم استوانه چه اندازه است؟

i	r
۰	
۱۰	
۲۰	
۳۰	
٤۰	
i_C=	۹۰

جدول (۳)

ضریب شکست نیم استوانه را با استفاده از زاویه حد محاسبه کنید. زاویه تابش را بیشتر از زاویه حد کنید و مشاهدات خود را یادداشت نمائید.

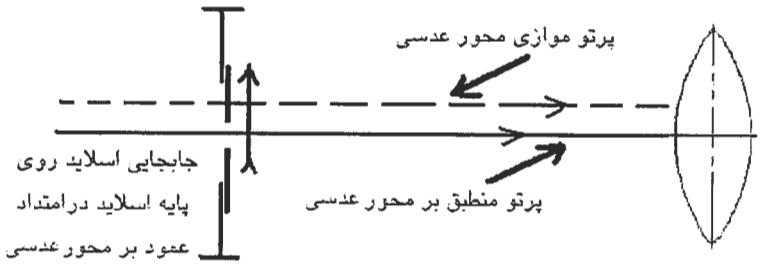
برای محاسبه ضریب شکست مایعات با استفاده از نیم استوانه توخالی، آزمایشی مطابق آزمایش ضریب شکست نیم استوانه شفاف ترتیب دهید. اما به جای نیم استوانه از نیم استوانه تو خالی که با مایع (آب، الکل، گلیسرول و ...) پرشده استفاده کنید و جدول (٤) را پر کنید.

شماره آزمایش	زاویه تابش i	زاویه شکست r	Sin i	Sin r	n
۱					
۲					
۳					

جدول (٤)

ج)بررسی فاصله کانونی عدسیها و ترکیب آنها:

منبع نور را روی ریل قرار داده، روشن کنید و درمقابل عدسی همگرای (+۱۰) را قرار دهید. سپس دیسک نوری را طوری روی ریل قرار دهید که شیب پایه آن به سمت منبع باشد. اسلاید تک شکافی را بین عدسی و دیسک قرار دهید. همانند قسمتهای قبل پرتو باریک و واضح که در طول دیسک نوری همگرا یا واگرا نگردد ایجاد کنید. عدسی همگرا را طوری روی دیسک بگذارید که یکی از قطرهای دیسک بر محور اصلی عدسی منطبق شود. یک پرتو **به موازات** محور عدسی بتابانید. می توانید مطابق شکل زیر، با کمی جابجا کردن اسلاید، روی پایه خود، در امتداد عمود بر محور اصلی عدسی، پرتو تابشی را بموازات محور اصلی عدسی (نه منطبق بر آن) قرار دهید. محل تقاطع پرتو شکست و محور عدسی کانون آن است. فاصله کانونی را اندازه گرفته و یادداشت کنید.



حال یک پرتو طوری به عدسی بتابانید که از کانون آن بگذرد. در این صورت پرتو شکست چگونه است؟

اسلاید تک شکافی را برداشته و اسلاید سه کافی را قرار دهید پرتوهای تابشی را طوری تنظیم کنید که موازی محور عدسی باشند. دراین حالت نیز فاصله کانون را اندازه گیری کنید. تمام آزمایشات فوق را برای عدسی

واگرا انجام دهید. دراین حالت ابتدا یک کاغذ نازک روی دیسک قرار دهید. و پرتوهای تابشی و شکست مشاهده شده را روی آن رسم کنید . با رسم پرتوهای شکست و پیدا کردن محل تلاقی امتداد آنها با محور عدسی می‌توانید فاصله کانونی عدسی واگرا را پیدا کنید.

پس از پیدا کردن فواصل کانونیِ مدلهای عدسی موجود با روشهای مشابه آزمایشات فوق، فاصله کانون ترکیبهای متفاوت مدلهای عدسی موجود را اندازه گیری کنید و با رابطه ... $F=F_1+F_2+$ مقایسه نمایید. در هر حالت مسیر پرتوهای شکست و فرودی را رسم کنید (به عنوان مثال، یکبار یک عدسی محدب و یک عدسی مقعر را با هم و یکبار دو عدسی محدب و یکبار هم دو عدسی مقعر را با هم ترکیب کنید).

سوالات:

۱- از اصل هویگنس استفاده کرده رابطه (۳) $\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}$ را اثبات نمائید.

۲- رابطه مربوط به جابجایی پرتو پس از عبور از تیغه متوازی السطوح، به ازای زوایای فرود کوچک، $x=t\,i\frac{n-1}{n}$ را اثبات نمائید.

۳- در آزمایش محاسبه ضریب شکست مایعات با استفاده از نیم استوانه توخالی، ضریب شکست دیواره نیم استوانه به احتمال زیاد با مایع متفاوت است. آیا بخشی از انحراف زاویه ای نور در حین عبور از نیم استوانه محتوی مایع مربوط به دیواره آن است؟ سلول خالی چه اثری بر نور خواهد داشت؟ این اثر مشابه اثر کدام یک از اَشکالی بود که در طول آزمایشات مشاهده کردید. وابستگی این اثر با ضخامت شیشه را بیان کنید.

٤-در قسمت ترکیب عدسی ها، آیا مجموعه عدسی هایی را که کنار هم قرار می دهید را می توان بعنوان عدسی نازک در نظر گرفت؟ فاصله نقطه کانونی را تا کدام قسمت از عدسی بعنوان فاصله کانونی در نظر گرفتید.

۵- اگر عدسی ها نازک نباشند، رابطه $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$ به چه صورت تغییر می یابند.

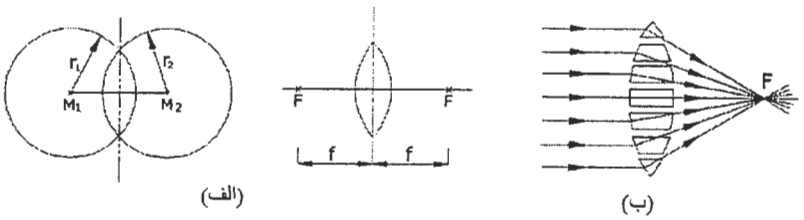
آزمایش شماره ۸:

عدسیهای محدب و مقعر

هدف آزمایش: بررسی عدسیهای محدب و مقعر

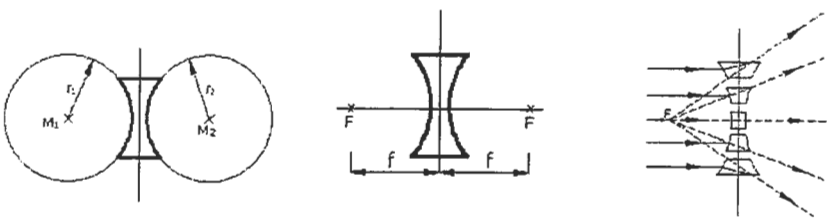
وسایل آزمایش: منبع نور – عدسیهای مقعر و محدب– پایه صفحه تصویر و صفحه تصویر و متعلقات مربوطه

تئوری آزمایش: بطور کلی عدسیها از مواد شفافی مانند شیشه که به دو سطح کروی (که ممکن است شعاع انحناء آنها با هم متفاوت باشد) محدود هستند، تشکیل شده اند. حتماً تاکنون با تمرکز نور خورشید توسط ذره بین بر روی یک ورق کاغذ، آن را مشتعل کرده اید. اجسام شیشه ای که خاصیت متمرکز کردن باریکه های موازی نور در نقطه ای به نام کانون را دارند، عدسیهای همگرا یا عدسی محدب گویند. در این عدسیها لبه عدسی از قسمت میانی آن نازکتر است. در شکل (۱) الف مراکز M_1 و M_2 به عنوان مرکز انحناء و شعاعهای r_1 و r_2 به عنوان شعاعهای انحنای عدسی مشخص شده اند. خطی که M_1 و M_2 را به هم وصل می کند. محور اپتیکی نامیده می شود و فاصله کانون F از صفحه اپتیکی مرکزی عدسی را فاصله کانونی گویند. عدسیهای محدب دارای دو کانون با فواصل کانونی یکسان و یا نامساوی می باشند. اگر یک عدسی را متشکل از تعداد زیادی منشور فرض کنیم، که زوایای شکست آنها بتدریج از امتداد عمودی (نرمال) دور می گردد، معنی شکسته شدن پرتوها بطرف کانون براحتی قابل فهم می شود.



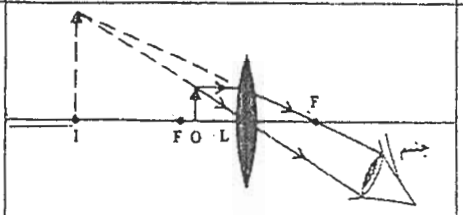
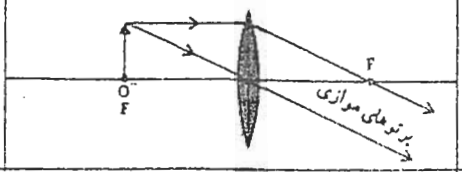
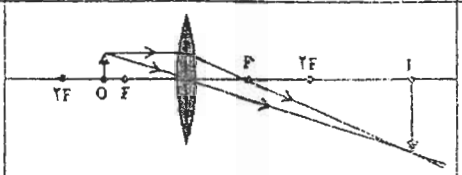
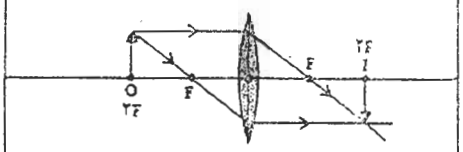
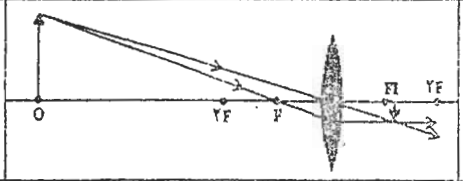
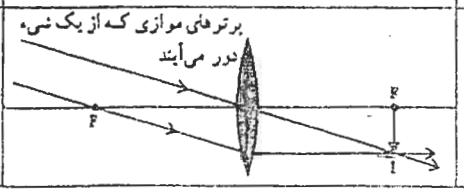
شکل (۱)

در عدسیهای واگرا، وسط عدسی از لبه های آن نازکتر است، و در آن پرتوهای فرودی موازی محور اپتیکی بعد از شکست از محور دور می شوند که اگر عدسی را ترکیبی از چندین منشور که زاویه شکست آنها به ترتیب بطرف بیرون بیشتر می شود، فرض کنیم، براحتی این خاصیت برایمان قابل فهم می شود.

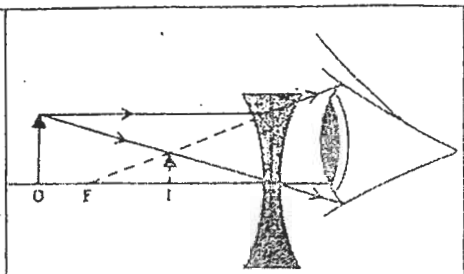


شکل (۲)

نحوه تشکیل تصویر توسط این عدسیها در شکل (۳) نشان داده شده است.

شیء (O) ـ کاربرد	نمودار پرتوها	ویژگیهای تصویر (I)
الف O بین F و L I ـ ذره‌بین II ـ عدسی چشمی ابزار نوری III ـ عینک شخص دوربین		مجازی مستقیم بزرگتر در طرف O و دورتر
ب O در F نورافکن		بی‌نهایت
ب O بین F و ۲F I ـ پروژکتور II ـ عدسی شیئی میکروسکوپ		حقیقی وارونه بزرگتر در طرف مقابل O، دورتر از ۲F
ت O در ۲F مانین فتوکیی		حقیقی وارونه به اندازهٔ شیء در طرف مقابل O در ۲F
ث O دورتر از ۲F I ـ دوربین II ـ چشم		حقیقی وارونه کوچکتر در طرف مقابل O بین F و ۲F
ج O در بینهایت عدسی شیء تلسکوپ		حقیقی وارونه کوچکتر در طرف مقابل O در F

شکل (۳-۱) تشکیل تصویر به وسیله عدسی همگرا

کاربردها	نمودار	تصویر I
I ـ عدسی چشمی برخی از ابزار نوری II ـ عدسیهای عینک شخص نزدیک بین		مجازی مستقیم کوچکتر در همان طرف شیء (O)، امّا نزدیکتر

شکل (۳-۲) تشکیل تصویر به وسیله عدسی واگرا

در **عدسی های نازک** اگر فاصله جسم از عدسی p و فاصله تصویر از عدسی q باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

که در آن f (فاصله کانونی) برای عدسی مقعر و q برای تصویر های مجازی (که از امتداد پرتوهای شکست تشکیل می شوند.) با علامت منفی منظور می گردند.

روش آزمایش:

الف) هدف: مشاهده پرتوهای موازی ، همگرا و واگرا

ابتدا منبع نور را روی ریل قرار داده و روشن کنید. عدسی همگرا با فاصله کانونی (+۱۰) در نزدیکی منبع قرار دهید. سپس صفحه تصویر را روی پایه آن قرار داده و پایه را طوری روی ریل قرار دهید که صفحه در امتداد محور اصلی عدسی قرار گیرد (عمود بر عدسی) و قسمتی از پرتوهای خارج شده از آن روی صفحه دیده شوند. عدسی را به آرامی از منبع نور دور کنید تا دسته پرتوهای خروجی موازی شوند. عدسی را باز هم از منبع نور دور کنید تا دسته پرتوهای خروجی همگرا شوند. (در حین آزمایش مشاهدات خود را یادداشت کنید.)

اکنون صفحه تصویر را از روی ریل بردارید و عدسی را در نزدیکترین فاصله تا منبع نور قرار دهید، پس نور خروجی را در فاصله دوری روی دیوار بیندازید، و عدسی را به آرامی از منبع دور کنید تا تصویر واضحی از فیلامان لامپ منبع روی دیوار تشکیل شود. در این حالت پرتوهایی که از عدسی خارج می شوند، تقریباً موازی هستند، چرا؟

فیلامان در چه موقعیتی نسبت به عدسی قرار گرفته است؟ مراحل فوق را برای عدسی واگرا نیز تکرار کنید. آیا با این عدسی می توانید تصویری از فیلامان روی دیوار تشکیل دهید؟

ب)هدف: تعیین تجربی کانون عدسی های همگرا

ابتدا منبع نور را روی ریل قرار داده و روشن کنید. عدسی همگرا (+۱۰) را مقابل نور قرار داده و پرتوهای خروجی را موازی نمائید (تشکیل تصویر فیلمان روی دیوار دور). سپس عدسی همگرا (+۱۵) را در مقابل پرتوهای موازی قرار دهید. صفحه تصویر را روی پایه اش نصب کرده و روی ریل آنقدر جابجا کنید تا تصویر فیلامان به وضوح روی آن دیده شود، در این حالت تصویر فیلامان بر روی کانون عدسی همگراست. فاصله تصویر تا عدسی را اندازه گرفته و با فاصله کانونی عدسی مقایسه و خطای مطلق در اندازه گیری آنرا حساب کنید.

ج) هدف: بررسی چگونگی تشکیل تصویر اجسام در عدسیها

منبع نور را روشن کرده و روی ریل قرار دهید، عدسی همگرا (+۱۰) را برای ایجاد پرتوهای خروجی موازی در مقابل منبع قرار دهید. پس اسلاید پیکان را روی پایه اسلاید قرار دهید. اسلاید را در نزدیکی عدسی همگرا قرار دهید. اکنون عدسی همگرا (+۱۵) را مقابل پیکان به فاصله بیشتر از دو برابر فاصله کنونی نسبت به اسلاید پیکان قرار دهید. صفحه تصویر را روی پایه اش قرار داده و آن را در مقابل عدسی همگرا آنقدر جابجا کنید تا تصویر پیکان بوضوح روی آن تشکیل گردد.

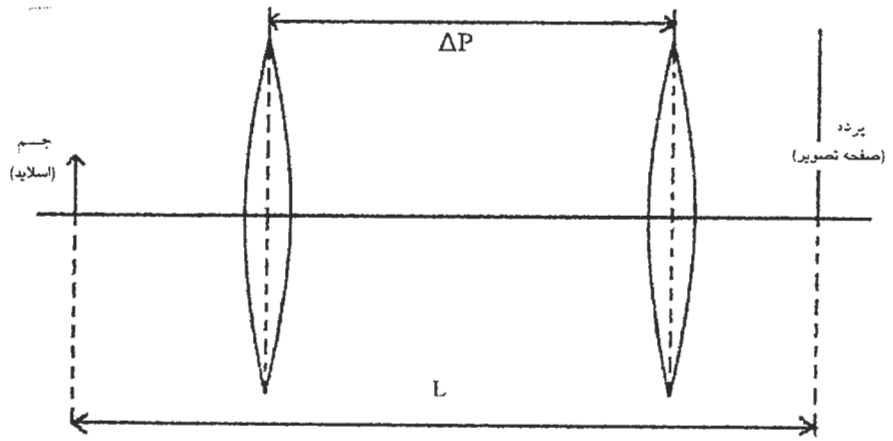
اکنون حالات مختلف تصویر در عدسی همگرا را مطابق جدول (۱) بررسی و جدول را پر کنید. سپس عدسی همگرای (+۱۵) را برداشته و عدسی واگرا را قرار دهید و نتایج مشاهدات خود را برای این عدسی یادداشت کنید.

محل جسم	محل تصویر	تصویر حقیقی یا مجازی ؟	تصویر مستقیم یا معکوس ؟	بزرگی تصویر نسبت به جسم $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ (اندازه گیری)	فاصله جسم از عدسی p	فاصله تصویر از عدسی q	بزرگنمایی $\gamma = \frac{q}{p}$	f فاصله کانونی از رابطه $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$
دور تر از دو برابر فاصله کانونی								
در دو برابر فاصله کانونی								
بین کانون و دو برابر فاصله کانون								
روی کانون								
بین کانون و عدسی								

جدول (۱)

د) هدف: تعیین فاصله کانونی عدسی همگرا (روش بسل)

منبع نور را روشن کرده و روی ریل قرار دهید، عدسی همگرای (۱۰+) را برای موازی سازی پرتوهای خروجی مقابل آن قرار دهید. اسلاید پیکان را روی پایه اش قرار داده و مقابل عدسی موازی ساز قرار دهید. عدسی همگرای (۱۵+) را در فاصله ای بیشتر از دو برابر فاصله کانونی نسبت به پیکان قرار دهید. حال صفحه تصویر را در مقابل عدسی آنقدر جابجا کنید تا تصویر پیکان بوضوح روی صفحه تشکیل شود. اکنون در حالیکه جای اسلاید نسبت به صفحه تصویر ثابت است، عدسی را آنقدر جابجا کنید تا دوباره تصویر واضحی از پیکان روی صفحه ظاهر شود. در این حالت فاصله عدسی تا اسلاید را $P_{1,2}$ بنامید و فاصله صفحه تصویر تا اسلاید را L قرار دهید.



اختلاف، ΔP یعنی فاصله دو وضع عدسی را حساب کنید. سپس با استفاده از رابطه

$$\Delta P = L\sqrt{1-\frac{4F}{L}}$$

فاصله کانونی عدسی (یعنی F) را حساب کنید.

در این آزمایش اگر فاصله تصویر از عدسی را در هر حالت q_1 و q_2 بنامیم. با استفاده از رابطه

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{F}$$

فاصله کانونی عدسی را در هر بار محاسبه کرده و با مقدار واقعی آن مقایسه کنید.

هـ) هدف: تعیین فاصله کانونی عدسی همگرا با روش (4F)

پس از موازی کردن پرتوهای خروجی طبق آزمایشات قبلی، اسلاید پیکان را در نزدیکی عدسی موازی ساز قرار دهید. سپس عدسی همگرای (۱۵+) و بعد از آن صفحه تصویر را روی ریل و در مقابل عدسی همگرای ۱۵+ قرار

دهید. عدسی را در این حالت آنقدر جابجا کنید تا تصویر پیکان روی صفحه تصویر بوضوح تشکیل شود. عدسی و صفحه تصویر را آنقدر جابجا کنید تا تصویر برابر با طول پیکان شود. فاصله اسلاید از عدسی و تصویر از عدسی را اندازه بگیرید (نسبت به هم چگونه‌اند؟)

نصف فاصله اسلاید از عدسی برابر فاصله کانونی است (چرا؟) این حالت را با رسم شکل پرتوها نمایش دهید.

سوالات:

۱- رابطه بسل، $\Delta P = L\sqrt{1-\frac{4F}{L}}$ ، را اثبات نمائید.

۲- p را فاصله جسم از عدسی و q را فاصله تصویر تا عدسی در نظر گرفتید. این فواصل تا کدام قسمت از عدسی در نظر گرفته شده اند.

۳- اگر عدسی ها نازک نباشند، رابطه $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$ به چه صورت تغییر می یابند.

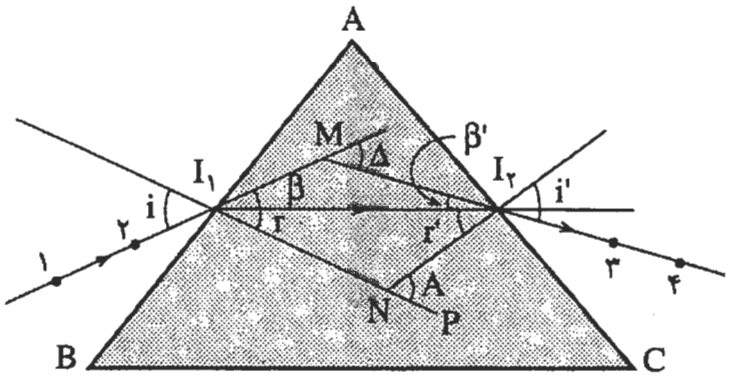
آزمایش شماره ۹:

بیناب نمای منشوری

هدف آزمایش: تنظیم بیناب نمای منشوری، اندازه گیری زاویه راس یک منشور، اندازه گیری ضریب شکست منشور.

وسایل آزمایش: بیناب نمای منشوری- منشور فلینت - لامپ سدیم- جیوه - هلیوم و کادمیوم با منبع تغذیه های مربوط

تئوری آزمایش: منشور محیط شفافی است که توسط دو سطح تخت متقاطع از محیط اطراف جدا شده باشد. زاویه بین دو سطح متقاطع را زاویه راس و سطح مقابل آن را قاعده منشور گویند. هر یک از دو سطح متقاطع را وجه منشور نامند. هرگاه نور تکرنگی از یک وجه منشور با زاویه معین نسبت به خط عمود بر آن وجه بتابانیم، این نور پس از دو بار شکست متوالی در دو سطح جدایی محیطها (وجه های منشور) با زاویه‌ای متفاوت از منشور خارج می‌شود. زاویه بین پرتو تابش و پرتو خروجی را زاویه انحراف Δ گویند. (شکل ۱)



(شکل ۱)

با توجه به شکل (۱) در وجه AB خواهیم داشت: (۱) $\sin i = n \sin r$

و در وجه AC می توان نوشت: (۲) $\sin i' = n \sin r'$

زاویه I_2NP با زاویه راس منشور برابر است (چون اضلاعشان برهم عمودند). این زاویه برای مثلث NI_1I_2 زاویه خارجی و برابر دو زاویه داخلی غیر مجاور است: (۳) $A = r + r'$

در مثلث MI_1I_2 داریم:

$$\Delta = \beta + \beta' \quad \leftarrow \quad \Delta = (i - r) + (i' - r') \quad \leftarrow \quad \Delta = i + i' - (r + r')$$

و با توجه به رابطه (۳) می توان نوشت: (٤) $\Delta = i + i' - A$

زاویه انحراف بستگی به زاویه تابش داشته و اگر منشور را حول محوری که از محل تلاقی پرتو تابشی با وجه منشور می‌گذرد (I_1)، دوران دهیم، زاویه انحراف ابتدا کم می‌شود و به مقدار مینیممی می‌رسد و سپس با این که دوران در همان جهت ادامه دارد، زاویه انحراف بیشتر می‌شود.

زاویه انحراف در صورتی مینیمم است که زاویه تابش i برابر زاویه خروجی i' باشد. که در اینصورت پرتو I_1I_2 در داخل منشور بر نیمساز زاویه راس منشور A عمود می شود. بنابراین رابطه مینیمم انحراف به صورت زیر است:

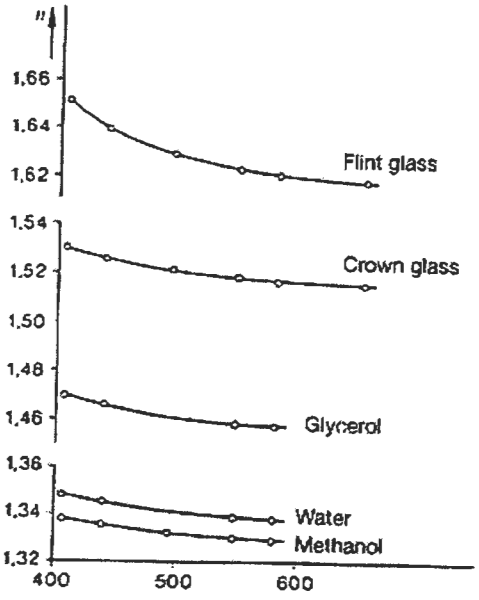
$$i = \frac{\Delta_m + A}{2} \quad \leftarrow \quad \Delta_m = 2i - A$$

همچنین رابطه (۳) به صورت زیر است:

$$r = \frac{A}{2} \quad \leftarrow \quad A = 2r$$

اگر مقادیر i و r را در رابطه (۱) قرار دهیم نتیجه می شود:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\Delta_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (۵)$$



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 می شود. نور با طول موج کوتاهتر بیشتر از نور با طول موج بلندتر منحرف می شود. طبق رابطه کوشی ضریب شکست یک جامد از رابطه (٦) بدست می آید.

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \ldots \qquad (٦)$$

که a , b , c ضرایب ثابتند. در عمل از ضرایب c به بالا صرفنظر می کنند و رابطه کوشی را به صورت زیر مورد استفاده قرار می دهند.

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

چون ضریب شکست وابسته به طول موج است، نور هنگام عبور از منشور تجزیه می شود، هرگاه نور تابیده شده به منشور سفید باشد پرتو خارج شده از آن بصورت یک طیف رنگین کمانی قابل مشاهده است و هرگاه نور تابیده شده از یک لامپ طیفی همچون هلیوم و جیوه باشد پرتو خروجی به صورت یک طیف رنگی گسسته است.

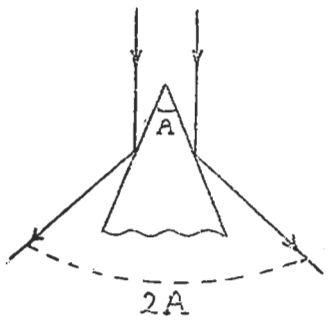
روش آزمایش:

عدسی چشمی دوربین بیناب نما را طوری تنظیم کنید که خطوط متقاطع آن واضح دیده شود سپس دوربین را برای نور موازی تنظیم کنید. برای این منظور باید آنرا متوجه جسم دوری نمود و تصویر آنرا واضح دید. در این حالت نباید بین خطوط متقاطع که در داخل چشمی دیده می شود تصویر پارالکس وجود داشته باشد.

منبع نور را در مقابل شکاف موازی ساز و دوربین را در امتداد موازی ساز قرار دهید، شکاف را به گونه ای تنظیم کنید که تصویر واضح و خیره کننده از لبه های شکاف در داخل دوربین دیده شود. پیچ تنظیم را محکم کنید در این حالت منشور را در محل مربوطه قرار دهید.

الف) اندازه گیری زاویه رأس منشور:

در حد امکان پهنای شکاف باید باریک انتخاب شود. منشور را به گونه ای بچرخانید که اشعه از راس عبور کرده عمود بر سطح قاعده منشور بتابد. در این حالت دو وجه منشور مطابق شکل (۳) قسمتی از نور را منعکس می کنند زاویه بین دو شعاع انعکاس نور را اندازه می گیریم. این زاویه دو برابر زاویه راس منشور است.



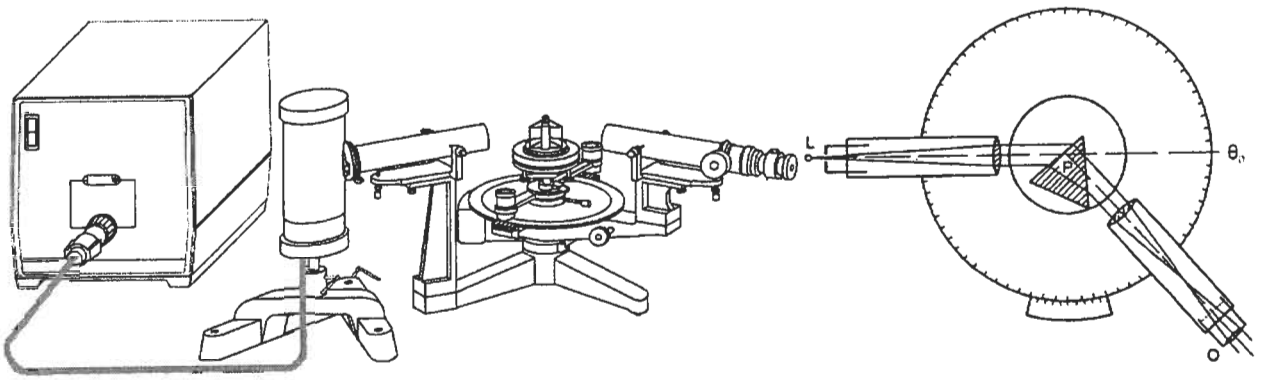
شکل (۳)- اندازه گیری زاویه راس منشور

ب) اندازه گیری زاویه مینیمم انحراف:

در حالی که منشور در جای خود قرار دارد، میز منشور را بچرخانید تا نور به یک وجه منشور بتابد سپس دوربین را حرکت دهید تا رنگهای مختلف (طیف) را در آن مشاهده کنید. در این حالت مسیر نور مطابق شکل (٤) خواهد بود. میز منشور را بچرخانید و در این حال با دوربین تصویر را دنبال کنید به قسمی که وضعیت مینیمم انحراف را بیابید. در این حالت تصویر می ایستد و اگر در همان جهت به چرخش میز منشور ادامه دهید جهت حرکت طیف در دوربین تغییر خواهد کرد و زاویه انحراف بیشتر خواهد شد. در حالت مینیمم انحراف زاویه θ_D را بخوانید. منشور را بردارید. دوربین را مقابل شکاف موازی ساز قرار داده، زاویه θ_0 را اندازه بگیرید. از سمت دیگر بیناب نما مجدداً زاویه مینیمم انحراف را اندازه بگیرید θ'_D . سپس پیچ میز منشور را محکم کرده و دوربین

را در مقابل کلیماتور قرار دهید. درجه میز را یادداشت نمائید θ'_0 و زاویه مینیمم انحراف را بدست آورید، زاویه مینیمم انحراف متوسط دو مقدار اندازه گیری شده برابر خواهد بود با

$$\Delta_m = \frac{\Delta_{m1} + \Delta_{m2}}{2} = \frac{(\theta_D - \theta_0) + (\theta'_D - \theta'_0)}{2}$$



شکل (۳)-(a)- طرز نصب وسایل و مسیر اشعه در بیناب نما (b) اندازه گیری زاویه مینیمم انحراف

- زاویه مینیمم انحراف را حداقل برای ٤ رنگ آبی، سبز، زرد و قرمز بطور تقریبی بدست آورده و به کمک مقادیر بدست آمده و رابطه (٥) ضریب شکست منشور را برای این سه رنگ بطور تقریبی محاسبه کنید.

- اکنون لامپ سدیم را جایگزین منبع نور سفید کنید، ضریب شکست منشور را برای نور زرد آن بدست آورید.

- حال لامپ طیفی که در اختیار دارید را جایگزین نموده، ضریب شکست منشور را برای هر یک از رنگهای طیف آن بدست آورید. با استخراج مقدار طول موج هر یک از رنگهای طیف، نموداری از تغییرات ضریب شکست منشور برحسب طول موج نور تابشی ترسیم نمائید.

سوالات:

۱- از طریق مشتق گرفتن از رابطه ۴ نسبت به i و استفاده از روابط قبل از آن این نکته را اثبات کنید که زاویه انحراف در صورتی مینیمم است که زاویه تابش i برابر زاویه خروجی 'i باشد.

۲- زاویه راس منشوری ٦٠ درجه و ضریب شکست آن $\sqrt{2}$ می باشد. بیشینه زاویه پرتو تابشی i را که به ازای آن پرتو خروجی از وجه مقابل از منشور خارج می شود را بدست آورید. زاویه پرتو ورودی چقدر باشد تا پرتو ورودی و خروجی نسبت به هم متقارن باشند؟

۳- افزایش ضریب شکست منشور چه تاثیری در طیف مشاهده شده دارد؟

آزمایش شماره ۱۰ :

اندازه گیری ضریب شکست جامدات و مایعات با استفاده از میکروسکوپ (x ، y)

و بررسی کیفی قطبش نور

(الف): ضریب شکست شیشه

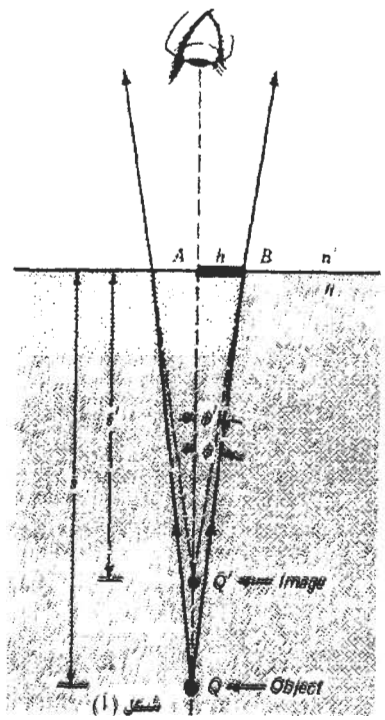
هدف آزمایش : تعیین ضریب شکست شیشه با استفاده از مفهوم عمق ظاهری و واقعی

وسایل آزمایش : میکروسکوپ ورنیه دار متحرک (x، y)، قطعه شیشه ای متوازی السطوح و چراغ رومیزی

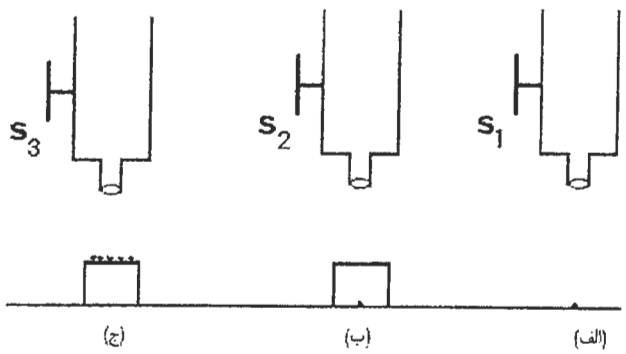
تئوری آزمایش: اگر پرتو نوری از جسم Q در محیطی به ضریب شکست n وارد محیطی به شکست n' (که به وسیله یک دیوپتر (سطح، مرز) تخت از هم جدا هستند) شود ، اگر $n>n'$ باشد و ناظری در محیط دوم جسم را مشاهده کند، آن را در Q' که محل ظاهری جسم نامیده می شود، می بیند . اگر φ و φ' به ترتیب زوایای تابش و شکست باشند (زاویه ای که شعاع تابش و شکست با خط عمود بر دیوپتر می سازد) با استفاده از شکل (۱) می توان نوشت:

$$\frac{\tan\varphi}{\tan\varphi'}=\frac{h_Q/S}{h_{Q'}/S'}=\frac{S'}{S}$$

در این رابطه S و S' به ترتیب فواصل Q و Q' از دیوپتر تخت است.



شکل (۱)



شکل (۲).

برای زوایای کوچک φ و φ′ رابطه فوق به این صورت در خواهد آمد: (۱) $\frac{\varphi}{\varphi'} \approx \frac{S'}{S}$

اکنون قانون اسنل را برای زوایای کوچک شکل نیز می توانیم می نویسیم: (۲) $\frac{\varphi}{\varphi'} \approx \frac{n'}{n}$

از مقایسه معادله های (۱) و (۲) نتیجه می شود: (۳) $\frac{S'}{S} \approx \frac{n'}{n}$

و اگر n′ = 1 (هوا) باشد ، خواهیم داشت: (٤) $\frac{S}{S'} = n$

که در آن S و S' به ترتیب عمق واقعی و عمق ظاهری نیز نامیده می شود.

روش آزمایش:

۱- با مداد یا خودکار نقطه یا علامتی را روی کاغذ سفیدی بگذارید و آن را روی میز قرار دهید .

۲- میکروسکوپ را در جهت حرکت عمودی تنظیم و با آن علامت روی کاغذ را مشاهده کرده با تغییر پیچ میکرومتری تصویر علامت را واضح ببینید. (شکل۲ــ الف) حال درجه ورنیه قائم را خوانده و آن را (S_1) بنامید.

۳- حال قطعه شیشه ای را روی علامت قرار داده و دوباره تصویر آن را زیر میکروسکوپ واضح ببینید. ورنیه قائم میکروسکوپ را خوانده آن را (S_2) بنامید. (شکل۲ــ ب)

٤- اکنون با ماژیک علامتی روی سطح شیشه ای بگذارید و با میکروسکوپ آن را مشاهده کرده و با تنظیم پیچ میکرومتری تصویر آن را واضح ببینید. ورنیه قائم میکروسکوپ را بخوانید. آن را (S_3) بنامید. (شکل۲ـ ج)

۵- با استفاده از رابطه زیر مقدار n ضریب شکست قطعه شیشه ای را به دست آورید :

$$n = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S_2} \qquad (۵)$$

٦- آزمایش را سه بار تکرار و نتایج را در جدول زیر یادداشت کرده و مقدار متوسط n و خطای آزمایش در اندازه گیری مقدار n را حساب کنید.

قطعه شیشه ای	S_1	S_2	S_3	$S_3 - S_1$	$S_3 - S_2$	$n = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S_2}$	Δn	$\Delta n_{max} / \overline{n}$
آزمایش اول								
آزمایش دوم								
آزمایش سوم								
						$\overline{n} =$		

(ب): ضریب شکست مایعات (آب)

هدف آزمایش : تعیین ضریب شکست مایعات (آب) با استفاده از مفهوم عمق ظاهری و واقعی

وسایل آزمایش : میکروسکوپ ورنیه دار متحرک (y،x)، بشر ۵۰CC یا ۱۰۰CC، چراغ رومیزی، خاک اره

روش آزمایش:

۱- ابتدا با خودکار در بشر ۵۰CC یا ۱۰۰CC علامتی گذاشته و با میکروسکوپ آن علامت را واضح ببینید، سپس ورنیه قائم میکروسکوپ را خوانده و آن را S_1 بنامید. (شکل ۲- الف)

۲- مقداری آب در بشر بریزید، سپس علامت ته بشر را دوباره با میکروسکوپ بصورت واضح ببینید.

۳- ورنیه قائم میکروسکوپ را خوانده و آن را S_2 بنامید.

٤- برای مشاهده سطح آب با میکروسکوپ روی قطعه کاغذ با خودکار علامت گذاشته و آن را روی سطح آب شناور کنید. (یا اینکه مقداری خاک اره روی خاک بریزید.) حال با میکروسکوپ علامت روی کاغذ (یا خاک اره) را مشاهده کرده و آن را واضح ببینید. ورنیه قائم میکروسکوپ را خوانده و آن را S_3 بنامید.

۵- با استفاده از رابطه (۵) ضریب شکست آب را به دست آورید.

٦- این آزمایش را در سه یا چهار مرحله تکرار کنید. در هر مرحله ارتفاع آب را به مقدار ۱ الی۲ سانتیمتر افزایش دهید و و در هر مرحله (ارتفاع) سه بار به روش فوق اندازه گیری ها را تکرار نمایید و جدول پیرو را کامل کنید.

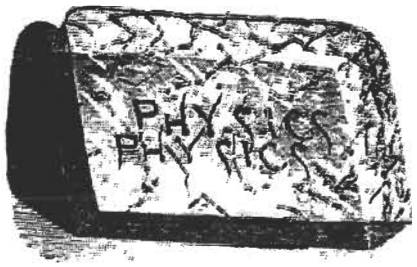
آب	S_1	S_2	S_3	$S_3 - S_1$	$S_3 - S_2$	$n = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S_2}$	Δn	$\Delta n_{max} / \overline{n}$
۱								
۲								
۳								
٤								
۵								
٦								
۷								
۸								
۹								
۱۰								
۱۱								
۱۲								
						$\overline{n} =$		

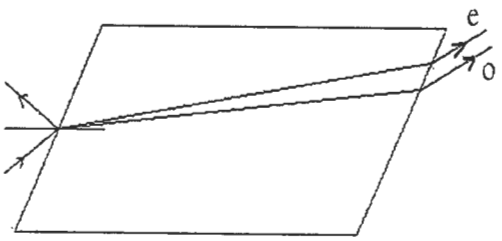
(ج): ضریب شکست بلور کلسیت

هدف آزمایش : تعیین تعیین ضریب شکست عادی و غیر عادی بلور کلسیت با استفاده از عمق ظاهری و واقعی

وسایل آزمایش : میکروسکوپ ورنیه دار متحرک (x، y)، بلور کلسیت، چراغ رومیزی

تئوری آزمایش: اگر شعاع نور معمولی را به بلورهای دوشکستی همچون کربنات کلسیم (کلسیت) بتابانیم، انکسار مضاعف (شکست دوگانه) پیدا می‌کند و قطبیده می‌شود و دو شعاع قطبیده خواهد داد. که معمولا با O شعاع عادی (Ordinary) و E غیرعادی (Extraordinary) نامگذاری شده‌اند که هر دو قطبیده‌اند. شعاع عادی از قوانین شکست پیروی می‌کند ولی شعاع غیرعادی پیروی نمی‌کند. بنابراین بلور کلسیت که یک بلور دو شکستی است، دارای دو ضریب شکست عادی n_o و غیر عادی n_e است.





روش آزمایش:

۱- با مداد یا خودکار نقطه یا علامتی را روی کاغذ سفیدی بگذارید و آن را روی میز قرار دهید .

۲- میکروسکوپ را در جهت حرکت عمودی تنظیم و با آن علامت روی کاغذ را مشاهده کرده با تغییر پیچ میکرومتری تصویر علامت را واضح ببینید.(شکل ۲ــالف) حال درجه ورنیه قائم را خوانده و آن را (S_1) بنامید.

۳- بلور کلسیت را روی لکه یا نقطه ایجاد شده روی کاغذ بگذارید و با میکروسکوپ لکه را مشاهده کنید. دو تصویر در میکروسکوپ مشاهده خواهید کرد، که یکی مربوط به ضریب شکست عادی و دیگری مربوط به ضریب شکست غیر عادی است. برای تشخیص نوع تصویر بلور کلسیت را به آرامی حول عمودی بچرخانید . در این حال یکی از تصاویر ثابت و دیگری حول آن می چرخد . تصویر ثابت تصویر عادی و دیگری غیر عادی است. اکنون با میکروسکوپ تصویر عادی و غیر عادی را واضح ببینید و با خواندن ورنیه قائم میکروسکوپ مقادیر را در جداول پیرو در محل S'_o و S'_e یادداشت کنید.

٤- علامتی روی سطح بلور گذاشته و با مشاهده آن زیر میکروسکوپ و پس از واضح نمودن تصویر ورنیه قائم میکروسکوپ را خوانده و آن را در جدول پیرو در محل S_3 یادداشت و مقادیر n_o و n_e را همراه با خطای آزمایش محاسبه کنید .

n_o بلور کلسیت	S_1	S'_o	S_3	$n_o = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S'_o}$	Δn	$\Delta n_{max} / \overline{n}_o$
۱						
۲						
۳						
				$\overline{n}_o =$		

n_e بلور کلسیت	S_1	S'_e	S_3	$n_e = \frac{S_3 - S_1}{S_3 - S'_e}$	Δn	$\Delta n_{max} / \overline{n}_e$
۱						
۲						
۳						
				$\overline{n}_e =$		

در مقایسه با مقادیر ضریب شکست بلور کلسیت از منابع معتبر خطای اندازه گیری خود را بدست آورید.

(د): **قطبش**

هدف آزمایش : بررسی کیفی نور قطبیده و روشهای ایجاد نور قطبیده

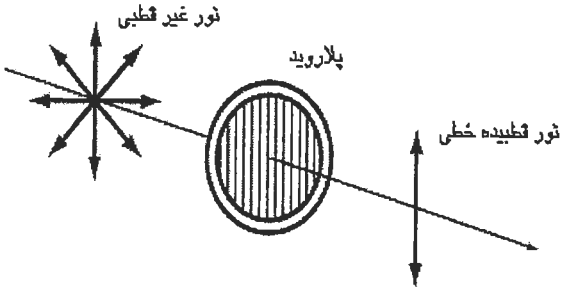
وسایل آزمایش : بلور کلسیت، منبع لیزر، تیغه شیشه ای، پلاروید مدرج دو عدد، دیسک مدرج، منبع نور سفید

تئوری آزمایش: بنا به نظریه الکترومغناطیس، نور موجی عرضی است. یعنی در راستای عمود بر ارتعاشات میدان الکتریکی و مغناطیسی منتشر می شود. یکی از مشخصات امواج عرضی اینست که **قطبیده خطی** اند. یعنی ارتعاشات میدان الکتریکی در تمام نقاط با هم موازی اند و در یک صفحه مخصوص خود ارتعاش می کنند. در چشمه های معمولیِ نور، تابشگرهای بنیادی یعنی اتمها و مولکولها، مستقل از یکدیگر عمل می کنند. برایند نور گسیل شده از مجموعه اتمها و مولکولها شامل امواج مستقلی است که هر یک صفحه ارتعاش میدان الکتریکی مخصوص به خود دارند. بنابراین برای نور طبیعی قطبش وجود دارد اما بصورت لحظه ای (حدود 10^{-8}s) و کتره ای جهت قطبش آن تغییر می کند.

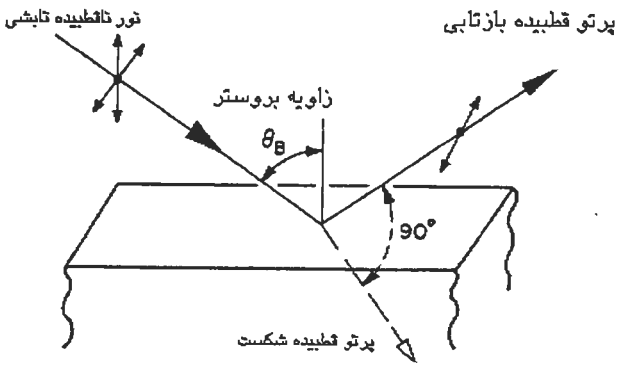
اگر بتوانیم این صفحات قطبش یک نور ناقطبیده (طبیعی) را به نحوی از هم جدا کنیم، می توانیم نوری قطبیده داشته باشیم.

- عبور نور از بلورهایی با شکست دوگانه همچون کلسیت
- استفاده از ورقه های قطبی کننده (پلاروید)
- قطبیدگی در اثر بازتابش (زاویه بوستر)

از روشهای ایجاد نور قطبیده از نور طبیعی است، که می توان در آزمایشگاه آنها را مشاهده کرد.



(استفاده از ورقه های قطبی کننده)



(قطبیدگی در اثر بازتابش)

آزمایشات مفصل و کمی در مورد قطبش نور را در آزمایشگاه اپتیک انجام خواهید داد. اما با توجه به وقت و امکاناتی که در آزمایشگاه موجود است، مناسب است این پدیده ها را مشاهده کرده و حاصل مشاهدات و دریافت خود را گزارش کنید.

سوالات:

۱- در این آزمایش چرا از میکروسکوپ استفاده می شود ؟

۲- قطبش خطی و دایروی را مختصری توضیح دهید.

۳- در مورد روشهای دیگر ایجاد نورقطبیده تحقیق نموده، بصورت مختصر توضیح دهید؟

آزمایش شماره ۱۱ :

تداخل و پراش نور

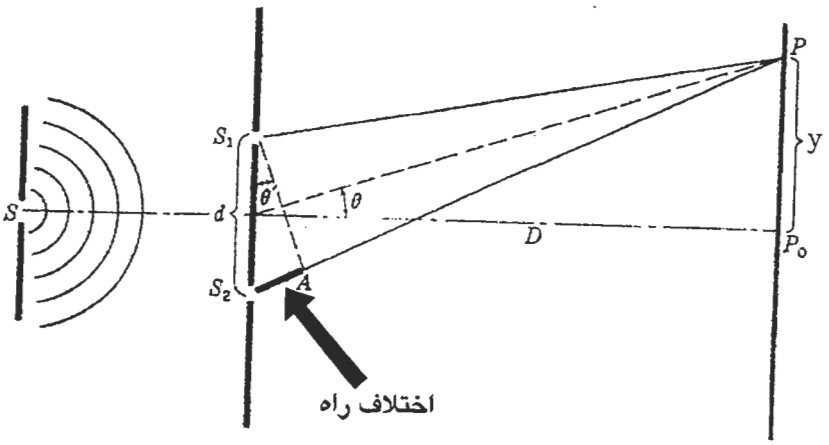
(الف): دو شکاف یانگ

هدف آزمایش : اندازه گیری فاصله دو شکاف یانگ با استفاده از تداخل امواج نور

وسایل آزمایش : دو شکاف یانگ با فواصل مختلف، لیزر، خط کش

تئوری آزمایش: اساس نظریه تداخل مبتنی بر اصل برهم نهی خطی میدانهای الکترومغناطیسی است. معادلات برهم نهی میدانها را به طور مفصل در درس اپتیک فرا خواهید گرفت. و اکنون به این پدیده همچون برهم نهی دو موج مکانیکی نگاه می کنیم. اگر دو موج مکانیکی با بسامد یکسان در جهت تقریبا یکسانی حرکت کنند و اختلاف فازی داشته باشند که در طول زمان ثابت باقی بماند، این امواج می توانند با هم ترکیب شوند و در نقاط معینی بیشینه و و در نقاط دیگر کمینه بشوند. یانگ در سال م۱۸۰۱ اولین کسی بود که نظریه موجی نور را در آزمایش نشان داد.

در آزمایش یانگ، نور پس از عبور از یک تک شکاف به دو شکاف یانگ می رسد. هر یک از دو شکاف به عنوان چشمه جدید نور ایفای نقش می کنند که امواج گسیل شده از آنها با هم، هم بسامد اند. همانگونه که در شکل زیر مشاهده می کنید، دو پرتو با اختلاف راه Δd به یک نقطه فرضی P روی پرده می رسند. اگر این اختلاف راه مضرب درستی از λ باشد، دو موج با هم تداخل سازنده نموده و یک بیشینه (لکه روشدن) شکل می گیرد. و اگر Δd مضرب فردی از $\lambda/2$ باشد، تداخل ویرانگر رخ داده و یک کمینه (لکه تاریک) ایجاد خواهد شد.



شکل (۱)

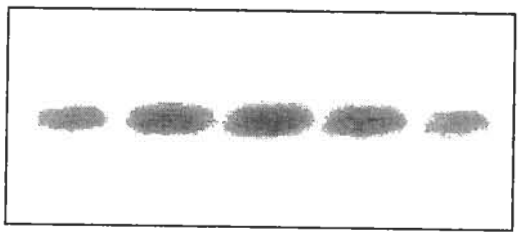
از روابط هندسی می توان نشان داد، y، محل تشکیل بیشینه ها از رابطه زیر بدست می آید: (چگونه؟)

$$y = m\frac{\lambda D}{d} \qquad (۱)$$

که در آن m=0,1,2,... می باشد.

روش آزمایش:

نور لیزر را پس از عبور از یک تک شکاف به اسلاید دو شکاف یانگ بتابانید و نوارهـا تـداخلی را در روی پـرده ای در فاصله چند متری مشاهده کنید. با تغییر فاصله بین منبع، تک شکاف و دو شکاف یانگ سعی کنید تـصویر واضحی تشیکل دهید.



شکل (۲) الگوی تداخل از دوشکاف یانگ

حال فاصله نوار روشن mام را از وسط نوار مرکزی (y_m) و فاصله دو شکاف تا پرده D را اندازه گیری کنیـد. بـا معلوم بودن طول موج پرتو لیزر و با استفاده از رابطه (۱) فاصله بین دو شـکاف یانـگ d را بدسـت آوریـد. ایـن آزمایش را برای هر اسلاید دو شکاف حداقل سه بار تکرار کنید و خطای نـسبی را بـا توجـه بـه داده هـای خـود بدست آورید.

(ب): پراش از تک شکاف

هدف آزمایش : بررسی کیفی پراش از تک شکاف

وسایل آزمایش : تک شکاف با پهنای مختلف، لیزر، خط کش، روزنه های دایروی وموانع دایروی

تئوری آزمایش: اگر یک جسم کدر بین یک چشمه نقطه ای نور و یک پرده قرار گیرد، سـایه ای کـه از جـسم بـه وجود می آید از تندی و تیزی کاملی برخوردار نیست. بررسی دقیق کنار سایه نشان می دهد که مقداری از نـور به ناحیه تاریک سایه هندسی می رود و نیز فرانژهای تاریک در ناحیه روشن ظاهر می شود. این پدیده را پـراش نور می گویند. بررسی تئوری پدیده پراش را نیز در درس اپتیک خواهید آموخت. اکنون تنهـا بـه مـشاهده پدیـده پراش و بررسی تفاوتهای آن با تداخل بسنده می کنیم.