



دانشگاه علوم پزشکی
خدمات بهداشتی درمانی تبریز

دستور کار آزمایشگاه عمومی فیزیک پزشکی

بروزآوری و تنظیم:

رضا ملک زاده

(کارشناس آزمایشگاه، کارشناس ارشد فیزیک پزشکی)

زیر نظر:

دکتر جلیل پیرایش اسلامیان

عضو هیئت علمی و مدیر گروه فیزیک پزشکی

آبان ماه ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست عناوین مطالب

بخش اول: مقدمات کار در آزمایشگاه

۱. پیشگفتار..... ۶
۲. مقدمه و مقررات آزمایشگاه..... ۸
۳. ایمنی در آزمایشگاه..... ۹
۴. طریقه نوشتن گزارش کار آزمایشگاه..... ۱۲
۵. رسم و تحلیل منحنی..... ۱۳
۶. خطاهای اندازه گیری..... ۲۱

بخش دوم: آزمایشهای مربوط به نور و اپتیک

۱. تشخیص و اصلاح عیوب انکساری چشم..... ۲۵
۲. بررسی خصوصیات لیزر و مقایسه آن با منبع نور معمولی..... ۳۷
۳. اسپکتروسکوپی یا بیناب سنجی نوری..... ۴۳
۴. رفراکتومتري یا اندازه گیری ضریب شکست مایعات و جامدات شفاف..... ۵۱
۵. مطالعه مسیر نور در عدسی های کروی..... ۵۸

بخش سوم: آزمایشهای مربوط به پرتوهای یونیزان

۶. مطالعه نحوه تولید پرتوهای کاتدی (الکترونی) و ایکس و کاربرد آنها در پزشکی..... ۶۴
۷. بررسی تغییرات شدت پرتوهای گاما با قانون عکس مجذور فاصله..... ۷۱
۸. مطالعه وابستگی ضریب تضعیف خطی به نوع ماده جاذب و انرژی پرتوهای گاما..... ۷۶

بخش چهارم: آزمایشهای مربوط به صوت و فراصوت

۹. بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و درمانی امواج فراصوت پزشکی..... ۸۳
۱۰. بررسی فیزیک امواج صوتی..... ۹۳

بخش پنجم: آزمایش مربوط به حرارت

۱۱. تعیین ارزش آبی کالریمتر و اندازه گیری گرمای نهان ذوب یخ..... ۱۰۱

بخش ششم: آزمایشهای مربوط به الکتریسیته

۱۲. بررسی قانون اهم، مشخص کردن مقاومت ها از روی رنگ و بهم بستن سری و موازی مقاومت ها..... ۱۰۹
۱۳. شارژ و دشارژ خازن و بهم بستن سری و موازی خازن ها..... ۱۲۱
- منابع..... ۱۲۸

بخش اول:

مقدمات کار در آزمایشگاه

بسمه تعالی

۱. پیشگفتار

امروزه علم پزشکی به دلیل ضرورت نیاز به ابزار در تشخیص و درمان، بدون داشتن دانش مناسب کاربری و اثرات ابزارهای معاینات تشخیصی و همچنین دستگاه های درمانی، نه تنها از کارآمدی مناسبی برخوردار نخواهد بود بلکه به صورت یک تیغ دولبه چه بسا سبب تحمیل صدمات زیستی بر نوع بشر خواهد گردید. دراین راستا تجهیز دانشی دست اندرکاران امورتشخیص و درمان پزشکی (اعم از پرسنل متخصص و پیراپزشکان)، جزو مسئولیت های خطیر متخصصین فیزیک پزشکی و علوم وابسته محسوب می شود. پیشرفت روزافزون فن آوری های مورد استفاده در این زمینه و بروز عوارض دراز مدت اثرات ناشی از کاربرد ابزارهایی با تشعشعات پرتوزای یونساز و غیر یونساز، لزوم افزایش آگاهی و روزآمد کردن دانش کاربران را اجتناب ناپذیر کرده است. در این مرحله انتظار می رود فیزیک پزشکی با دارا بودن گرایش های متنوع علمی، بتواند قابلیت لازم را در این خصوص فراهم آورد و چه بسا در شکوفائی هرچه بیشتر فن آوری های نوین نیز سهم بسزائی داشته باشد. در این راستا، گروه فیزیک پزشکی دانشکده پزشکی تبریز در تلاشی روزافزون سعی داشته است که با شناسانیدن جایگاه واقعی علم فیزیک پزشکی و میدان عمل آن به دانشجویان رشته های مختلف دوره های عمومی و تکمیلی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، رسالت خود را دراین زمینه در حد توان و با امکانات موجود به انجام برساند. دروس عملیات آزمایشگاهی فیزیک پزشکی با درنظرگرفتن کاربردهای تشخیصی و درمانی ابزارهای پزشکی و همچنین قوانین فیزیکی حاکم بر آنها، برای آموزش عملی دانشجویان علوم پزشکی شامل پزشکی، داروسازی، دندانپزشکی، پیراپزشکی، بهداشت، تغذیه، توانبخشی، پرستاری و مامائی طراحی و در محل آزمایشگاه عمومی گروه فیزیک پزشکی دانشکده پزشکی تبریز متناسب با رشته و گرایش درسی به صورت کاربردی اجرا می گردد. گروه فیزیک پزشکی انتظار دارد دانشجو بعد از اتمام دوره آموزش عملی دروس مرتبط با فیزیک پزشکی دیدگاه کلی دراین خصوص پیدا نماید تا بعد از فارغ التحصیلی برحسب نیاز عملاً در موقعیت حرفه ای به صورت مؤثر از تجارب حاصله استفاده نماید. دستورکار آزمایشگاهی بدین منظور و در همین راستا برای آشنائی مقدماتی دانشجویان با مبانی نظری و عملی آزمایشات قبل از شروع تدریس دروس در محل آزمایشگاه تهیه و از طریق سایت این گروه نیز در اختیار عموم قرار داده شده است. امیدواریم این مجموعه توأم با تدریس عملی در ترم تحصیلی برای دانشجویان علوم پزشکی مفید و مؤثر واقع شود.

دکتر جلیل پیرایش اسلامیان
عضویت علمی و مدیر گروه فیزیک پزشکی

۲. مقدمه و مقررات آزمایشگاه

این مجموعه با عنوان دستور کار آزمایشگاه آموزشی فیزیک پزشکی برای دانشجویان دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و دوره دکتری عمومی داروسازی، دندان پزشکی و پزشکی جهت آشنایی عملی با مفاهیم اولیه فیزیک پایه تهیه شده است. هدف اصلی واحد درسی آزمایشگاه فیزیک پزشکی، آشنایی دانشجویان با پدیده های اساسی فیزیک در چهار چوب فیزیک مکانیک، فیزیک الکترواستاتیک، فیزیک صوت، فیزیک سیالات و مایعات، فیزیک نور و دیدگانی و فیزیک حاکم بر تابش های یونیزان می باشد. دستور کار حاضر راهنمای اجرای آزمایشات را شامل میشود. از آنجائی که تعداد آزمایش ها برای رشته های مختلف متفاوت می باشد. در ابتدای نیمسال، طی جلسه توجیهی آزمایشگاه تعداد آزمایشها، تاریخ و زمان برگزاری و گروه بندی دانشجویان، نحوه ارزیابی نمره، نحوه نوشتن دستور کار و قوانین حاکم بر آزمایشگاه به دانشجویان اطلاع داده می شود.

۲-۱ مرجع درس:

- مطالب بیان شده در فیلم های آموزشی پخش شده در کلاس، توضیحات مدرس و متن دستور کار

۲-۲ الزامات و پیش نیاز های درس:

- استفاده از روپوش در آزمایشگاه الزامی می باشد.
- قبل از هر آزمایش مطالعه کامل دستور کار آزمایش مربوطه توسط دانشجو الزامی می باشد.
- استفاده از تلفن همراه در آزمایشگاه اکیداً ممنوع می باشد.
- غیبت و تاخیر در کلاس عملی به منزله از دست دادن نمره آزمایش می باشد.
- داده های بدست آمده در آزمایشگاه بایستی توسط مدرس رویت و تأیید شوند.
- هفته بعد از انجام آزمایش، گزارشکار آزمایش باید به کارشناس آزمایشگاه گروه تحویل داده شود.
- دستور کار آزمایشگاه همچنین از لینک سایت گروه فیزیک پزشکی دانشکده علوم پزشکی تبریز از قسمت "آزمایشگاهها و بخش ها" دستور کار "آزمایشگاه فیزیک پزشکی" [از اینجا](#) قابل دانلود و یا مطالعه است.
- از گذاشتن وسایل اضافی روی میز آزمایش بپرهیزید.
- بعد از آزمایش وسایل را مرتب کرده و به حالت قبل از آزمایش برگردانید.

۲-۳ نمره آزمون نهایی:

نمره آزمایشگاه به دو قسمت تقسیم می شود:

- آزمون عملی ۷۰٪ نمره
- گزارش کار ۳۰٪ نمره

۳. ایمنی در آزمایشگاه

مهمترین امر در کار تحقیقاتی - آزمایشگاهی داشتن نظم با علم به اصول اولیه آن است. اصول اولیه، از مطالعه و سواد نظری و شهود شخص نسبت به آن مسئله حاصل میشود. همیشه در انجام یک کار تحقیقاتی تجربی رعایت استانداردهای مشخص شده جهت ایمنی شخص آزمایشگر در درجه اول و همچنین حفاظت از تجهیزات آزمایشگاهی و الکترونیکی در درجه دوم لازم و ضروری است.

به همین دلیل لازم است به صورت تیتروار مطالبی به طور خلاصه ارائه شوند. هرچند این مطالب به صورت مفصل در جلسه توجیهی آزمایشگاه نیز تاکید میشوند. بر همین مبنا اولین بخش این مجموعه به ایمنی در آزمایشگاه اختصاص داده شده است.

* موارد عمومی که در انجام هر آزمایش الزاماً بایستی رعایت شوند:

۱. صحبت نکردن و ممنوع بودن خوردن و آشامیدن در محیط آزمایشگاه
۲. حضور منظم و سر وقت در کلاس عملی
۳. مطالعه دستور کار آزمایش مورد نظر قبل از انجام آزمایش
۴. توجه به توصیه های مدرس و کارشناس آزمایشگاه در شروع هر آزمایش
۵. از به برق زدن و استفاده از سیستمهایی که از جزییات آنها اطلاع ندارید کاملاً پرهیز کنید.
۶. سعی کنید در هر موردی که کوچکترین شک برایتان ایجاد شد، سوال کنید.
۷. قطعات اپتیکی معمولاً گران قیمت بوده و تهیه آنها نیز به سختی صورت میگیرد. پس در موارد استفاده از قطعات و دستگاهها بسیار محتاط باشید و علیرغم محتاط بودن اگر اتفاقی صورت گرفت سریعاً استاد یا مسئول مربوطه را مطلع سازید تا در کمترین زمان ممکن قطعه مورد نظر اصلاح یا جایگزین شود.
۸. وسایل آزمایشگاه را از روی مجموعه تنظیم شده جابجا نکنید، بجز در موارد خیلی ضروری آن هم با همراهی مسئول آزمایشگاه این کار را انجام دهید.
۹. در آزمایشگاه اپتیک معمولاً از لیزر و لامپهای مختلف که دارای شدت و طول موجهای متفاوت و گسترده هستند، استفاده میشود، بنابراین در برخی موارد ممکن است قرار گرفتن در معرض این فوتونها برای شخص آزمایشگر مضر باشد. به همین دلیل لازم است موارد ایمنی مخصوص آزمایشگاه نور و لیزر را رعایت نماییم.
۱۰. در آزمایشگاه نور و لیزر، در صورت روشن بودن لیزر از عینک مخصوص استفاده کنید. به مشخصات لیزر توجه دقیق کنید، اگر لیزر با توان خروجی ۵ وات و بالاتر را میخواهید روشن کنید حتماً از عینک مخصوص استفاده کنید و در مورد نحوه استفاده از لیزرهای با توان بالا از مسئول آزمایشگاه کمک بخواهید.
۱۱. دانشجویان نباید از لیزرهایی که در محدوده مرئی کار نمیکنند، در هر توانی، بدون اجازه مسئول مربوطه کار کنند.
۱۲. از نگاه کردن مستقیم به هر نوع لیزری پرهیز شود، در محیط آزمایشگاه از جابجا کردن لیزر روشن خودداری کنید.
۱۳. هنگامی که در مورد شدت منبع (مثلاً لیزرها) و یا منابع تغذیه با ولتاژ بالا شک دارید حتماً از مسئول مربوطه سوال کرده و راهنمایی بخواهید.

۱۴. هنگام کار با دستگاههای با ولتاژ بالا بیشتر دقت کنید و به حفاظ آنها توجه نمایید. در استفاده از سیمهای زیاد و نامطمئنی بر روی میز اپتیکی دقت کنید، حداقل ۳۰ اینچ از دستگاههای با ولتاژ بالا فاصله بگیرید. در مواردی که دستگاهها در حوزه کمتر از ۶۰۰ ولت کار میکنند، و در موارد بالاتر از ۶۰۰ ولت، فاصله بایستی بیشتر از ۳۶ اینچ باشد.

۱۵. سعی کنید در اینگونه موارد به تنهایی کار کنید و یا حداقل اگر دو نفر هستید با هماهنگی کامل با یکدیگر کار کنید.

برای اینکه بتوانیم در برخورد با مواد خطرناک موجود در آزمایشگاه، بخوبی از برچسب های ایمنی الصاق شده بر روی آنها استفاده کنیم، باید با مفهوم شکل ها و حروف نشان داده شده در جدول زیر آشنا بشیم:

جدول ۱ برچسب های ایمنی برای موارد خطرواحتیاط موجود در آزمایشگاه

			
مواد مضر	قابل اشتعال	بشدت قابل اشتعال	حل کننده
			
گاز فشرده	مواد پرتوزا	مواد خورنده	خطر بیولوژیکی

فرم گزارش حوادث / وقایع و خرابی دستگاه

کارشناس آزمایشگاه باید بعد از پر شده قسمت های الف و ب این فرم توسط فرد مصدوم / دانشجو، حداکثر تا ۲۴ ساعت بعد از حادثه به مسئول بلافصل خود ارائه باید گردد.

قسمت الف: اطلاعات عمومی (مرتبط با فرد مصدوم / دانشجو)

نام: نام خانوادگی:

شماره دانشجویی: تلفن تماس:

قسمت ب: شرح واقعه

تاریخ گزارش: ... / ... / ۱۳.... ساعت حادثه: محل حادثه:

آیا شما آسیب دیده اید؟ (شرح آسیب و قسمت های آسیب دیده بدن)

آیا قطعه و یا دستگاه آزمایشگاهی دچار آسیب شده است؟ (نام دستگاه و شدت آسیب)

آیا قطعه / دستگاه تعویض یا تعمیر گردید؟

چه عواملی موجب حادثه بودند؟

امضاء مصدوم / دانشجو

امضاء کارشناس آزمایشگاه

۴. **طریقه تهیه گزارش کار آزمایشگاه**

انجام آزمایش با نوشتن گزارش کار و بیان نتایج و نتیجه گیری همراه است. قبل از انجام هر مطالعه و آزمایشی باید پروپوزال و دستورکارداشته باشیم و بعد از انجام تحقیق و آزمایش حتماً باید خروجی در قالب گزارش کار، مقاله و ... ارائه شود. گزارش باید شامل کلیه مراحل از شروع تا نتیجه گیری باشد.

*** در تهیه گزارش کار باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرند:**

- (۱) **صفحه عنوان:** عنوان آزمایش، نام و نام خانوادگی دانشجو و هم گروهیان، رشته تحصیلی، تاریخ انجام آزمایش (روز و ساعت).
- (۲) **هدف انجام آزمایش:** اهداف آزمایش به اختصار در یک پاراگراف بیان شود.
- (۳) **مقدمه:** شرح مختصری از تئوری آزمایش با ذکر منابع استفاده شده (حدود سه پاراگراف)، معادلات باید در این بخش ارائه شود.
- (۴) **مواد و وسایل مورد استفاده:** کلیه تجهیزات و موادی که در آزمایش مورد استفاده قرار میگیرند، فهرست شوند.
- (۵) **روش کار و نحوه انجام آزمایش:** نحوه صحیح استفاده تجهیزات و مواد مورد استفاده در آزمایش، شرح فعالیت های عملی انجام شده در حین آزمایش. باید به شکلی نوشته شود که گروه دیگری از دانشجویان با خواندن آن بتوانند آزمایش را انجام دهند.
- (۶) **نتایج:** تمام داده های خامی که در آزمایش بدست آمده اند باید در این قسمت در قالب جدول نتایج و یا نمودار به همراه ذکر واحد عرضه شوند. تمام نمودارها و جداول باید عنوان^۱ و شماره داشته باشند. عنوان جدول بالای آن و عنوان نمودار زیر نمودار یا شکل نوشته می شود.
- (۷) **تحلیل داده ها و بحث:** در این قسمت با استفاده از عملیات ریاضی بر روی داده های خام، کمیت های مورد مطالعه محاسبه می گردد. در صورت نیاز نتایج نهایی داده ها در این بخش باید توسط جدول یا نمودار گزارش شود. دلیل کاهش یا افزایش و هر تغییری در روند داده های بدست آمده باید تفسیر و توضیح داده شوند. مقایسه تئوری و عملی با یکدیگر، محاسبه خطا و ذکر خطاهای احتمالی آزمایش در پاراگراف آخر این قسمت.
- (۸) **نتیجه گیری:** بیان واضح ترین نتیجه بر پایه نتایج حقیقی بدست آمده.
- (۹) **مراجع:** تمام منابع چاپ شده ای را که در طی آماده سازی گزارش کار خود استفاده کرده اید ذکر کنید. ذکر منبع به ترتیب زیر خواهد بود: نام کامل نویسندگان، عنوان مقاله یا کتاب، نام مجله، ناشر، شماره صفحات، سال چاپ.
- (۱۰) **پاسخگویی به سئوالات:** به سئوالات مطرح شده در دستورکار که در انتهای هر آزمایش هستند واضح جواب داده شود.

تذکرات:

- گزارشکار باید مرتب و خوانا نوشته شود. دست خط یا تایپی بودن گزارش کار تاثیری در نمره ندارد.
- نمودار ها و جدول ها بایدگویاو self explanatory باشند. یعنی هیچ ابهامی را ایجاد نکنند و کاملاً گویا باشند.
- واحد تمام کمیت های فیزیکی، محور های نمودارها و ... باید در مقابل آنها نوشته شود.

۵. رسم و تحلیل منحنی

نمودار ها اغلب روشی ارجح برای ارائه و تحلیل داده ها هستند. هنگامی که نموداری را رسم می کنید، اصول علمی ومدونی وجود دارند که باید از آن پیروی نمایید تا در حد امکان مشکلی برای خواننده ایجاد نشود:

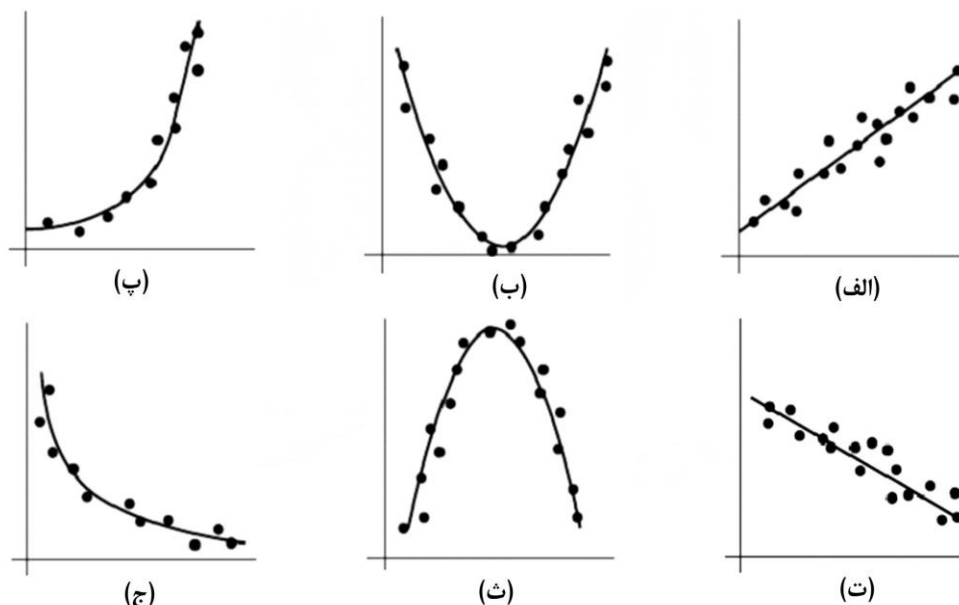
- هر محور باید دارای نام و واحد متغیری که در آن راستا تعریف و ثبت شده باشد.
- هر محور باید شامل تعداد قابل قبولی از علامت گذاری در هر بازه باشد. وجود تعداد زیاد علامت گذاری، نمودار را شلوغ و تفسیر آن را مشکل میکند. همچنین تعداد کم علامت سبب می شود که نقاط داده به سختی تعیین شود.
- نمودار ها باید با عنوان و شماره همراه باشند.

۵-۱ متغیرهای مستقل و وابسته در نمودار:

هنگامی که شما داده ها را به صورت نمودار رسم می کنید، اغلب متغیر وابسته را بر حسب متغیر مستقل رسم می شود. متغیر مستقل بر روی محور X و متغیر وابسته بر روی محور Y رسم می شود. متغیر مستقل، متغیری است که با دیگر متغیرهایی که شما سعی می کنید اندازه بگیرید، تغییر نمی کند. برای مثال، زمان اغلب در تمام آزمایش ها متغیر مستقل است. در آزمایش های عکس مجذور فاصله و صوت، فاصله متغیر مستقل است چرا که شدت پرتو های گاما و صوت با افزایش فاصله کاهش پیدا می کند پس شدت متغیر وابسته است.

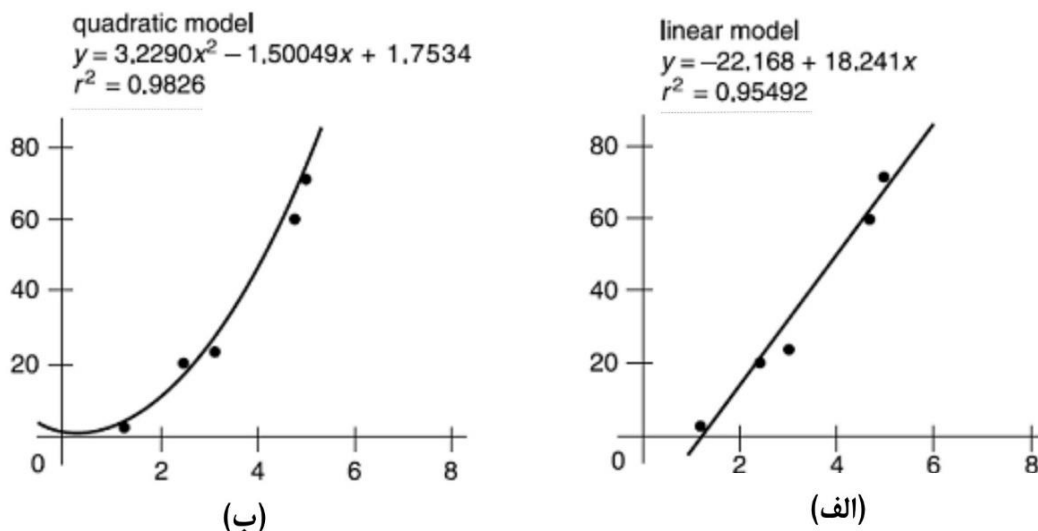
۵-۲ تطبیق منحنی^۲:

یکی از روش های مفید تحلیل داده ها تعیین آن است که آیا متناظر با مدل ریاضی خاصی است یا خیر؟. اولین قدم، رسم نقاط و دیدن آن است که آیا روند قابل تشخیصی را همچون یک روند خطی، درجه دوم و یا تابع نمایی دنبال میکند یا خیر. نمودارهای شکل (۱) مثال هایی را نشان می دهند.



شکل ۱ طرحی از داده هایی با رفتار خطی (الف) و (ت)، رفتار درجه دوم (ب) و (ث) و با رفتار نمایی (پ) و (ج).

معادله عمومی یک تابع خطی به صورت $y = ax + b$ است که در آن a شیب و b عرض از مبدا (محل برخورد خط با محور عمودی) است. معادله عمومی یک تابع درجه دو به صورت $y = ax^2 + bx + c$ است که در آن a ، b و c ثوابت دلخواه هستند. همچنین معادله عمومی یک تابع نمایی به شکل $y = Ae^{-bx}$ است که در آن A و b ثابتهای دلخواه هستند. برای مثال تابع نمایی فیزیک تعداد ذرات رادیواکتیو باقی مانده پس از یک زمان مشخص از واپاشی رادیواکتیو $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ حاصل می شود که در آن N_0 تعداد ذرات اولیه و λ نرخ واپاشی است. اگر داده ها به ضوح از یک الگوی مشخص پیروی نکنند می توانید از نرم افزارهای کامپیوتری برای تطبیق داده به مدل ریاضی استفاده کنید. در این حالت، شما داده ها را وارد کرده و مدلی را که فکر می کنید بهترین تطبیق را بر داده ها دارد، انتخاب می کنید. این تجزیه و تحلیل رگرسیون^۳ نامیده می شود. تحلیل رگرسیون یک روش معمولی تطبیق منحنی است که تحلیلی که با استفاده از این روش انجام میشود پارامترهای معادله ای که برای تطبیق منحنی انتخاب نموده اید و همچنین پارامترهای را که توضیح می دهد که با چه دقتی داده بر مدل تطابق دارد، را ارائه میدهد. نمودارهای الف و ب شکل (۲) داده های یکسانی را نشان می دهد که مدل خطی و درجه دوم به آن تطبیق یافته است. مقدار R^2 ضریب تشخیص است که نشان دهنده میزان تطابق است. این ضریب عددی بین صفر تا یک می باشد. هر چه قدر این عدد به یک نزدیک باشد، نشان دهنده تطابق بهتر به مدل است. در این شکل مشاهده می شود که مدل معادله درجه دوم تطابق بهتری دارد.



شکل ۲ تطبیق دو مدل متفاوت بر روی یک مجموعه داده و بررسی دقت تطابق مدل ها.

در ادامه روش رسم نمودار و بدست آوردن معادله تغییرات منحنی با استفاده از نرم افزار Excel Office توضیح داده می شود.

۳-۵ راهنمای رسم منحنی با استفاده از نرم افزار عمومی Excel Office:

همانگونه که ذکر شد، نرم افزار اکسل^۴ از جمله نرم افزار هایی است که به کمک آن می توانید محاسبات مورد نیاز و از همه مهمتر رسم نمودار های مربوط به آزمایشات خود را انجام دهید. در ادامه به اختصار روش رسم نمودار در این نرم افزار توضیح داده می شود. اگر داده های یک آزمایش در اختیار باشند، برای رسم نمودار کافی است مقادیر X و Y مربوط به آزمایش را در دو ستون مجزا در خانه های یک صفحه کار اکسل وارد کنید. برای بررسی روش کار در نرم افزار اکسل از داده های مربوط به آزمایش اندازه گیری ضریب تضعیف حفاظ سربی استفاده می شود. داده های مربوط به ضخامت حفاظ ها و شمارش های تصحیح شده را در دو ستون در نرم افزار وارد می کنیم. از آنجایی که برای رسم نمودار به لگاریتم شمارش های تصحیح شده نیاز داریم (در آزمایش مربوطه توضیح داده شده است)، لگاریتم این داده ها را بدست آورده و در ستون کناری وارد می کنیم.

داده های چشمه کبالت 60 با حفاظ های سریبی		
لگاریتم بر پایه نیر از داده های شمارش اصلاح شده	شمارش اصلاح شده	ضخامت حفاظ (mm)
۹.۱۵۳	۹۴۴۷	-
۹.۰۵۰	۸۵۱۷	۲
۸.۹۷۸	۷۹۲۹	۴
۸.۹۰۸	۷۳۹۱	۶
۸.۸۱۸	۶۷۵۸	۸
۸.۶۳۶	۵۶۳۰	۱۲
۸.۴۸۸	۴۸۵۵	۱۶
۸.۲۶۵	۳۸۸۷	۲۱
۸.۱۱۱	۳۳۳۱	۲۵
۷.۹۰۷	۲۷۱۵	۳۰

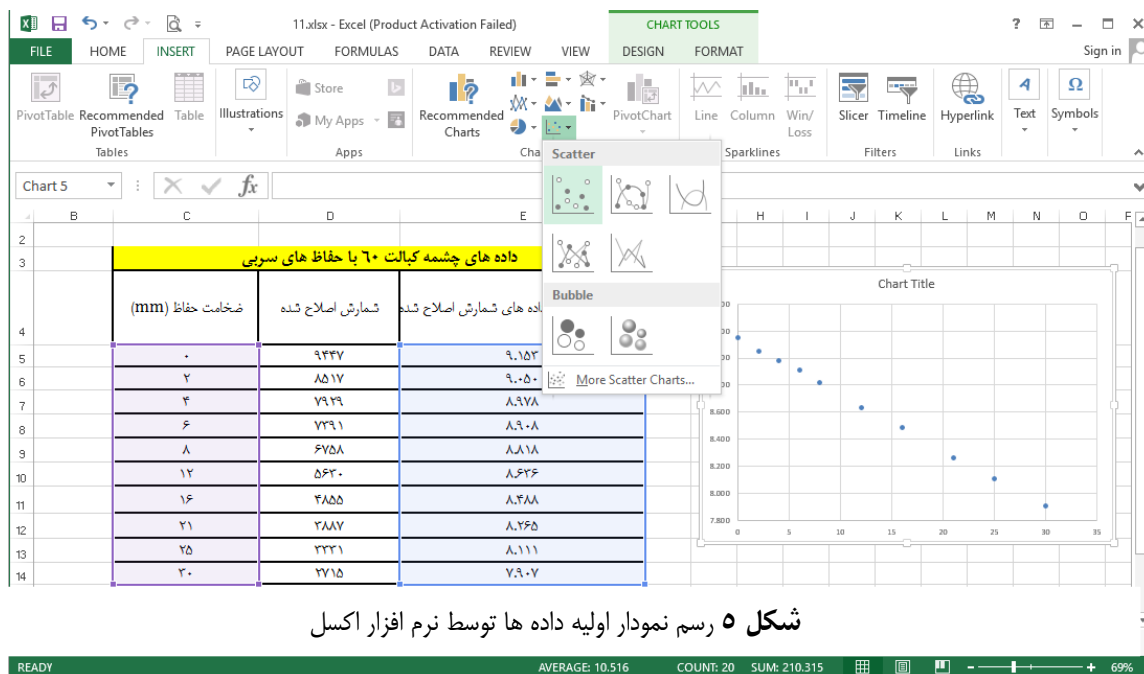
شکل ۳ وارد کردن داده ها به نرم افزار اکسل

سپس برای رسم نمودار، هر دو ستون مورد نظر را بر حسب x و y انتخاب می کنیم.

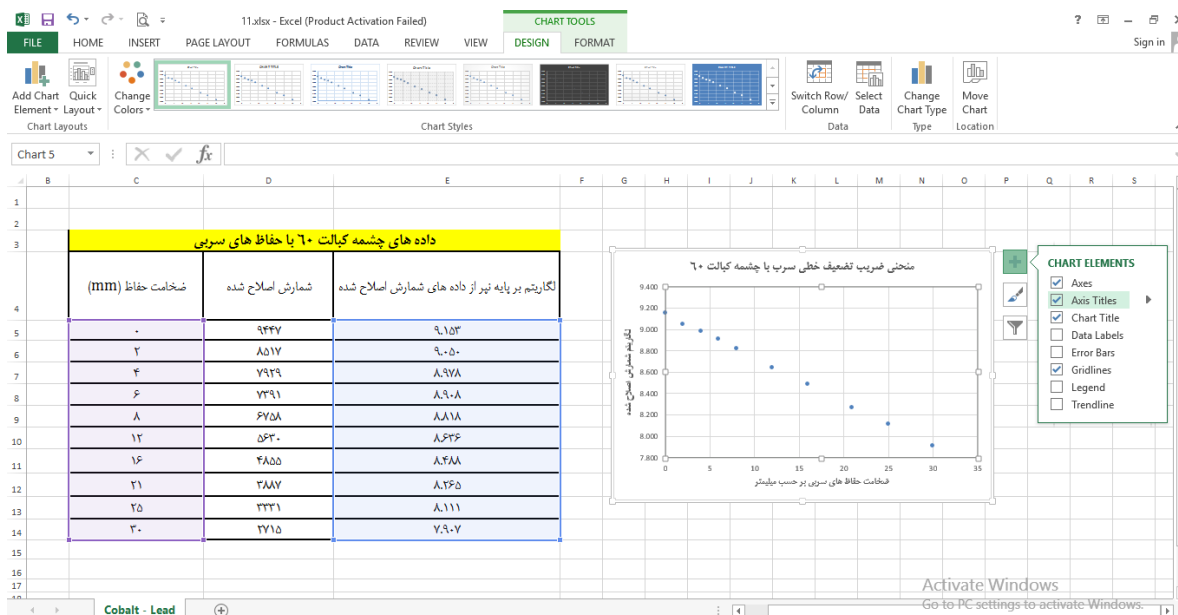
داده های چشمه کبالت 60 با حفاظ های سریبی		
لگاریتم بر پایه نیر از داده های شمارش اصلاح شده	شمارش اصلاح شده	ضخامت حفاظ (mm)
۹.۱۵۳	۹۴۴۷	-
۹.۰۵۰	۸۵۱۷	۲
۸.۹۷۸	۷۹۲۹	۴
۸.۹۰۸	۷۳۹۱	۶
۸.۸۱۸	۶۷۵۸	۸
۸.۶۳۶	۵۶۳۰	۱۲
۸.۴۸۸	۴۸۵۵	۱۶
۸.۲۶۵	۳۸۸۷	۲۱
۸.۱۱۱	۳۳۳۱	۲۵
۷.۹۰۷	۲۷۱۵	۳۰

شکل ۴ انتخاب ستون داده های مد نظر برای رسم نمودار

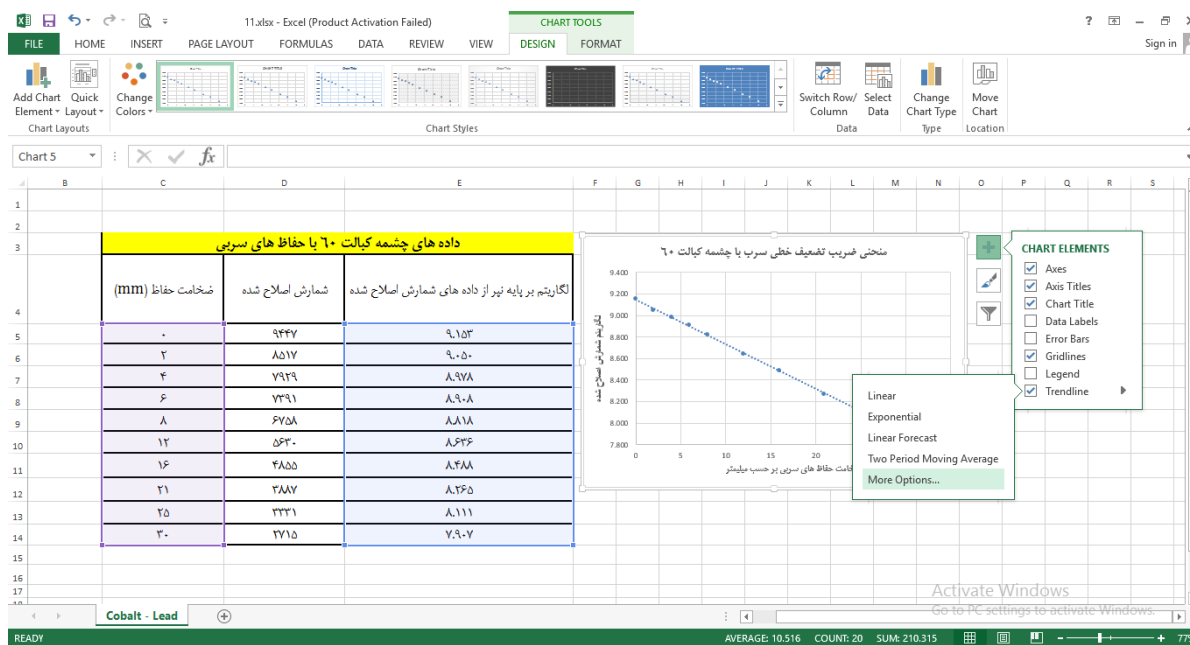
بعد از انتخاب دو ستون داده، از منوی بالا صفحه، Insert را انتخاب نموده و سپس از زیر منو Charts بر روی گزینه Scatter کلیک کرده و اولین حالت رسم نمودار را انتخاب می کنیم.



مطابق شکل فوق یک نمودار از نقاط گسسته ظاهر خواهد شد که بیانگر داده های (x,y) است. با کلیک روی نمودار باز شده، جعبه ابزار Chart Tools در بالا ظاهر می شود. در قسمت Design این جعبه ابزار می توانید بر روی بخش Quick Layout کلیک نموده و گزینه مناسب را جهت نمایش نمودار انتخاب نمایید. گزینه مناسب گزینه ای است که اطلاعات کامل را بر روی آن نمودار ارائه دهد. سپس عنوان محور ها و عنوان نمودار را روی نمودار اعمال می کنیم. برای ظاهر شدن محل نوشتن عنوان محورها را میتوان با کلیک روی علامت $\pm$ کنار نمودار و انتخاب گزینه Axis Titles به روی نمودار اضافه کرد.

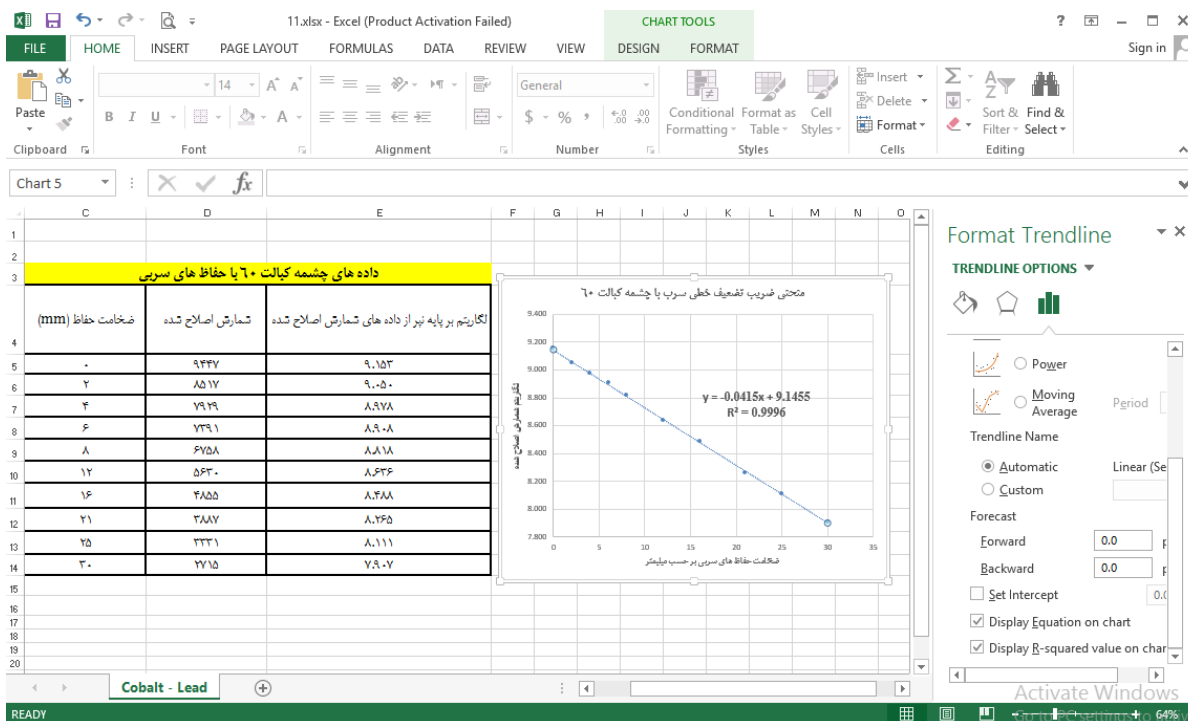


به منظور بدست آوردن معادله منحنی، باز با کلیک روی پنجره نمودار، علامت $\pm$ ظاهر می شود. روی گزینه آخر جعبه باز شده، یعنی Trendline کلیک کرده و گزینه More Options را باز میکنیم.



شکل ۷ نحوه بدست آوردن رابطه ریاضی منحنی از روی داده ها در نرم افزار اکسل

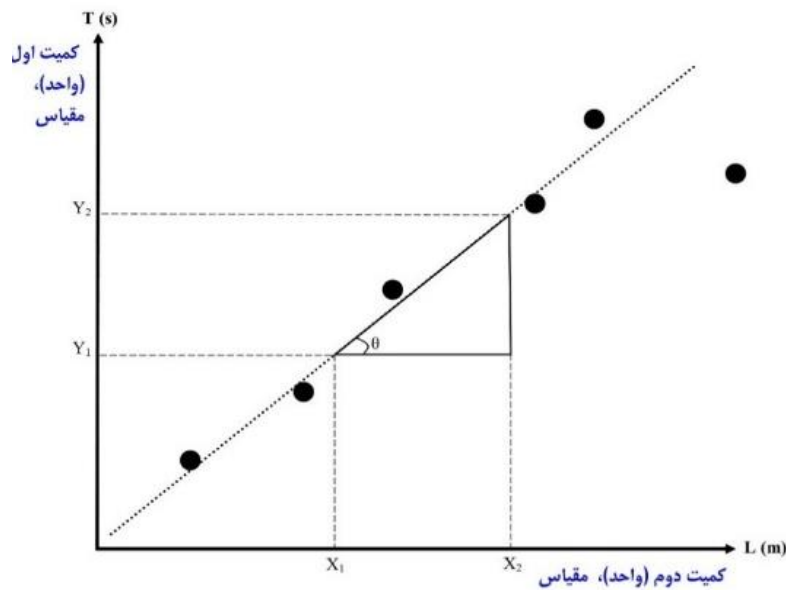
در این مرحله پنجره Formatt Trendline باز می شود که ابزار بسیار کاربردی برای فیت کردن نمودار با انواع مدل های ریاضی را عرضه می کند. با توجه نحوه قرار گیری داده ها و اطلاعات قبلی ما از رفتار داده ها، می دانیم که شیب خط در این آزمایش بخصوص نشان دهنده کمیت ضریب تضعیف خطی سرب می باشد. بنابراین ما به دنبال پیدا کردن یک رابطه خطی یا درجه اول هستیم. از این رو گزینه Linear را انتخاب میکنیم و در قسمت پایین، دو گزینه Display Equation on chart و Display R-squared value on chart را جهت نمایش رابطه ریاضی و دقت رابطه را انتخاب می کنیم. بدین ترتیب رابطه ریاضی که داده ها از آن پیروی میکنند و دقت تطابق داده ها از منحنی روی نمودار ظاهر می شود. همانطور که قبلاً گفته شد، ضریب x در منحنی، نشان دهنده شیب خط می باشد که در این جا مقدار $0.415 \pm$ می باشد که همان ضریب تضعیف سرب برای چشمه کبالت-۶۰ می باشد.



شکل ۸ نمایش رابطه ریاضی و ضریب دقت رابطه بدست آمده در نرم افزار اکسل

۵-۴ نحوه پیدا کردن شیب نمودار به شکل دستی:

در بعضی آزمایش ها نیاز هست تا در جلسه آزمایش، نمودار داده های بدست آمده رسم شده و شیب آن بدست بیاید. در اکثر مواقع شیب نمودار نشان دهنده کمیت هدف می باشد. بدین منظور ابتدا بر روی صفحه خط کشی شده محورهای خود را رسم کرده، نوع متغیر های وابسته و مستقل را تعیین می کنیم. سپس داده های بدست آمده را در مختصات (x,y) نقطه گذاری میکنیم. نباید برای بدست آوردن نمودار تغییرات داده ها، نقاط را به هم وصل کنیم چرا که با این کار خطوط مختلف با شیب های مختلف بدست می آید. جهت ترسیم خط منحنی داده ها، خط صافی را با استفاده از خط کش به شکلی رسم میکنیم که نزدیک ترین فاصله را با نقاط داشته باشد (Trend line). هر چقدر نقاط روی این خط قرار بگیرند، نشان دهنده دقت داده های بدست آمده می باشد. بعد از رسم منحنی تغییرات داده ها، برای اندازه گیری شیب منحنی با نقاط اصلاً کاری نخواهیم داشت و فقط از منحنی استفاده میکنیم. شیب خط در کل منحنی ثابت است، مثلی را از روی خط انتخاب کرده و با تقسیم تغییرات محور y بر تغییرات محور x شیب خط را محاسبه میکنیم (شکل ۹).



شکل ۹ منحنی تغییرات کمیت اول نسبت به کمیت دوم

$$\text{شیب خط} = \tan \theta = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (۱)$$

۶. خطاهای اندازه گیری

۶-۱ خطاهای اتفاقی و سیستماتیک:

فیزیک اگر چه علمی دقیقی است، اما به دلیل اندازه گیریها، آنچه را که گاه مقدار دقیق یا واقعی یک کمیت فیزیکی می نامند، نمیتوان یافت. به هر حال فرض این مطلب که مقدار دقیق وجود دارد منطقی به نظر میرسد و برآورد حدودی که این مقدار را در بر میگیرد مورد نظر ما خواهد بود. با اندازه گیری هر چند دقیق و اصولی که با روش های خوب علمی صورت می گیرد، باز هم مقدار واقعی و حقیقی بدست نمی آید. در هر اندازه گیری اشتباه یا خطا جزء جدا نشدنی اندازه گیری است. منبع اشتباه هم در نحوه عمل شخص اندازه گیری کننده و هم در ذات قطعات و وسایل اندازه گیری میباشد و همچنین محیط اشتباهاتی را بر اندازه گیری تحمیل می کند. اختلاف بین مقدار مشاهده شده هر کمیت فیزیکی و مقدار دقیق آن را خطای مشاهده می نامند. چنین خطاهایی از قانون ساده پیروی نمیکند و به طور کلی از علل متعددی ناشی می شوند. عواملی مثل بی دقتی، عدم یکنواختی وسیله یا وسایل به کار رفته، متغیر بودن آزمایشگر و یا نتیجه برخی تغییرات کوچک در عوامل فیزیکی موثر در آزمایش از مهمترین دلایل افزایش خطای آزمایش هستند. خطاهای اندازه گیری را معمولاً به دو گروه اتفاقی و سیستماتیک تقسیم می کنند. البته تشخیص آنها از یکدیگر گاه مشکل است و بسیاری از خطاها نتیجه ترکیب این دو نوع خطاست.

۶-۲ خطای اتفاقی:

این خطاها مربوط به آزمایشگر و یا محیط است و اغلب با تکرار اندازه گیری خود را نشان می دهند. این نوع خطاها از لحاظ وقوع نامرتب و از نظر بزرگی متغیرند. خطای مربوط به یک آزمایشگر را اغلب خطای شخص می نامند. عواملی نظیر دما، فشار هوا، وزش باد و رطوبت هوا در نتیجه بسیاری از آزمایشها موثرند و تغییرات ناگهانی آنها باعث کاهش دقت آزمایش می شود.

۶-۳ خطای سیستماتیک:

یک سری خطاها هستند که به آسانی قابل آشکارسازی نیستند و روشهای آماری (تکرار آزمایش) در این باره موثر نیستند، مانند آن خطاهایی که از کالیبره نبودن دستگاه یا پیش زمینه ذهنی آزمایشگر نتیجه می شود به این خطاها، خطاهای سیستماتیک گویند که باید توسط آنالیز روش ها و شرایط آزمایش تخمین زده شوند. از طرفی گاهی در حین آزمایش به نوعی خطا برخورد میکنیم که نه به دقت دستگاه اندازه گیری و نه به دقت شخص آزمایشگر بستگی دارد، بلکه ناشی از عدم حساسیت دستگاه است و به همین دلیل آن را خطای عدم حساسیت می نامند. برای مثال، چنانچه توسط یک جسم نورانی با یک عدسی محدب تصویر حقیقی روی یک صفحه تشکیل دهیم خواهیم دید که با جابجا کردن صفحه تصویر در یک ناحیه محدود، وضوح آن به هم نخواهد خورد. در این آزمایش مربوط به آزمایش عدسی های کروی، این خطا به ساختمان عدسی بستگی دارد و هر قدر عدسی دقیق تر ساخته شود بعد ناحیه جابجایی کوچکتر می شود.

۶-۴ خطای مطلق:

اگر نتیجه اندازه گیری برای یک کمیت را x و اندازه حقیقی آن کمیت که برای ما معلوم نیست، x' فرض شود، تفاضل این دو مقدار خطای مطلق نامیده می شود.

$$\Delta x = |x' - x| \quad (۲)$$

همواره قدر مطلق حداکثر خطایی را که ممکن است در سنجش یک کمیت x رخ دهد به حساب می آورند و آن را با Δx نمایش می دهند. توجه داشته باشید که اندازه گیری یک کمیت در صورتی دارای معنی فیزیکی خواهد بود که خطای مطلق آن کوچکتر از مقدار خود کمیت باشد.

۶-۵ خطای نسبی:

مقدار خطای مطلق میزان دقت آزمایش را نشان نمی دهد. لذا برای تامین این منظور، خطای نسبی تعریف شده است. نسبت خطای مطلق به اندازه حقیقی کمیت را خطای نسبی نامیده می شود و با ضرب کسر بالا در ۱۰۰، درصد خطای نسبی بدست می آید.

$$(۳) \quad \text{درصد خطای نسبی} = \frac{\Delta x}{x} \times 100$$

دانشجویان عزیز توجه داشته باشند روش بالا برای محاسبه خطای مطلق و خطای نسبی روش ابتدایی بوده و فقط برای درک خطا مطرح گردید. یکی از روش های علمی و صحیح خطا استفاده از روش Ln گیری از رابطه مورد بررسی در آزمایش می باشد.

۶-۶ دستور کلی محاسبه خطا در آزمایشگاه:

در تمام آزمایشات از دستور زیر برای محاسبه خطا استفاده می کنیم. اگر بین مقدار مورد اندازه گیری x و مقادیر a, b, c و ... که مستقیماً از آزمایش بدست می آید، رابطه $x = f(a, b, c, \dots)$ برقرار باشد، برای محاسبه خطای نسبی از طرفین رابطه لگاریتم نپری (Ln) گرفته و بعد از ساه کردن لگاریتم، از طرفین رابطه دیفرانسیل گرفته می شود. در صورت امکان فاکتور گیری کرده بعد به جای da, db و dc مقادیر خطای a, b و c را که معمولاً از مقدار خطای دستگاههای اندازه گیری بدست می آید را با علامت مثبت قرار می دهیم تا خطای نسبی را بدست آوریم.

نمونه ای از نحوه محاسبه خطا در آزمایشگاه عمومی فیزیک پزشکی:

در آزمایش شماره بررسی خصوصیات لیزر رابطه ای به صورت زیر داریم:

$$(۴) \quad d = \frac{m\lambda D}{y}$$

از رابطه (۴) لگاریتم نپری (Ln) می گیریم:

$$(۵) \quad \ln(d) = \ln\left(\frac{m\lambda D}{y}\right) \rightarrow \ln(d) = \ln(m\lambda D) - \ln(y)$$

از طرفین رابطه لگاریتمی (۵) دیفرانسیل می گیریم:

$$(۶) \quad \frac{d(d)}{d} = \frac{d(m\lambda D)}{m\lambda D} - \frac{d(y)}{y} = \frac{d\lambda}{\lambda} + \frac{dD}{D} - \frac{dy}{y}$$

و در نهایت به جای علامت منفی، مثبت قرار می دهیم تا بیشترین خطا بدست آید:

$$(۷) \quad \frac{d(d)}{d} = \frac{d\lambda}{\lambda} + \frac{dD}{D} + \frac{dy}{y}$$

مقادیر dD و dy از روی خطای دستگاههای اندازه گیری تعیین می شود. به خاطر داشته باشید، شما برای کمیتی خطا خواهید داشت که آن را اندازه گیری نمایید به فرض λ داده شده و آن را اندازه نگرفتم پس $d\lambda$ برابر صفر است.

$dy = 1$	$dD = 1$	$d\lambda = 0$
$y = 67$	$D = 20$	$\lambda = 640$

$$(۸) \quad \frac{d(d)}{d} = \frac{d\lambda}{\lambda} + \frac{dD}{D} + \frac{dy}{y} = 0 + \frac{1}{20} + \frac{1}{67} = 0.19$$

بخش دوم:

آزمایشهای مربوط به نور و اپتیک

آزمایش شماره ۱

تشخیص و اصلاح عیوب انکساری چشم

۱-۱ هدف آزمایش

تشخیص و اصلاح ناهنجاری های کروی و غیر کروی چشم با استفاده از روش اسکياسکوپي (سایه بینی)

تشخیص و اصلاح ناهنجاری چشم با استفاده از عینک، جعبه عینک و صفحه Snellen

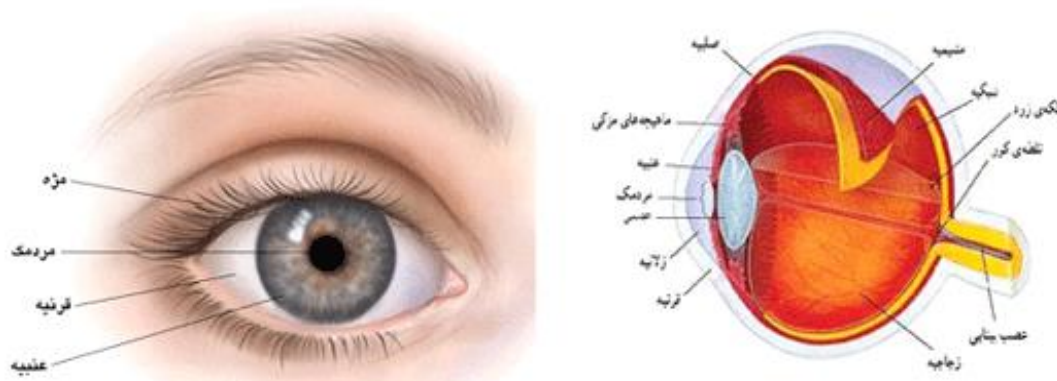
تمایز عدسیهای مختلف کروی و غیر کروی از همدیگر

۱-۲ وسایل مورد نیاز:

منبع نور (لامپ معمولی)، آینه سوراخ دار (جهت انعکاس نور و متمرکز کردن آن در داخل چشم بیمار)، فانتوم چشم، عینک، جعبه عینک، صفحه اسنلن، عدسی همگرا، عدسی واگرا.

۱-۳ تئوری آزمایش:

ساختمان چشم شبیه یک کره است. در قسمت جلوی این کره یک پنجره شفاف به نام قرنیه وجود دارد که از پشت آن ساختمان های داخلی تر کره چشم مثل عنبیه و مردمک دیده می شود. قسمت رنگی چشم عنبیه نامیده میشود. ماهیچه های عنبیه اندازه مردمک (نقطه سیاه وسط چشم) را تغییر می دهند. در پشت مردمک صفحه ای شفاف وجود دارد که به آن عدسی می گویند. نور از محیط خارج وارد قرنیه شده پس از عبور از مردمک به عدسی می رسد. عدسی پرتوهای نور را طوری خم می کند که تصویر چیزهایی که به آن نگاه می کنید، به صورت وارونه روی پرده پشت چشم شما تشکیل می شود. کار اصلی چشم آن است که نورهایی را که از خارج دریافت میکند طوری روی پرده شبکیه متمرکز کند که تصویر دقیقی از شیء مورد نظر روی پرده شبکیه ایجاد شود. شبکیه این تصاویر را به صورت پیام های عصبی به مغز ارسال می کند. مغز این تصویر را دوباره سر و ته می کند تا شما آن را همان طور که واقعاً هست، ببینید. بنابراین برای واضح دیدن، قبل از هر چیز لازم است که نور به طور دقیق روی پرده شبکیه متمرکز شود



شکل 1 تصویر برش عرضی چشم

تطابق در چشم: عدسی چشم یک عدسی انعطاف پذیر است، بدین معنی که می تواند با تغییر دادن شعاع انحنای خود توسط عضلات مژگانی، فاصله کانونی خود را تغییر دهد. تنظیم فاصله کانونی در چشم و واضح کردن تصویر بر روی شبکیه، عمل تطابق نام دارد. این عمل از حداکثر رویت چشم (نقطه دید دور- بینهایت) تا حداقل فاصله رویت (نقطه دید نزدیک)، انجام می گیرد. (چشمی که بدون تطابق بتواند اجسام واقع در دور را به وضوح ببیند چشم سالم محسوب می شود)

دیوپتر: عیوب انکساری با واحدی بنام دیوپتر اندازه گیری می شود. دیوپتر نشان دهنده میزان نمره عینک است. هرچه میزان دوربینی یا نزدیک بینی بیشتر باشد، نسخه عینک نمره بالاتری خواهد داشت.

علل فیزیکی ناهنجاریهای کروی: ناهنجاریهای کروی چشم، از لحاظ فیزیکی سه نوع هستند:

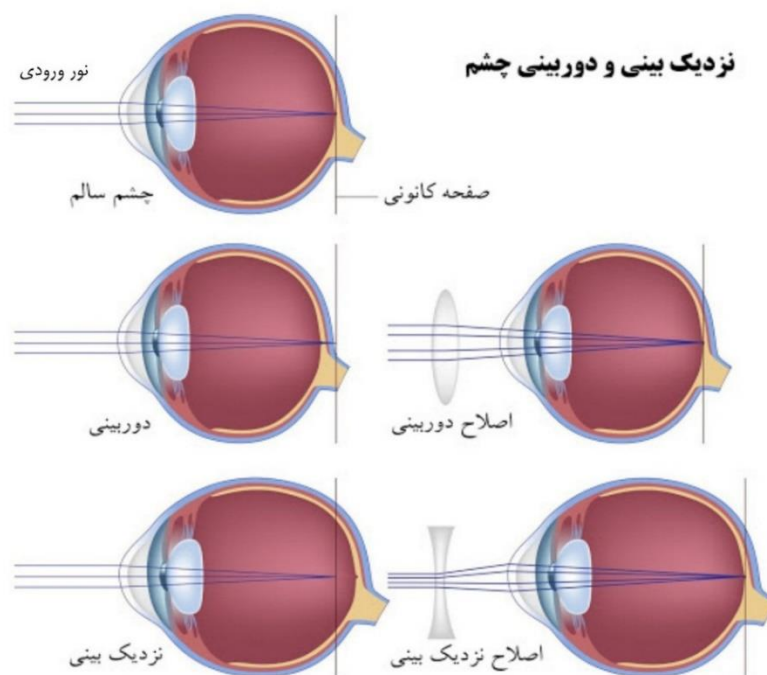
- (۱) **ناهنجاریهای محوری:** چشم از لحاظ قدرت همگرایی عادی است، ولی محور بصری آن در چشم نزدیک بین طویل تر و در چشم دوربین کوتاهتر از معمول است.
- (۲) **ناهنجاری انحنائی:** در این ناهنجاری ابعاد چشم عادی است، ولی انحنا سطح دیوپترهای مختلف چشم، در نزدیک بینی زیادتر و در دوربینی کمتر از معمول است.
- (۳) **ناهنجاری ضریبی:** در این حالت محور چشم و انحنا سطوح آن عادی است، ولی ضریب شکست محیطهای شفاف چشم، با ضریب شکست عادی متفاوت است، یعنی در چشم نزدیک بین، بیشتر و در چشم دوربین، کمتر از حالت عادی است. اغلب ناهنجاریها از نوع اول یعنی محوری است. نوع دوم گاهی دیده می شود و نوع سوم به ندرت وجود دارد.

انواع ناهنجاریهای چشم:

- (۱) **نزدیک بینی:** چشم نزدیک بین، چشمی است که توان همگرایی آن از حد معمول بیشتر شده است. بنابراین پرتوهای نور در صفحه ای جلوتر از شبکیه به هم می رسند. در واقع، این حالت زمانی روی می دهد که شعاع انحنای دیوپترهای تشکیل دهنده چشم از حالت طبیعی خارج شده باشد. اگر قرنیه نسبت به اندازه چشم انحنای بیشتری داشته باشد یا اندازه چشم نسبت به انحنای قرنیه بیشتر از حد معمول باشد، نزدیک بینی ایجاد می گردد.
- اصلاح نزدیک بینی:** برای اصلاح این ایراد باید افزایش توان همگرایی چشم را به حد معمول برسانیم. برای اینکه مقداری از توان همگرایی چشم را از بین ببریم، از یک عدسی واگرا کننده در مقابل چشم استفاده می کنیم که بسته به توان عدسی از توان همگرایی چشم کاهش مییابد. حداکثر رویت در چشم نزدیک بین کاهش می یابد. بنابراین وقتی پرتوها از حداکثر رویت به چشم نزدیک بین می رسند، واگرایی عدسی به اضافه همگرایی چشم باعث ایجاد تصویر بر روی شبکیه می شود. پس باید عدسی واگراکننده، تصویر پرتوهای رسیده از بینهایت را روی کانون حداکثر رویت چشم نزدیک بین بیندازد. بنابراین عینک تجویز شده با فاصله کانونی برابر با حداکثر رویت چشم نزدیک بین خواهد بود.

(۲) دوربینی: توان همگرایی چشم دوربین از توان همگرایی حالت طبیعی کمتر شده و تصویر پشت شبکیه و به صورت مجازی تشکیل می شود. در این حالت، محل تلاقی پرتوها با شبکیه یک سطح است و تصویر واضح دیده نمی شود. دوربینی وقتی ایجاد می شود که یا چشم نسبت به انحناى قرنیه طول کمتری داشته و یا قرنیه نسبت به طول چشم انحناى کمتری دارد.

اصلاح دوربینی: برای تصحیح ایراد چشمهای دوربین باید از عدسی های همگرا کننده استفاده کنیم. در این حالت هم مقدار توان عدسی همگرا کننده از طریق تعیین حداکثر رویت چشم دور بین مشخص می شود.



شکل ۲ محل تشکیل تصویر در چشم سالم، دوربین و نزدیک بین و نحوه اصلاح آنها با استفاده از عدسی های کروی

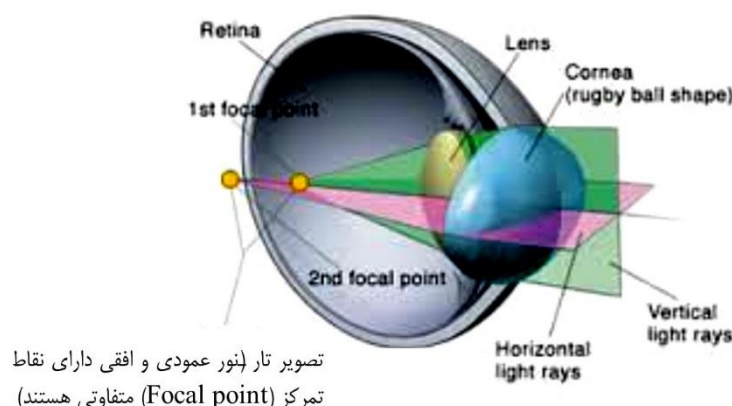
(۳) پیرچشمی: پیرچشمی ناشی از عدم طبیعی بودن اجزای چشم است. در این حالت اجزای مختلف چشم حداکثر توانهای خود را از دست داده اند. در حالت طبیعی عضله ها با کشیدن یا فشار دادن ضخامت عدسی را تغییر می دهند ولی در این حالت عضله ها توانایی خود را از دست داده اند و نمی توانند به طور کامل اعمال فشار یا کشش کنند. در واقع در این حالت دامنه تطابق کاهش یافته است. یعنی حداقل رویت از چشم دور شده و حداکثر رویت به چشم نزدیک شده است. پیرچشمی، بسته به افراد مختلف از ۴۵ سالگی شروع شده و هر ۵ سال به اندازه ۰/۵ دیوپتری افزایش پیدا می کند.

اصلاح پیرچشمی: در پیرچشمی باید هم حداقل رویت و هم حداکثر رویت اصلاح شود. بنابراین یا از دو عینک استفاده می کنند و یا از عینک دو کانونی استفاده می کنند که امروزه برای ساخت عینکهای دو کانونی از گرادیان ضریب شکست استفاده می شود.

(۴) آستیگماتیسم: بسیاری از افراد به همراه نزدیک بینی درجاتی از آستیگماتیسم یا حالت بیضی بودن قرنیه را دارند. آستیگماتیسم وقتی ایجاد می شود که قرنیه شبیه مقطعی از توپ بیس بال است تا توپ بسکتبال. در نتیجه تصاویر بدلیل انکسار نامساوی در

قسمت‌های مختلف قرنیه کاملاً بر روی شبکیه متمرکز نمی‌شوند و تصاویر چه دور و چه نزدیک تار می‌شوند. بنابراین افرادی که دچار درجات بالایی از آستیگماتیسم هستند نه تنها همانند افراد نزدیک‌بین اشیای دور را تار می‌بینند، بلکه اشیای نزدیک را هم تار می‌بینند.

برشی از چشم آستیگماتی



شکل ۳ تصویر مسیرهای نور در چشم آستیگماتیسم، نور در دو صفحه متفاوت (اینجا عمود بر هم) در دو نقطه متفاوت کانونی شده است.

گونه های آستیگماتیسم: آستیگماتیسم انواع مختلفی دارد و می‌تواند به تنهایی، همراه با نزدیک بین یا دوربینی وجود داشته باشد:

الف) آستیگماتیسم منظم: در این آستیگماتیسم دو نصف النهار بر هم عمودند. چنین آستیگماتیسمی در چشم، تصحیح پذیر می‌باشد. نصف النهارهای دستگاه آستیگمات بیشتر بصورت عمودی و افقی هستند. در صورتی که نصف النهارهای عمود بر هم، افقی و عمودی نباشند، آستیگماتیسم مایل نام دارد که بیشتر دیده می‌شود.

ب) آستیگماتیسم نامنظم: در این آستیگماتیسم نصف النهارهای سیستم آستیگماتیسم در راستاهای گوناگون با هم فرق می‌کنند این آستیگماتیسمها پذیرای تصحیح کامل به وسیله عینکهای معمولی نیستند.

آستیگماتیسمهای منظم به گونه های زیر دسته بندی می‌شوند:

۱- **آستیگماتیسم ساده:** در این آستیگماتیسم یکی از کانون ها روی شبکیه جا می‌گیرد در حالی که کانون دیگر یا در جلو (آستیگماتیسم ساده نزدیک بین) و یا در پشت شبکیه جا دارد (آستیگماتیسم دوربین ساده).

۲- **آستیگماتیسم مرکب:** در این گونه آستیگماتیسم هیچ یک از دو کانون دستگاه روی شبکیه نیستند. دو کانون ممکن است هر دو در پشت شبکیه تشکیل شوند که در این حالت آستیگماتیسم را آستیگماتیسم دوربین مرکب می‌نامند و یا این که هر دو کانون در جلوی شبکیه تشکیل می‌شوند که در این حالت به آن آستیگماتیسم نزدیک بین مرکب گفته می‌شود.

۳- **آستیگماتیسم درهم:** در این نوع آستیگماتیسم یک کانون در جلو کانون دیگر در پشت شبکیه جا دارد یا به زبان دیگر چگونگی شکست در یک راستا دوربین و در راستای دیگر نزدیک بین است.

مقدار آستیگماتیسم: جدایی بین دو سطح در امتداد هر پرتو اصلی از یک جسم نقطه ای معیاری از آستیگماتیسم را برای این جسم بدست می دهد که با مربع فاصله از محور نوری متناسب می باشد. اندازه گیری آستیگماتیسم بر اساس دیوپتر است. آستیگماتیسم بصورت زیر طبقه بندی می شود:

- آستیگماتیسم خفیف: کمتر از یک دیوپتر
 - آستیگماتیسم متوسط: یک تا دو دیوپتر
 - آستیگماتیسم شدید: دو تا سه دیوپتر
 - آستیگماتیسم بسیار شدید: بیش از سه دیوپتر
- اصلاح آستیگماتیسم با اضافه کردن یک عدسی استوانه ای و جمع توانهای آنها عملی خواهد بود.

قسمت اول آزمایش:

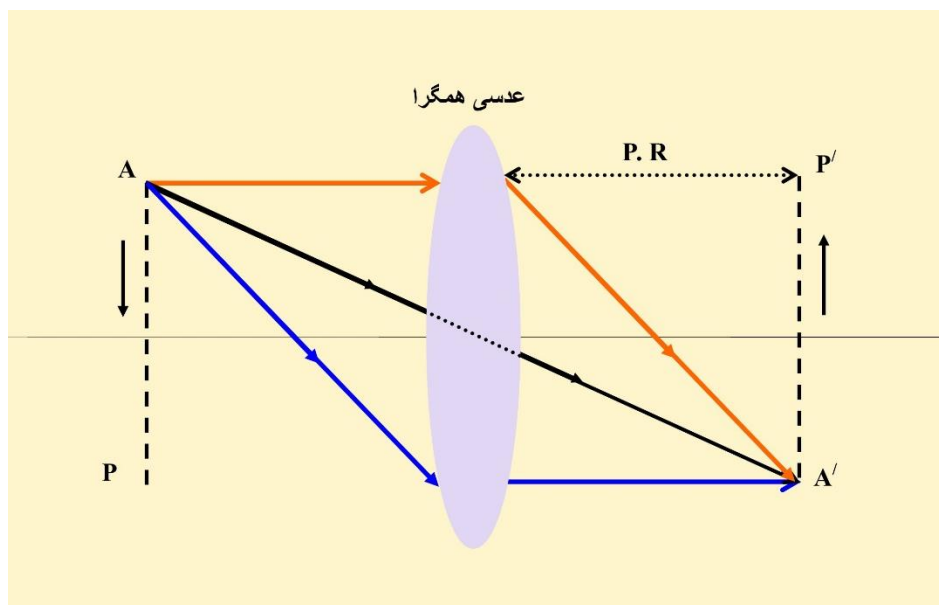
تشخیص و اصلاح ناهنجاری های کروی و غیر کروی چشم با استفاده از روش اسکایاسکوپی^۵ (سایه بینی)

روش انجام آزمایش: در این روش، معاینه شونده در یک متری از معاینه کننده می نشیند و به نقطه دور نگاه میکند (چشم در این حالت تطابق نخواهد داشت). معاینه کننده با استفاده از وسیله ای که آفتالموسکوپ^۶ یا آینه اسکایاسکوپی نامیده می شود چشم معاینه شونده را مورد مطالعه قرار می دهد و شعاع نوری را بداخل چشم معاینه شونده می اندازد و با حرکت دادن آفتالموسکوپ، جهت حرکت لکه نورانی در شبکیه چشم معاینه شونده را تعقیب کرده و با در نظر گرفتن جهت و سرعت حرکت این لکه، نوع ناهنجاری (کروی یا آستیگمات) و سپس نوع ناهنجاری کروی (نزدیک بین یا دوربین) چشم معاینه شونده را تشخیص داده و با گذاشتن عدسیهای مناسب (همگرا و یا واگرا) با قدرت مناسب این عدسیها، عیب انکساری چشم معاینه شونده را اصلاح می نماید.



شکل ۴ الف) فانتوم چشم و ب) آینه اسکایاسکوپی

برای انجام آزمایش، از فانتوم چشم بجای چشم معاینه شونده استفاده میشود. فانتوم چشم وسیله ای است که همانند چشم واقعی عمل می کند یعنی در قسمت جلوی این وسیله، سوراخی قرار دارد که نور از آن وارد شده و پس از عبور از قسمتهای مختلف آن، شبکه فانتوم چشم را روشن میکند. سپس وضعیت بازتابش نور از فانتوم از روزه آینه اسکایاسکوپ توسط معاینه کننده مورد مطالعه قرار میگیرد. ضمناً بر روی فانتوم چشم درجاتی وجود دارد که آن را ناهنجار می نماید $(-3, 0, +3)$. با بیان مطالبی از اپتیک کلاسیک، درک این آزمایش خیلی ساده خواهد بود:



شکل ۵ تصویر شماتیک مسیرهای نور در برخورد با عدسی همگرا

هرگاه یک نقطه نورانی (A) در روی سطح P و در مقابل عدسی همگرای L از بالا به پایین حرکت کند (مطابق شکل بالا) تصویر آن (A') در روی سطح P' (مزدوج سطح P) از پایین به بالا حرکت خواهد کرد. هرگاه شخص ناظر بین سطح P' و عدسی قرار گیرد (سطح O₁) در هنگام حرکت نقطه نورانی (A) (از بالا به پایین) می بیند که عدسی در جهت حرکت این نقطه (از بالا به پایین) روشن می شود زیرا نخست شعاع ۱ و سپس شعاعهای ۲ و ۳ به چشم می رسند و در نتیجه قسمت فوقانی عدسی و سپس قسمت های مرکزی و تحتانی عدسی روشن خواهند شد. اگر ناظر در محل O₂ قرار گیرد در این صورت عکس حالت قبل اتفاق می افتد یعنی نخست قسمت تحتانی عدسی و سپس قسمتهای مرکزی و فوقانی روشن می شود (نخست شعاع ۳ و سپس ۲ و ۱ به چشم ناظر می رسند) و اگر شخص ناظر در ست در سطح P' قرار گیرد تمام عدسی را در یک لحظه روشن و یا تاریک خواهد دید یعنی هر سه شعاع ۱ و ۲ و ۳ با هم به چشم وی می رسند (روشنایی و سایه به طور آنی عدسی را فرا می گیرند).

حال اگر در فاصله یک متری چشم معاینه شونده (فانتوم چشم) قرار گیریم و از آینه اسکایاسکوپ سوراخدار به چشم معاینه شونده نگاه کنیم و این عمل را در تاریکی انجام دهیم که ته چشم بهتر دیده شود با دوران (یا به بالا و پایین حرکت دادن) آینه اسکایاسکوپ، حرکتی در لکه نورانی در ته چشم معاینه شونده خواهیم دید که جهت و سرعت حرکت این لکه بیانگر، اولاً نوع ناهنجاری (کروی یا آستیگماتیسم) چشم و ثانیاً میزان ناهنجاری میباشد که برای تشخیص و اصلاح آن به قرار زیر عمل خواهیم کرد:

۱- اگر لکه در ته چشم (فانتوم) موافق دوران آینه اسکياسکوپي حرکت کند در این صورت مثل این است که ما در حالت O_1 قرار گرفته ایم که اول بالای عدسی، سپس وسط و نهایتاً پایین عدسی را خواهیم دید. بنابراین در این صورت با در نظر گرفتن فاصله ما تا چشم معاینه شونده یا فانتوم که ۱ متر می باشد نقطه دید دور معاینه شونده ($P.R = \text{Punctum Remotum}$) بیشتر از ۱ متر خواهد بود ($P.R > 1m$) که در این صورت سه حالت ممکن است اتفاق بیافتد، چشم سالم است، نزدیک بین کمتر از یک دیوپتر و یا دور بین است.

برای تمایز بین این سه حالت میتوان از یک عدسی همگرا (+۱) استفاده کرد و در این صورت اگر حرکت لکه نورانی ته چشم فانتوم با دوران آینه اسکياسکوپي موافق باشد چشم دور بین است، و اگر مخالف باشد چشم نزدیک بین کمتر از یک دیوپتر میباشد. در صورتیکه حرکت لکه سریع (محو آنی) باشد چشم سالم است.

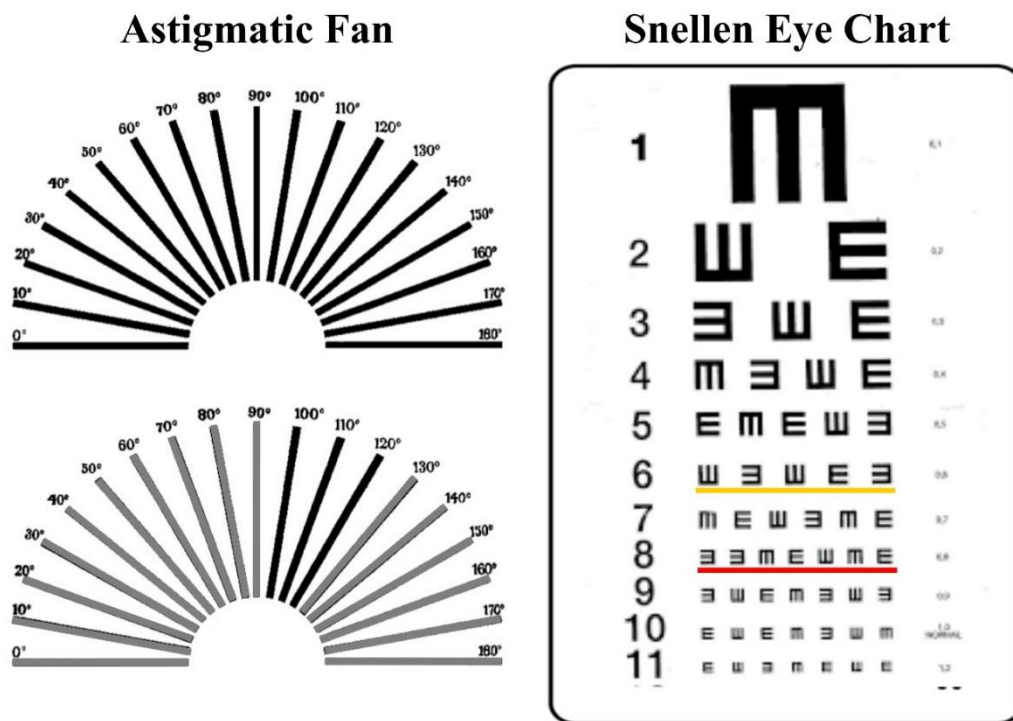
۲- لکه در چشم معاینه شونده یا فانتوم، مخالف دوران آینه اسکياسکوپي حرکت می کند که در این صورت، مثل این است که ما در حالت O_2 قرار گرفته ایم یعنی نخست پائین عدسی، سپس وسط و نهایتاً بالای عدسی را می بینیم لذا در این صورت نیز با در نظر گرفتن فاصله از فانتوم ($1m$)، نقطه دید دور بین معاینه کننده و معاینه شونده (فانتوم) قرار خواهد گرفت که در این صورت $P.R < 1m$ بوده که در واقع نقطه دید دور معاینه شونده کمتر از ۱ متر است یعنی معاینه شونده حتماً نزدیک بین بیشتر از ۱ دیوپتر می باشد که جهت تشخیص و اصلاح این چشم، از عدسیهای واگرا استفاده خواهد شد که با افزایش قدرت آن، رفته رفته حرکت لکه نورانی بطرف حرکت آنی خواهد بود، نمره عینک چشم برابر با شماره عدسی مربوطه بعلاوه (-۱) خواهد بود.

۳- لکه نورانی در شبکیه چشم فانتوم بصورت آنی دیده می شود (با دوران آینه اسکياسکوپي سریعاً لکه محو و ظاهر می شود در این حالت ما در وضعیت ($P.R = 1m$) قرار گرفته ایم که در این صورت با در نظر گرفتن اینکه (-۱) دیوپتر را باید مجدداً به نمره عدسی مربوطه (۰) اضافه نمائیم. در واقع نمره عینک -۱ دیوپتر خواهد بود. در این صورت چون فاصله از فانتوم ۱ متر ثابت نگه داشته شده است و حرکت آنی را می بینیم لذا نقطه دید دور ۱ متر بوده و بنابراین فانتوم/معاینه شونده نزدیک بین است با نمره عینک (-۱) دیوپتر.

قسمت دوم آزمایش:

تشخیص و اصلاح ناهنجاری چشم با استفاده از روش استفاده از عینک، جعبه عینک و صفحه Snellen

روش انجام آزمایش: در این روش تشخیص و اصلاح ناهنجاری کروی و آستیگماتیسمی چشم، ابتدا معاینه شونده در فاصله ۶ متری مقابل صفحه اسنلن (شکل ۶) قرار می گیرد. (نقطه دید دور چشم: نقطه دید دور چشم، دورترین نقطه از چشم است که آنرا بدون تطابق و در حالت استراحت چشم، واضح می بینیم که این فاصله برای چشم سالم، بینهایت و در واقع بیشتر از ۶ متر می باشد). ضمناً جلو چشم معاینه شونده، قاب عینک (Frame) گذاشته می شود بطوریکه جلوی یکی از چشمها توسط صفحه مات پوشانده شده و چشم دیگر مورد مطالعه قرار می گیرد. در این روش (جهت تعیین ناهنجاری کروی چشم) دو حالت کلی می تواند اتفاق بیافتد:



شکل ۶: تابلو اسنلن و صفحه ساعت جهت تشخیص عیوب انکساری کروی و آستیگمات

حالت ۱: معاینه شونده همه صفحه را واضح می بیند؛ چشم سالم است و یا دوربین. لذا برای متمایز کردن این دو وضعیت، یک عدسی همگرای +۱ دیوپتر را مقابل چشم او قرار می دهیم اگر دید او بدتر شود، در این صورت چشم او سالم است (زیرا باعدسی فوق چشم را نزدیک بین کرده ایم).

حالت ۲: معاینه شونده قسمتی از صفحه (معمولاً قسمت پائین که ریزتر هستند) و یا همه صفحه را واضح نمی بیند و آنرا تار می بیند؛ در این حالت با احتمال زیاد چشم او نزدیک بین است و برای اصلاح ناهنجاری چشم او، نخست عدسی واگرا از ۰/۵ - دیوپتر به بالا در مقابل چشم او استفاده می گردد و بتدریج قدرت عدسی را افزایش می دهیم تا بهترین دید او حاصل گردد. در هر حال، وقتی که ناهنجاری کروی چشم معاینه شونده با استفاده از عدسیهای کروی همگرا و یا واگرا تشخیص و اصلاح شد، به سراغ ناهنجاری غیر کروی یا آستیگماتیسمی چشم بیمار میرویم.

تشخیص و اصلاح آستیگماتیسم: برای تشخیص و اصلاح آستیگماتیسم، معاینه شونده در حالی مقابل صفحه ساعت (که از خطوط یکنواخت با زوایای یکسان تشکیل شده است) قرار می گیرد که چشم او از نظر ناهنجاری کروی (نزدیک بینی و یا دوربینی) اصلاح شده باشد. (در این حالت هم فاصله معاینه شونده تا صفحه، در حدود ۶ متر است). دو حالت اتفاق خواهد افتاد:

۱- معاینه شونده همه خطوط را یکسان می بیند یعنی همه خطوط یکرنگ می باشند پس چشم او آستیگمات نیست.

۲- برخی از خطوط را واضح (پر رنگ) و بعضی از آنها را تار یا کمرنگ خواهد دید که در این صورت چشم او آستیگمات می باشد. (معمولا واضحترین خط بر تارترین آنها عمود می شود) در این صورت، عدسیهای استوانه ای همگرا و واگرا را بترتیب از قدرت کم به بالا طوری در مقابل چشم او قرار می دهیم که محور این عدسی عمود بر خطی باشد که معاینه شونده واضح می بیند (محور عدسی استوانه ای برروی آن دیده می شود) در این صورت معاینه شونده همه خطوط را واضح خواهد دید و بدین ترتیب آستیگمات چشم او نیز اصلاح خواهد شد. در نهایت، جلوی چشمهای معاینه شونده و در مقابل قاب عینک، عدسیهای اصلاح شده کروی و غیر کروی را گذاشته و معاینه شونده همه صفحه اسلن را واضح خواهد دید.

قسمت سوم آزمایش:

تمایز عدسیهای مختلف کروی و غیر کروی از همدیگر

روش کار آزمایش: نخست یک عدسی کروی (همگرا و واگرا) را با عدسی غیر کروی (استوانه ای) مقایسه میکنیم.

(۱) اگر عدسی کروی را بصورت دورانی بچرخانیم و از داخل آن به اجسام نگاه کنیم، اجسام نخواهد چرخید اما اگر آن از عدسی استوانه ای استفاده کنیم، تصویر اجسام حول محور عدسی خواهند چرخید. لذا برای جدا ساختن عدسیهای کروی و غیر کروی از این روش استفاده میگردد. (این عمل را برای چند عدسی کروی و استوانه ای تکرار کرده و نتیجه را یادداشت نمائید).

(۲) حال، یک عدسی همگرا و یک عدسی واگرای کروی انتخاب می کنیم تا عدسیهای همگرا و واگرا را از همدیگر متمایز نمائیم. چند حالت پیش می آید:

(الف) عدسی را بصورت افقی روی نوشته ای حرکت می دهیم اگر تصویر آن با جهت حرکت عدسی هم جهت باشد در این صورت عدسی واگرا و اگر خلاف جهت همدیگر باشند عدسی همگرا است (و اگر حرکت نکند، شیشه است). ضمناً سرعت حرکت تصویر بیانگر قدرت عدسی خواهد بود.

(ب) هرگاه عدسی مربوطه را بطور عمودی روی نوشته قرار دهیم یعنی بتدریج فاصله آنرا از نوشته زیاد کنیم، تصویر در عدسی همگرا بتدریج بزرگتر و در عدسی واگرا بتدریج کوچکتر خواهد شد. (البته سرعت بزرگتر و کوچکتر شدن تصویر بستگی به قدرت عدسی دارد).

(ج) وسط عدسی واگرا نازک و وسط عدسی همگرا کلفت می باشد. باز هم میزان نازک و کلفت بودن و وسط عدسیها بستگی به قدرت آن عدسی دارد.

(د) هرگاه شخصی که عینک زده است دوربین باشد، چشم او پشت عینک بزرگتر از اندازه واقعی چشم او دیده خواهد شد. اگر چشم این شخص نزدیک بین باشد در این صورت نیز، چشم او کوچکتر از مقدار واقعی دیده خواهد شد. لذا از این طریق نیز می توان نوع عدسی را شناخت البته میزان بزرگتر یا کوچکتر کردن اندازه واقعی چشم توسط عدسیهای کروی (همگرا و یا واگرا) متناسب با قدرت عدسی خواهد بود.

در حالت‌های مختلف از الف تا د، عدسی‌های کروی و غیر کروی را مورد مطالعه قرار داده و نتایج حاصله را در گزارش کار خود یادداشت نمائید. لذا در پایان این قسمت از آزمایش، قادر خواهید بود تا اولاً تفاوت عدسی های کروی و غیر کروی را یاد گرفته و سپس تفاوت های عدسی‌های همگرا و واگرای کروی را بیاموزید.

سوالات:

- ۱- چگونه می توان قدرت یک عدسی مجهول کروی (عدسی همگرا) را تعیین کرد؟
- ۲- دوربینی و نزدیک بینی را تعریف کنید.
- ۳- کدامیک از روشهای تشخیص و اصلاح ناهنجاریهای چشم (اسکیاسکوپی یا قاب عینک و جعبه عینک) دقیق تر است؟ چرا؟
- ۴- روش معاینه اسکیا سکوپي در کلینیک (معاینه روی چشم واقعی) در کدام یک از عیوب انحنائی، محوری و ضریب شکستی کاربرد دارد؟
- ۵- برای انجام معاینه اسکیا سکوپي، دلیل رعایت فاصله یک متری بین معاینه کننده و معاینه شونده چیست؟
- ۶- در معاینه چشم یک بیمار نزدیک بین بیش از یک دیوپتر، دلیل حرکت مخالف بازتابش نور از چشم معاینه شونده نسبت به جهت دوران آینه اسکیا سکوپي چیست؟
- ۷- در روش معاینه اسکیا سکوپي برای افتراق حالات دوربینی، نرمال و یا نزدیک بین بین کمتر از یک دیوپتری چشم معاینه شونده، چه راهکاری وجود دارد؟
- ۸- بنظر شما با فانتوم چشم در معاینه اسکیا سکوپي، علاوه بر حالت نزدیک بینی، دوربینی، قابلیت ایجاد حالات آستیگماتیسم و پیر چشمی وجود دارد؟

بررسی خصوصیات لیزر و مقایسه آن با منبع نور معمولی

۲-۱ هدف آزمایش:

آشنایی با ویژگی های نور لیزر، مقایسه میزان واگرایی نور معمولی با نور لیزر
بررسی ویژگی موجی نور با استفاده از آزمایش دو شکافی ینگ و منبع نور لیزر

۲-۲ وسایل مورد نیاز:

نور معمولی موازی شده، لیزر هلیوم-نئون، خط کش جهت اندازه گیری طول، پرده شکاف دار، عدسی مقعر، خط کش، پرده نمایش

۲-۳ تئوری آزمایش:

واژه لیزر (Laser^۱) به معنی «تقویت نور به روش گسیل القایی تابش» است. لیزر دستگاهی است برای تولید، تقویت و انتقال باریکه های نوری همدوس باریک و با شدت زیاد. با دادن انرژی به الکترون های یک اتم می توان آن ها را به مدارهای بالاتر برد، اما این خانه جدید بر اساس قوانین ترمودینامیک برای الکترون ها جایگاه چندان پایداری نیست و الکترون ها ترجیح می دهند با پس دادن انرژی به مدار اصلی خود برگردند. این انرژی به صورت یک فوتون با فرکانس مشخص آزاد می شود. یعنی یک واحد انرژی. نور از همین فوتون ها ساخته می شود. پس اگر با تعداد زیادی از اتم ها هم زمان این کار را انجام دهیم، می توانیم پرتو نوری تک فرکانس و هم فاز ایجاد کنیم. این پدیده اساس تولید پرتو لیزری است.

لیزرها را می توان به دسته های مختلفی دسته بندی کرد:

(۱) بر اساس حالت محیط فعال: جامد، مایع، گاز یا پلاسما که در این قسمت به آن می پردازیم.

(۲) گستردگی بینایی طول موج لیزر: مری، فرو سرخ و نظایر آن

(۳) روش تحریک یا پمپاژ محیط فعال (دمش): دمش نوری، دمش الکتریکی و غیره

(۴) مشخصه تابش صادر شده توسط لیزر

(۵) تعداد ترازهای انرژی که در فرآیند تقویت نور شرکت می کنند.

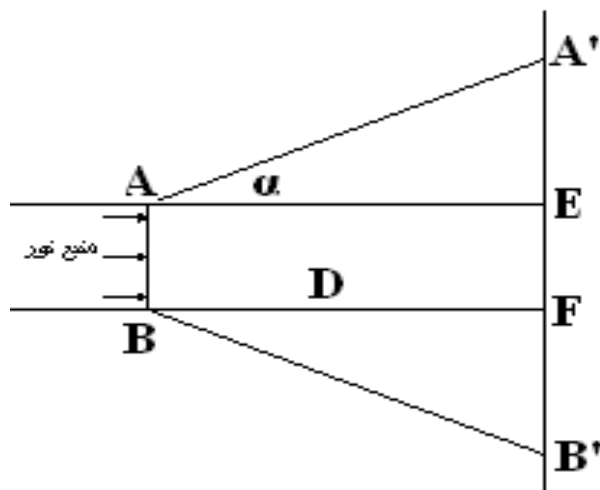
شدت، خاصیتی است که بیش از سایر موارد همراه نور لیزر است و در حقیقت لیزرها بالاترین شدتهای شناخته شده روی زمین را ایجاد می کنند. از آنجا که لیزر باریکه ای موازی از نور را نه در تمام جهت ها، بلکه در راستای مشخصی نشر میکند، مناسب ترین معیار شدت، تابیدگی است. از آنجا که انرژی در واحد زمان برابر توان است، داریم:

$$\text{سطح} / \text{توان} = I \text{ (تابیدگی)}$$

با این حال در استفاده از این معادله باید تاکید کرد که منظور از «توان»، توان خروجی لیزر است و نه توان ورودی آن. برای بررسی درست تاییدگی یک نوع لیزر، میتوان به این نکته توجه کرد که شدت میانگین آفتاب روی سطح زمین به اندازه یک کیلووات بر متر مربع یعنی ۱۰ mW است. یکی از نوید بخش ترین کاربردهای پزشکی در جراحی چشم است که تا کنون برای این منظور چندین روش بالینی به خوبی ارائه شده است. روش لیزری تخریبی نیست و نیازی به بیهوشی ندارد و با توجه به مدت کوتاه تپها، نیازی به بی حرکت کردن طولانی چشم و طی درمان احساس نمی شود.

واگرایی نور لیزر:

نور لیزر برخلاف نور معمولی دارای فوتونهای همفاز و همفرکانس می باشد. از طرفی به توجه به نحوه تولید آن، پرتوهای لیزر واگرایی خیلی کمی را در مقایسه با نور معمولی از خود نشان می دهند و به همین دلیل می توانند در ناحیه بسیار کمی متمرکز شوند و این قدرت تمرکز بالا و نقطه ای شدن باعث بالا رفتن قدرت آن در ایجاد گرما و کاربرد آن در جراحی شده است. در این آزمایش برخی از خصوصیات لیزر همانند واگرایی و خصوصیت موجی آن مورد بررسی قرار میگیرد.



شکل ۱ نحوه محاسبه زاویه واگرایی در نور لیزر

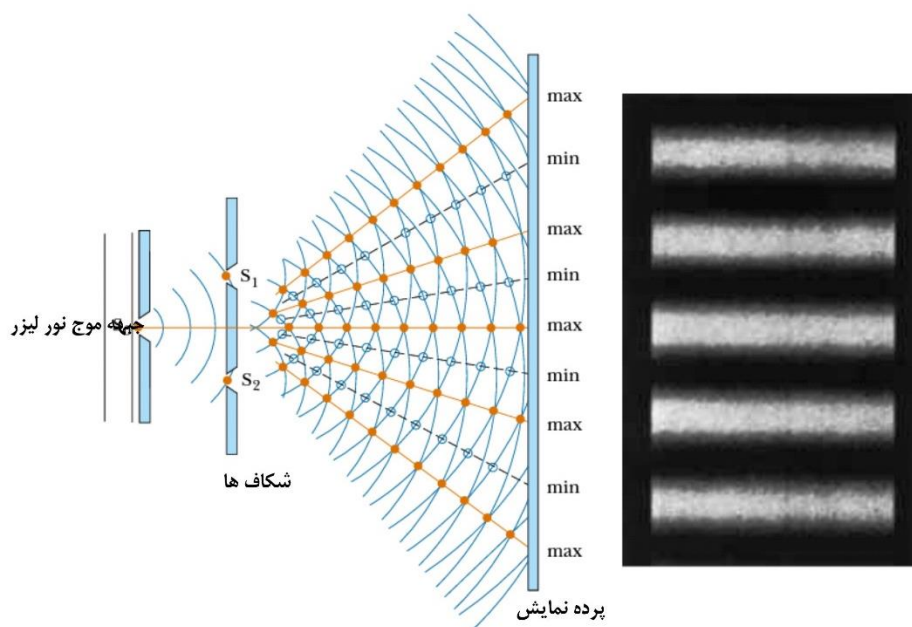
$$\tan \alpha = \frac{A'E}{D}$$

$$A'E = B'F = \frac{(A'B' - EF)}{2} \xrightarrow{AB=EF} A'E = \frac{(A'B' - AB)}{2} \quad (۱)$$

$$\tan \alpha = \frac{(A'B' - AB)}{2D} \quad (۲)$$

ویژگی موجی نور لیزر:

نور تک رنگی را در نظر بگیرید که به دو شکاف باریک بتابد. بر اثر پراش امواجی که از دو شکاف خارج می‌شوند پراکنده (پخش) می‌شوند. این موضوع همانند حالتی است که دو شیء در آب ضربه می‌زنند یا وقتی صدای دو اسپیکر با یکدیگر تداخل می‌کنند. در شکل (۲) امواج به مرکز پرده می‌رسند (یعنی $\theta=0$) هر دو موج یک مسافت را طی می‌کنند بنابراین به شکل هم‌فاز با یکدیگر تداخل می‌کنند. حاصل جمع این دو موج دامنه بزرگی را حاصل می‌کند و بر اثر آن ناحیه روشنی بر روی پرده به وجود می‌آید. وقتی اختلاف فاصله نقطه روی پرده از دو شکاف برابر طول موج (یا مضرب صحیحی) از طول موج باشد مجدداً تداخل سازنده حاصل می‌شود. اما اگر اختلاف فاصله نقطه واقع بر پرده از دو شکاف برابر نصف طول موج (یا مضرب فردی از نصف طول موج) باشد، آنگاه دو موج در فاز مخالف با یکدیگر تداخل می‌کنند بنابراین اثر یکدیگر را خنثی نموده و ناحیه تاریک بر روی پرده به وجود می‌آید. بر این اساس نوارهای روشن و تاریک بر روی پرده نقش می‌بندد که به این نوارها، فریز نیز گفته می‌شود. (تداخل سازنده: نوار روشن – تداخل ویرانگر: نوار تاریک).



شکل ۲ پدیده تداخل امواج از دو شکاف توسط نور تک رنگ

فاصله D شکافها تا پرده تصویر بسیار کم است، از این رو خطوط S_1P و S_2P تقریباً متوازی اند و زاویه آنها با خط عمود بر پرده تصویر تقریباً مساوی است. فاصله T تا P تقریباً با فاصله S_1 تا P برابر است، از این رو فاصله X میان S_2 و T با اختلاف فواصل S_1 و S_2 تا P مساوی است. از مثلث قائم الزاویه S_1TS_2 رابطه زیر بدست می‌آید.

$$X = d \sin \theta \quad (۳)$$

برای فریز های روشن خواهیم داشت:

$$X = m\lambda \quad (۴)$$

و برای فریز های تاریک یا شرط تداخل ویرانگر به شکل زیر خواهد بود

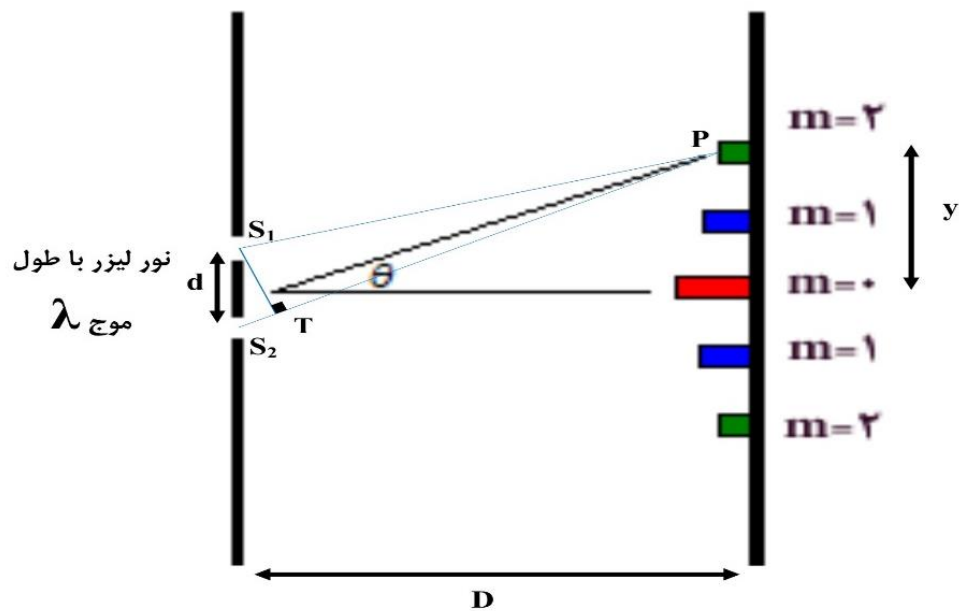
$$X = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad (5)$$

به ازای $m=0$ از معادله بالا مقدار $\theta=0$ به دست میاید، که نشان دهنده فریز مرکزی است. فریز n ام تقریباً برابر است با:

$$X_n = d \sin \theta \quad (7)$$

چون θ بسیار کوچک است. $\tan \theta$ تقریباً با $\sin \theta$ مساوی است.

$$X_n = d \tan \theta \quad \text{و} \quad \tan \theta = \frac{y}{D} \quad \rightarrow \quad d = (m \lambda D) / y \quad (8)$$



شکل ۳ نحوه محاسبه رابطه تداخل در دو شکافی یانگ

قسمت اول آزمایش:

مقایسه زاویه واگرایی نور معمولی با لیزر

روش انجام آزمایش: ابتدا منبع نور معمولی را روشن میکنیم. سپس قطر باریکه نور را در خروجی دستگاه روی محور افقی اندازه گیری میکنیم. سپس قطر باریکه را روی پرده اندازه میگیریم. فاصله بین منبع و پرده نیز اندازه گیری می شود. این کار برای لیزر هلیوم – نئون نیز انجام می شود. با استفاده از رابطه (۳)، زاویه واگرایی را محاسبه میکنیم.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی خاصیت موجی نور با استفاده از آزمایش ینگ و منبع نور لیزر

روش انجام آزمایش: نور لیزر را روشن کرده و در جلوی آن یک عدسی مقعر قرار می دهیم تا قطر آن کمی افزایش یابد سپس یک پرده سیاه رنگ که دو شکاف در داخل آن وجود دارد مقابل باریکه لیزر می گذاریم. نور لیزر را روی پرده مشاهده میکنیم. فاصله میان فریزهای روشن مجاور را اندازه بگیرد و با دانستن طول موج نور لیزر، میتوان فاصله دو شکاف را با استفاده از رابطه (۸) بدست آورد.

سوالات:

- ۱- چرا در این آزمایش ، دو منبع نور لیزر ناشی از وجود دو شکاف روی پرده نمایش دیده نمی شود.
- ۲- فاصله بین دو شکاف را با استفاده فرمول ینگ بدست آورید.
- ۳- زاویه واگرایی منبع نور معمولی و لیزر بر حسب درجه چقدر است؟
- ۴- زاویه واگرایی نور معمولی چند برابر لیزر است؟
- ۵- تفاوت های نور معمولی با نور لیزر چیست؟

آزمایش شماره ۳

اسپکتروسکوپی یا بیناب سنجی نوری

۱-۳ هدف آزمایش:

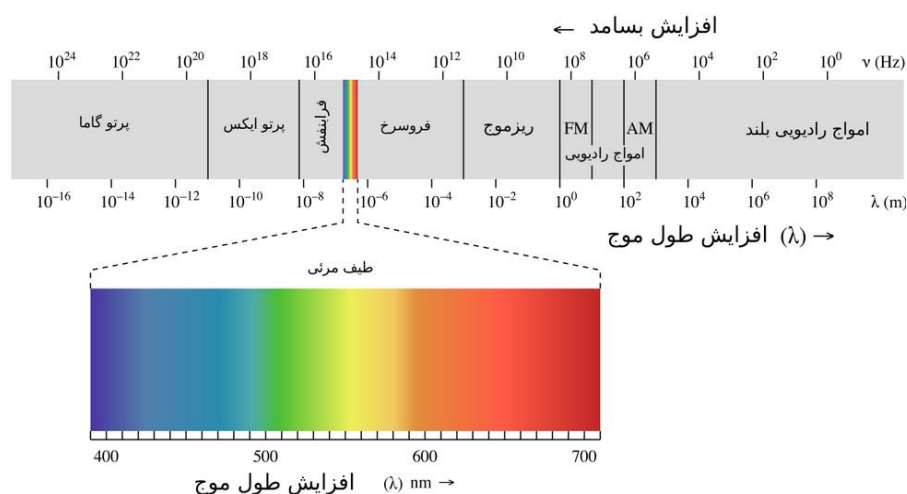
بررسی طیف نشری منابع نوری مختلف
بررسی طیف جذبی نور لامپ تنگستن در مایعات مختلف

۲-۳ وسایل مورد نیاز:

اسپکتروسکوپ، خط کش میکرومتری، منابع نوری شامل لامپ تنگستن، کادمیم، روی و فلورسنت، مواد جاذب شامل آب، الکل و سولفات مس.

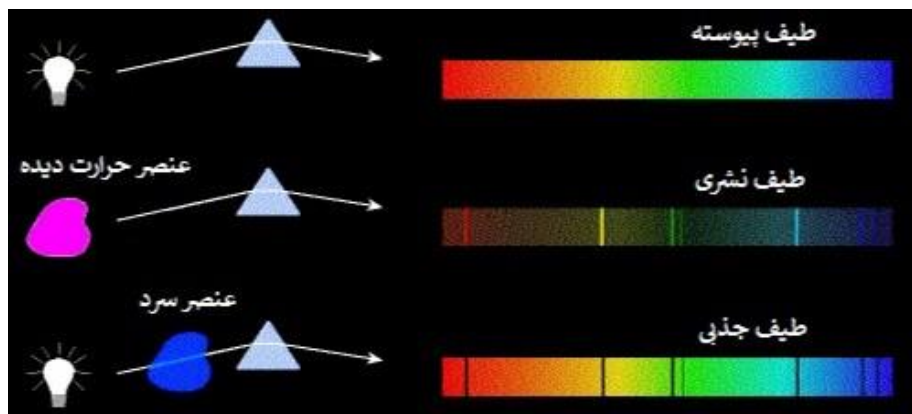
۳-۳ تئوری آزمایش:

طیف‌نمایی یا اسپکتروسکوپی^۱ مطالعه ماده و خواص آنها با بررسی نور، صوت و ذرات گسیل شده، جذب شده توسط ماده مورد نظر است. اسپکتروسکوپی به عنوان مطالعه برهمکنش بین نور و ماده نیز تعریف می‌شود. از لحاظ تاریخی طیف‌نمایی به شاخه‌ای از علم برمی‌گردد که نور مرئی برای مطالعات نظری در ساختار ماده و آنالیزهای کیفی و کمی استفاده می‌شد. اگرچه اخیراً به عنوان یک تکنیک جدید نه فقط برای نور مرئی بلکه بسیاری از اشکال تابش‌های الکترومغناطیسی و غیرالکترومغناطیسی مانند میکروموج‌ها، امواج رادیویی، اشعه ایکس، الکترون‌ها و غیره بکار برده می‌شود.



شکل ۱ طیف امواج الکترومغناطیس و ناحیه مربوط به امواج نور مرئی

همچنین طیف نمایی اغلب در شیمی فیزیک (بطور مثال در نوعی تصویربرداری ام، آر، آی) و شیمی تجزیه برای شناسایی ماده از طریق بیناب گسیلی یا جذبی از آنها یکار برده می شود. وسیله ای که بیناب هر ماده را ثبت می کند بیناب سنج یا اسپکترومتر نام دارد.



شکل ۲ طیف جذبی گسسته و نشری پیوسته و گسسته توسط منبع های نوری مختلف

اساس روش های طیف سنجی نوری، بر برانگیختگی اتم و رابطه آن با جذب یا نشر پرتو الکترومغناطیس استوار است. زمانی که الکترون های مدار ظرفیت، به تراز بالاتر انرژی، برانگیخته می شوند، در هنگام برگشت به حالت ابتدایی، از خود انرژی نورانی تابش می کنند که طول موج آن در گستره امواج فرابنفش یا مرئی است. این نشر یا جذب پرتو که ناشی از تغییر انرژی ترازهای بیرونی اتم می باشد، برای هر اتم مقدار مشخصی بوده و بنابراین می توان با مطالعه طیف مربوط به این جذب یا نشر، اتم مورد نظر را شناسایی کرد. در هر دمایی، بخش مشخصی از اتم ها در حالت انرژی پایین بوده، که چنین اتم هایی توانایی جذب پرتو و برانگیختگی را دارند. هم چنین بخش مشخصی در حالت انرژی بالا و توانایی تابش هستند. باید توجه کرد که هر دو حالت، فقط درصدی از اتم ها توانایی جذب تابش را دارند. این درصد برای هر روش و شرایط کاری ویژه، ثابت است. ثابت بودن مقدار مورد اشاره، این امکان را در روش های طیف سنجی نوری فراهم می کند که با استفاده از مقادیر جذب یا نشر، به صورت مقایسه ای، بتوان عنصرهای موجود در نمونه مجهول را به صورت کمی تعیین کرد. به همین دلیل تا آنجا که ممکن است باید شرایط کاری در روش های طیف سنجی نوری، استاندارد نگاه داشته شود. روش های طیف سنجی نوری گوناگون است ولی مطابق شکل زیر می توان آن ها را بر اساس جذب یا نشر نور به دو گروه کلی دسته بندی کرد. دو روش اصلی که بر پایه جذب نور بنا شده اند، طیف سنجی جذب اتمی و طیف سنجی جذب نوری هستند. در این روش ها، طیف جذبی عنصر های موجود در نمونه که از جذب طول موج مشخصی از پرتو تابیده به نمونه به دست می آید شناسایی می شود. در این حالت، اتم ها باید در شرایط مناسبی باشند تا امکان برانگیختگی در اثر جذب نور را پیدا کنند. به عبارت دیگر، چون چشمه برانگیختگی در این روش ها ضعیف است، هر چه اتم ها به حالت آزاد و جدا از هم باشند، برانگیختگی آن ها ساده تر خواهد بود. طیف سنجی نوری، براساس نشر نور، در برگیرنده همه روش هایی است که در آن ها به گونه ای اتم ها در شرایط برانگیخته و در نتیجه طول موج های ویژه قرار داده می شوند و از مطالعه طیف نشری آن ها، می توان به حضور شان در نمونه پی برد. این برانگیختگی ابتدایی، توسط شعله، پلاسما، جرقه و مانند آن امکان پذیر است و بنابراین

چنین روش هایی بیشتر بر مبنای چشمه برانگیختگی شناخته می شوند. برانگیختگی ابتدایی در روش طیف سنجی نشر شعله، توسط شعله و در روش طیف سنجی با تخلیه الکتریکی، توسط تخلیه الکتریکی است. همچنین در روش طیف سنجی نشری جرقه، به کمک یک جرقه و در روش پلاسما به کمک یک پلاسمای جفت شده القایی پدید می آید.

اسپکتروسکوپ

اسپکتروسکوپ که برای بررسی طیف هر نوع چشمه نور به کار می رود و اساس کار آن تجزیه رنگهای متفاوت است شامل چهار قسمت می باشد که عبارتند از:

۱- لوله موازی کننده یا کولیماتور: که در جلوی آن شکاف قابل تنظیمی وجود دارد که بوسیله پیچی می توان عرض آن را کم و زیاد کرد. این شکاف در کانون عدسی کولیماتور قرار دارد و در نتیجه نوری که از شکاف وارد می شود بصورت دسته پرتو موازی از کولیماتور خارج می گردد. برای بدست آوردن طیفی مشخص باید شکاف تا حد امکان باریک باشد.

۲- منشور: نور موازی خارج شده از کولیماتور به منشور می تابد و پس از انحراف تجزیه می شود. این منشور طوری قرار گرفته که رأس آن قائم، یعنی به موازات شکاف کولیماتور باشد و نسبت به جهت تابش اشعه در وضعیت مینیمم انحراف قرار دارد. دسته پرتوی نور ضمن گذشتن از منشور به طرف قسمت ضخیم آن شکسته می شود و میزان شکست آن برای نور بنفش بیشتر و برای نور قرمز کمتر است بنابراین نور قرمز در بالا و بنفش در پایین قرار دارد.

۳- دوربین: نور پس از شکست و تجزیه در منشور بصورت دسته پرتوهای موازی و رنگین جداگانه درمی آید که پس از انکسار در یک عدسی همگرا در سطح کانونی آن جمع می شود و روی هم طیفی را تشکیل می دهد. آنگاه بوسیله ذره بین می توان این طیف را بزرگتر از آنچه هست نشان داد.

۴- میکرومتر: برای تقسیم بندی مشخص طیف از میکرومتر استفاده می شود. این لوله عبارت است از یک عدسی همگرا، یک شیشه مدرج و یک منبع نور.

شیشه مدرج در کانون عدسی همگرا قرار دارد و دارای درجه بندی میکرومتر است. پس از روشن شدن منبع روشنایی تصویر درجات پس از عبور از عدسی بر روی سطح منشور منعکس و به گونه ای روی طیف منطبق می گردد که رنگ قرمز و بنفش بر روی درجات مربوط قرار گیرند. به همین سبب برای جابجایی تصویری درجه بندی از بالا به پایین یا از راست به چپ روی لوله میکرومتر چند پیچ تعبیه شده که به کمک آن ها می توان تصویری درجه بندی را به طور واضح تنظیم کرد.



شکل ۳ طیف جذبی گسسته و نشری پیوسته و گسسته توسط منبع های نوری مختلف

کاربرد اسپکتروسکوپی در پزشکی

اسپکتروسکوپی در رشته های مختلف پزشکی و مهمتر از همه در پزشکی قانونی جهت مطالعه مسمومیت ها، قتل ها و ... استفاده می شود و اساس بیوشیمیایی آن بر پایه خواص جذبی طیف هموگلوبین خون استوار است. برای راحتی کار در بالای طیف مورد آزمایش یک طیف سفید برای مقایسه قرار می دهند (بدیهی است برای این کار باید از اسپکتروسکوپی مقایسه ای استفاده نمود)

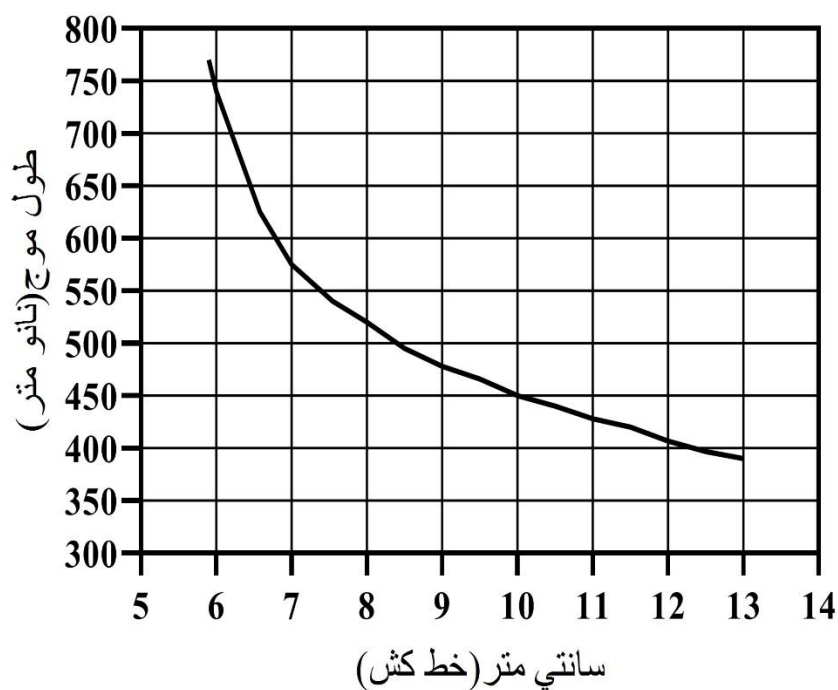
طیف جذبی اکسی هموگلوبین خون: برای تهیه این طیف مقداری خون از شریان می گیریم و پس از رقیق کردن، آن خون را در ظرفی مکعب شکل می ریزیم و جلو شکاف قرار می دهیم منبع نور می تواند چراغ تنگستن باشد. در دوربین دو نوار سیاه جذبی یکی در منطقه زرد و دیگری در منطقه زرد سبز رنگ دیده می شود بین این دو نوار، رنگ زرد روشن می بینیم.

طیف جذبی هموگلوبین احیا شده: اگر خون شریانی را بوسیله موادی احیا کننده مانند سولفور آمونیوم یا سولفور سدیم احیا کنیم به خون وریدی تبدیل می شود که در آن هموگلوبین به صورت احیا شده وجود دارد. نوار جذبی این خون در منطقه دو نوار تاریک اکسی هموگلوبین واقع شده و از آن دو پهن تر است این طیف جذبی را باند استوکس می نامند. لکه های خون در صورتی که خیلی کهنه نباشد در روی پارچه سفید یا کم رنگ مشخص هستند ولی هرگاه بر روی پارچه تیره باشند و یا این لکه، لکه خون کهنه باشد تشخیص آن مشکل است و شباهت زیادی به لکه های رنگ آهن، میوه و غیره دارد. در این صورت لازم است به وسیله امتحانات شیمیایی خون بودن آن را اثبات نمود. بطور مثال برای اثبات خون مقتول بر روی البسه قاتل لکه خون را در یک یا دو سانتی متر مکعب آب حل و با اسپکتروسکوپ نوارهای اکسی هموگلوبین را در فواصل ۵۷۷ nm و ۵۴۰ مشاهده می کنیم که به وسیله مواد احیا کننده می توان آن را به باند استوکس تبدیل کرد. با لکه های خون کهنه چند روزه در قسمت قرمز باند نواری با طول موج ۶۳۷ nm موسوم به نوار مت هموگلوبین دیده می شود. نکته قابل تذکر این است که مت هموگلوبین، هموگلوبینی است که در آن آهن دو ظرفیتی اکسید شده و به آهن سه ظرفیتی تبدیل می شود و در نتیجه هموگلوبین قادر به ترکیب با اکسیژن و رساندن اکسیژن به سلولها نیست موادی که باعث تبدیل هموگلوبین به مت هموگلوبین می شوند مواد سمی محسوب می گردند.

منحنی کالیبراسیون

منحنی کالیبراسیون در آزمایش اسپکتروسکوپی جهت تبدیل عدد ظاهر شده رو خط کش نوری به طول موج نور می باشد. بدین صورت که بعد از مشاهده طیف نشری یا جذبی مواد توسط اسپکتوسکوپ، با استفاده از منحنی کالیبراسیون نور تجزیه شده توسط منشور را شناسایی می کنیم.

منحنی کالیبراسیون



شکل ۴ منحنی تبدیل اعداد خوانده شده توسط خط کش نوری به طول موج منبع نور.

قسمت اول آزمایش:

بررسی طیف نشرهای منابع مختلف نوری

روش انجام آزمایش: ابتدا منابع نوری را جلوی روزنه یا دیافراگم قرار می دهیم و سپس یک منبع نور معمولی را جلوی شیشه میکرومتر روشن می کنیم. لوله دوربین را طوری تنظیم می کنیم که طیف حاصله از منبع مورد آزمایش دیده شود. هم زمان با آن درجه های خط کش میکرومتری نیز باید روی طیف دیده شود. محدوده نورهای موجود روی طیف را بر حسب طول خط کش روی یک محور رسم نمایید، سپس با استفاده از منحنی کالیبراسون آن را به طول موج تبدیل نمایید.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی طیف موجود در نور یک لامپ فلورسنت و شناسایی مواد موجود در آن

روش انجام آزمایش: یک لامپ فلورسنت رومیزی را روی نصف اسپکتروسکوپ قرار دهید. سپس همانند حالت قبل طیف نورهای منتشره را بر حسب λ بدست آورید. با مقایسه این طیف با طیف نشری مواد موجود تعیین کنید کدام مواد در داخل آن وجود دارند و چرا؟

قسمت سوم آزمایش:

بررسی طیف جذبی نور لامپ تنگستن در مایعات مختلف

روش انجام آزمایش: ابتدا لامپ تنگستن را جلوی روزنه قرار دهید و سپس مابین روزنه و منبع نور لوله های آزمایش که از محلولهای مختلف تشکیل شده است قرار دهید. پس از گذاشتن محلول، طیف جذبی را رسم کرده و با طیف نشری اولیه مقایسه کنید. برای هر محلول تعیین کنید که چه قسمتی از بیناب حذف شده است؟ تمامی طیف های نشری را در گزارش رسم کنید.

فلورسنت	آب	الکل	پرمنگنات	سولفات مس	روی	کادمیوم	تنگستن	رنگ
								قرمز
								نارنجی
								زرد
								سبز
								آبی
								نیلی
								بنفش
								نوع طیف

سوالات:

(۱) طیف نور گسیلی از لامپ فلورسنت چه نوع طیفی می باشد؟ دلیل آن چه چیزی است.

(۲) در طیف نشری و جذبی زمینه طیف به چه رنگی است و چرا؟

(۳) برای بررسی وجود پروتئین در ادرار چه روش طیف سنجی رایشنهاده می کنید.

آزمایش شماره ۴

رفراکتومتری یا اندازه گیری ضریب شکست مایعات و جامدات شفاف

۴-۱ هدف آزمایش:

آشنایی با مفهوم ضریب شکست و تعیین ضریب شکست تیغه های شفاف

تعیین ضریب شکست مایعات

۴-۲ وسایل مورد نیاز:

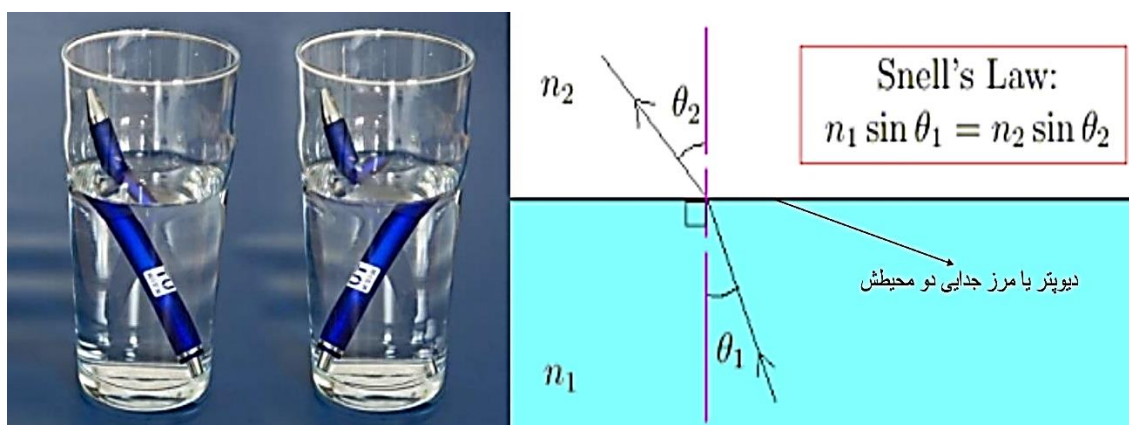
میکروسکوپ مکانیکی، تیغه های شیشه ای و پلاستیکی، ماژیک، گلیسرین، آب، بشر.

۴-۳ تئوری آزمایش:

سرعت نور، از یک طرف به شرایط محیطی از جمله شلوغی یا به عبارت علمی تر چگالی محیط و از طرف دیگر به جنس آن بستگی دارد. بنابراین سرعت نور با عبور از یک محیط شفاف به محیط دیگر تغییر می کند و تابعی از ویژگی های دو محیط است. سرعت نور در هوا بیشتر از سایر محیط ها و برابر با ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه است. اگر نور وارد محیط غلیظ تر شود، سرعت آن کاهش می یابد. میزان این کاهش به جنس محیط بستگی دارد به همین دلیل میزان کاهش سرعت نور در آب شکر با آب نمک متفاوت است. همچنین اگر غلظت همان آب شکر را تغییر بدهیم، سرعت نور باز هم تغییر می کند. کمیتی که نمایانگر این تغییر سرعت نور است و جنس محیط را برای سرعت انتشار نور مشخص می کند، ضریب شکست نامیده می شود. ضریب شکست هوا را با خلا یکی می گیریم و فرض می کنیم سرعت نور در هوا همان ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه و ضریب شکست یک باشد. ضریب شکست بقیه محیط های شفاف مثل شیشه، آب، آب شکر و غیره بیشتر از یک است و در نتیجه سرعت نور در آن ها کمتر از مقدار بالا است. هنگامی که باریکه ای نور از میان مواد شفاف عبور کند، به علت تأثیر متقابل میدان الکتریکی باریکه نور و الکترون های پیوندی ماده شفاف، سرعت انتشار نور در آنها تغییر می کند. رفراکتومتری یا شکست سنجی، روش اندازه گیری سرعت انتشار نور در اجسام شفاف است که با کمیت ضریب شکست بیان می شود. ضریب شکست هر ماده مانند نقطه ذوب و نقطه جوش، یکی از ثابت های فیزیکی آن است. با آنکه ضریب شکست بسیاری از مواد به طول موج نور تابشی و دمای محیط آن بستگی دارد اما برای طول موج و دمای معین به ندرت دو ماده را می توان یافت که دارای ضریب شکست یکسان باشند. لذا از ضریب شکست یک ماده و ثابت های فیزیکی دیگر آن می توان برای شناسایی آن ماده و تجزیه و تحلیل مخلوط مواد استفاده نمود.

شکست نور:

پرتوهای نور وقتی از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شوند از مسیر خود منحرف می‌شوند، این پدیده را شکست نور می‌گویند. هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه کنیم آن جسم به سطح آب نزدیکتر و وقتی از داخل آب به جسمی در هوا نگاه کنیم، دورتر به نظر می‌رسد. وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، در مرز مشترک دو محیط، شکسته می‌شود و همین عامل سبب بالاتر دیده شدن جسم نسبت به سطح واقعی گردد. وسیله‌ای که از آن برای بدست آوردن مقدار ضریب شکست استفاده می‌کنیم میکروسکوپ مکانیکی می‌باشد که با قرائت مقادیر بدست آمده از قسمت‌های کولیس و ورنیه و جایگذاری در فرمول مقدار ضریب شکست مواد مختلف محاسبه می‌شود. دیوپتر مرز مشترک دو محیط همگن شفاف است که ممکن است تخت و یا کروی شکل باشد. مرز مشترک آب و هوا، دو سطح یک تیغه شیشه‌ای و یا یک عدسی نمونه‌هایی از دیوپترها هستند.

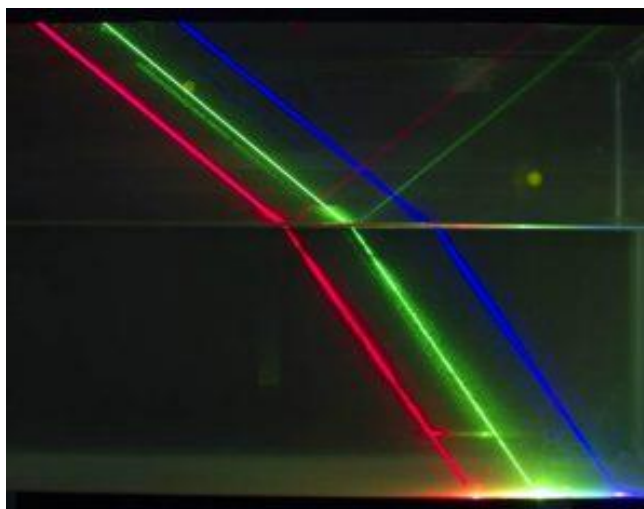


شکل ۱ شکست نور در عبور از دو محیط با ضرایب شکست متفاوت.

رابطه تغییر زاویه پرتو نور هنگام تابیدن نور به سطح آب را رابطه اسنل^۹ می‌نامند:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \quad (۱)$$

این رابطه نشان می‌دهد که اگر پرتو نور به صورت مایل به سطح مایع بتابد زاویه آن تغییر می‌کند و دچار شکست می‌شود. مانند شکسته دیده شدن اجسام در لیوان آب که به طور روزمره شاهد آن هستیم. همچنین باید خاطرنشان کرد که رابطه اسنل، نشان می‌دهد که اگر پرتو نور به صورت عمودی به سطح آب بتابد، دچار شکست نخواهد شد.



شکل ۲ شکست نور در عبور از هوا به آب.

کاربرد شکست نور در آزمایشگاه های بالینی

در آزمایشگاه های بالینی از روش ضریب شکست علاوه بر تعیین ضریب شکست مایعات، برای تعیین غلظت پروتئین سرم خون و چگالی مخصوص ادرار استفاده می شود. دستگاه شکست سنج، یک وسیله اپتیکی است که براساس یکی از پدیده های فیزیکی بازتابش کلی و تشکیل زاویه حد، تداخل نور یا استفاده از منشور و زاویه انحراف مینیمم ساخته شده است. در آزمایشگاهها اکثراً از شکست سنجهایی که براساس بازتابش کلی نور عمل می کنند استفاده می شود. با این دستگاهها ضرایب شکست مایعات شفاف و غلظت پروتئین میزان اوره سرم خون بین صفر تا ۱۲ گرم بر دسی لیتر، میزان نمک موجود در آن، تعیین غلظت ادرار و ... را می توان اندازه گیری نمود.

از انواع شکست سنجها می توان به شکست سنج مدل آبه^{۱۰} که از معروفترین و پرمصرف ترین دستگاههایی که براساس بازتابش کلی نور می باشد را نام برد که برای تعیین ضریب شکست مایعات و جامدات شفاف به کار می رود. در آزمایشگاههای بالینی برای تعیین ضریب شکست اوره نیز استفاده می شود. از ویژگی های مهم این دستگاهها کمترین مقدار نمونه مورد نیاز است. شکست سنج دیگر شکست سنج بالینی مدل ارما^{۱۱} می باشد. در درون این دستگاه یک مقیاس اضافی برای خواندن غلظت پروتئین سرم خون در میزان صفر تا دوازده گرم بر دسی لیتر وجود دارد و مقیاسی دیگر برای تعیین چگالی ویژه ادرار بکار می رود. علاوه بر این یک سری نمودارهای عددی در اختیار خریدار قرار داده می شود که براساس آنها می توان اطلاعات دیگری از جمله فشار اسمزی ادرار و غیره را بدست آورد.

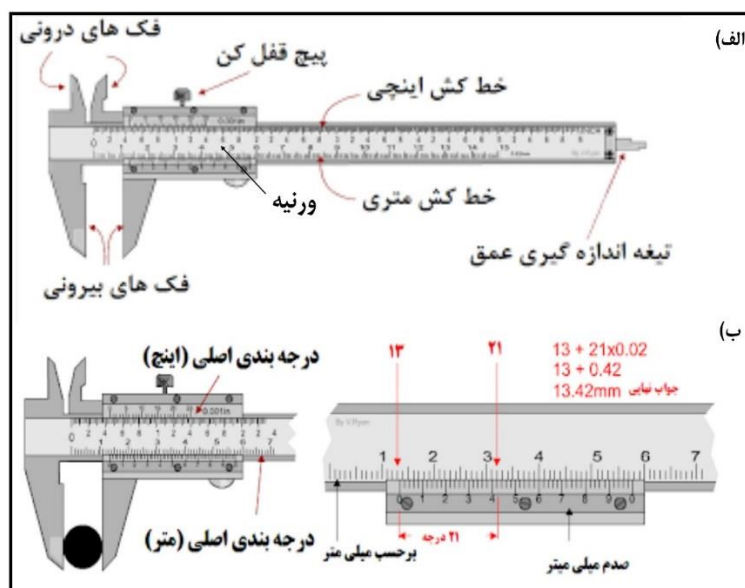
Refractometer Abbe^{۱۰}
Erma Refractometer^{۱۱}



شکل ۳ دو شکست سنج معروف در آزمایشگاه ها.

کولیس^{۱۲}:

کولیس برای اندازه گیری قطر قطعه کار، عمق شیار، قطر داخلی استوانه ها، بوش ها و ارتفاع قطعات مختلف بکار می رود. کولیس ها از نظر سیستم اندازه گیری به دو دسته تقسیم می شوند که عبارتند از کولیس های اینچی و میلی متری، همچنین از نظر نوع ساختمان و موارد استفاده هر یک با شکل های متفاوت ساخته می شوند. از طرف دیگر برای اینکه دقت های مختلفی چه در سیستم اینچی چه در سیستم میلی متری به وجود آورد لازم است از ورنیه استفاده شود. کولیس از قسمت های مختلف زیر تشکیل شده که عبارتند از: پیچ تنظیم کننده، خط کش که یک سر آن به فک ثابت اتصال داشته و دارای زاویه قائمه نسبت به آن می باشد. فک دیگر به موازات فک ثابت بوده که می تواند روی خط کش و در طول آن حرکت خطی نماید.



شکل ۴ الف) نمایی از اجزای کولیس و ورنیه، ب) نمونه خواندن خواندن از روی ورنیه.

برای خواندن مقدار دقیق نشان داده شده ابتدا باید مقدار صحیح اندازه خوانده شود. مقدار صحیح عددی است که صفر ورنیه بعد از آن قرار گرفته است. برای خواندن مقدار اعشار باید دید کدام یک از خطوط مندرج روی ورنیه با خطوط مندرج روی خط کش در یک راستا قرار دارند. سپس با توجه به دقت کولیس استفاده شده، مقادیر را از صفر شمارش کرده تا به خط هم راستا با خط کش برسیم.

قسمت اول آزمایش:

تعیین ضریب شکست تیغه های شفاف

روش انجام آزمایش: روی یک شیشه مستطیل شکل (لام) علامت $\times$ بگذارید و آن را روی صفحه شیشه ای زیر عدسی شیئی میکروسکوپ قرار دهید. لوله میکروسکوپ را تغییر مکان دهید تا علامت به وضوح دیده شود. درجه ورنیه (a) میکروسکوپ را در این حالت یادداشت کنید. سپس تیغه مورد نظر را که روی علامت $\times$ بگذارید. لوله میکروسکوپ را آنقدر جابجا کنید تا تصویر علامت $\times$ مجدداً واضح دیده شود. درجه ورنیه (b) را بخوانید. سپس علامتی روی تیغه شیشه ای بزنید اکنون باز لوله میکروسکوپ را بالا بکشید بطوری که علامت بطور واضح دیده شود. درجه ورنیه را بخوانید. (c)

$$n = \frac{AB}{A'B} = \frac{c-a}{c-b} \quad (2)$$

قسمت دوم آزمایش:

تعیین ضریب شکست مایعات

روش انجام آزمایش: در قسمت بالای ته بشر شیشه ای علامتی بگذارید و بوسیله میکروسکوپ تصویر واضح آن را مشاهده کنید. درجه ورنیه (a) میکروسکوپ را در این حالت یادداشت نمایید. سپس تا ارتفاع خاصی در آن مایع مورد نظر را بریزید و علامت را در حالت واضح از روی ورنیه بخوانید (b). مقداری گچ روی آب ریخته و با جابجا کردن لوله میکروسکوپ در حالتی که گچ واضح دیده می شود مقدار ورنیه میکروسکوپ را بخوانید (c). مقادیر ضریب شکست آب و گلیسرین را از روابط قبلی بدست آورید. برای گلیسرین مانند حالت تیغه های شفاف عمل نمایید.

$$n = \frac{\text{عمق واقعی}}{\text{عمق ظاهری}} \quad (3)$$

سوالات:

- ۱) دلیل شکست نور در محیط دیگر چیست؟
- ۲) دلیل افزایش یا کاهش سرعت نور هنگام تغییر محیط چیست؟
- ۳) برای دو لیوان آب آزمایشی طراحی کنید که از طریق مفهوم شکست نور و ضریب شکست، لیوان آب شیرین مشخص شود.

آزمایش شماره ۵

مطالعه مسیر نور در عدسی های کروی

۱-۵ هدف آزمایش:

بررسی نحوه تشکیل تصویر در عدسی های محدب و مقعر

۲-۵ وسایل مورد نیاز:

چراغ رویتزر، دیافراگم سهمی شکل، عدسی همگرا، پرده مات، چراغ رویتزر، آینه تخت، عدسی واگرا، خط کش، دو عدسی محدب و مقعر کوچک.

۳-۵ تئوری آزمایش:

ماهیت نور:

نور و پدیده های مربوط به آن پیوسته مورد توجه بشر بوده است و همواره نظریات مختلفی برای توضیح و تبیین آن مطرح شده است. ابتدا نظریه ذره ای نیوتن و سپس نظریه موجی و هویکنس مطرح شد. اما هیچکدام از این نظریه ها به تنهای توانای توضیح توأم پدیده های نوری را ندارند. در ابتدای قرن بیستم با توصیف پدیده فوتوالکتریت توسط انیشتین ماهیت موج - ذره ای نور مشخص شد.

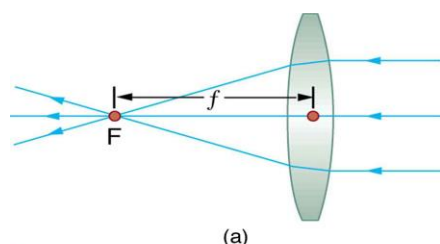
قوانین بازتابش:

هنگام برخورد نور با سطح اجسام سه پدیده جذب و بازتاب و عبور رخ می دهد. در صورتی که جسم کاملاً کدر و سطح آن براق باشد بیشتر نور تابیده از روی جسم بازتاب می کند دو پدیده بازتاب نور در قانون وجود دارد:

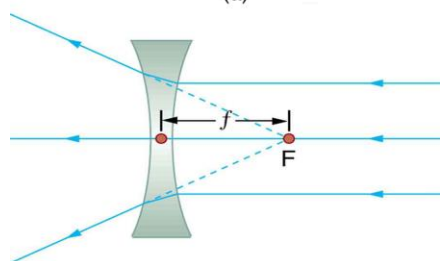
(۱) زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر است .

(۲) پرتو تابش، پرتو بازتابش و عمود بر سطح در یک صفحه قرار دارند.

انواع عدسی:



(a)



(b)

f = فاصله کانونی
 a = عدسی همگرا
 F = کانون عدسی
 b = عدسی واگرا

شکل ۱ انواع عدسی های ساده و مرکب

عدسیها از ماده ای شفاف ساخته میشوند و به دو نوع تقسیم میشوند: همگرا (کوژ یا محدب) و واگرا (کاو یا مقعر).

۱) عدسیهایی که نور را همگرا می کنند و جهت تصویر سازی حقیقی و نیز همگرا نمودن پرتوهای تابشی از نقاط دور مانند پرتوهای ستارگان مورد استفاده قرار می گیرند، عدسی های همگرا محدب نامیده می شوند.

۲) ولی در عدسی مقعر، این عدسیها نور را واگرا می کنند و جهت واگرا نمودن نورها و اصلاح برخی سیستمها که نیاز به واگرایی نور را دارد از جمله چشم مورد استفاده واقع می شوند

محاسبه فاصله کانونی عدسی ها:

در مورد عدس های کروی نازک، فاصله تصویر تا عدسی به فاصله شی تا عدسی بستگی دارد. چنانچه هرگاه جسمی به فاصله p از یک عدسی قرار بگیرد تصویر آن به فاصله q از عدسی تشکیل می شود به طوریکه فاصله کانونی از رابطه زیر بدست می آید.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

در این رابطه p فاصله جسم تا عدسی و f فاصله کانونی عدسی می باشد. نسبت طول تصویر به طول جسم $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ را هم بزرگنمایی آن عدسی می گویند هرگاه عدسی محدب باشد فاصله کانونی f مثبت و هرگاه عدسی مقعر باشد فاصله f منفی است. هرگاه تصویر حقیقی باشد فاصله q مثبت است. به طور کلی عدسی به محیط شفاف گفته می شود که محدود به دو دیوپتر کروی باشند. عدسی های محدب عدسی های لبه نازک نیز نامیده می شوند. محوری که مراکز دو دیوپتر طرفین را به هم وصل می کند محور عدسی نامیده می شود. نازکی عدسی توسط کانونها و مرکز روشنایی خود مشخص می باشد. هر شعاعی که به مرکز روشنایی O بتابد بدون انحراف از آن خارج می شود. هر شعاعی که به موازات محور عدسی بتابد از کانون تصویر f' می گذرد. هر شعاعی که از کانون شیئی f عبور کند به موازات محور اصلی خارج می شود.

قسمت اول آزمایش:

اندازه گیری فاصله کانونی عدسی های همگرا (محدب)

(۱) با استفاده از تصویر حقیقی اجسام

روش انجام آزمایش: جسم حقیقی AB (دیافراگم سهمی شکل) را در فاصله های مختلف P از عدسی محدب قرار می دهیم تا تصویر A'B' روی پرده به طور واضح تشکیل شود. فاصله A'B' را اندازه گرفته و جدول زیر را کامل کنید. به کمک مقادیر به دست آمده در روی کاغذ میلیمتری منحنی تغییرات q بر حسب p را رسم کرده و با رسم نیمساز ربع اول مقدار f را از روی منحنی تعیین و نتیجه را با مقادیر بدست آمده مقایسه کنید.

P	۴۰ cm	۵۰ cm	۶۰ cm
q			
f			

(۲) با استفاده از روش بسل (Bessel Method)

روش انجام آزمایش: هرگاه فاصله جسم تا پرده را ثابت و برابر D در نظر بگیریم می توان ثابت نمود که به ازای دو وضعیت معین عدسی مابین جسم و پرده، تصویر جسم بر روی پرده به وضوح تشکیل می شود. در این شرایط طبق اصل بازگشت نور می توان نوشت:

$$P_2 = q_1 \rightarrow p_1 = q_2 \quad (۱)$$

هرگاه فاصله بین دو وضعیت عدسی d باشد داریم:

$$p_1 + q_2 = D - d \rightarrow p_1 = q_2 \rightarrow 2p_1 = D - d \rightarrow p_1 = \frac{D - d}{2} \quad (۲)$$

$$p_1 + q_2 = D \rightarrow \frac{D - d}{2} + q_1 = D \rightarrow q_1 = \frac{D + d}{2} \quad (۳)$$

اگر به جای p_1 و q_1 مقادیرشان را در فرمول عدسی ها قرار دهیم خواهیم داشت:

$$f = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad (4)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2}{D-d} + \frac{2}{D+d} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2(D-d) + 2(D+d)}{D^2 - d^2} = \frac{1}{f} \quad (5)$$

این آزمایش را برای سه حالت مختلف D (که باید مقدار D از مقدار $4f$ بیشتر باشد) انجام داده و جدول زیر را کامل کنید و از روی آن مقدار f میانگین را بدست آورید.

D	۱۲۰ cm	۱۳۰ cm	۱۴۰ cm
d			
f			

(۳) با استفاده از کانون شیئی

روش انجام آزمایش: پس از عبور از دیافراگم سوراخ دار شعاعهای نورانی را به عدسی می تابانیم و در پشت عدسی یک آینه مسطح قرار می دهیم، عدسی را آنقدر جابجا می کنیم تا تصویر نقطه روشن A مانند A' در نزدیکی A بیافتد فاصله عدسی تا دیافراگم مقدار f خواهد بود چرا؟

قسمت دوم آزمایش:

اندازه گیری فاصله کانونی عدسی های واگرا (مقعر)

روش انجام آزمایش: عدسی های مقعر که عدسی لبه پهن نیز گفته می شوند به سه صورت زیر ساخته می شوند. می دانیم که عدسی های مقعر از جسم حقیقی (همیشه) یک تصویر مجازی می دهد و با استفاده از خواص نقاط اصلی عدسی ها مسیر اشعه در عدسی مقعر به صورت روبرو خواهد بود. برای تعیین کانون این نوع عدسی ها باید از جسم مجازی و یا ترکیب عدسی ها استفاده نمود.

(۱) با استفاده از جسم مجازی

اول توسط عدسی محدب یک تصویر حقیقی از جسم AB (دیافراگم سهمی شکل) را روی پرده بیندازید. سپس عدسی مقعر را که هدف، تعیین فاصله کانونی آن می باشد بین عدسی محدب و پرده قرار دهید. در این موقع تصویر حقیقی $A'B'$ حکم یک جسم

مجازی را برای عدسی مقعر خواهد داشت آنگاه با تغییر دادن پرده بطرف عقب تصویر حقیقی $A''B''$ ظاهر خواهد شد. با اندازه گیری دقیق P و P' برای چند حالت مقدار f میانگین را بدست آورید و جدول را پر کنید.

توجه: بطوریکه می دانید برای بدست آوردن تصویر حقیقی بایستی جسم مجازی A/B' در فاصله کانونی عدسی واگرا قرار داشته باشد.

P	Δ/Δ cm	۹ cm	۹/۵ cm
P'			
f			

۲) با استفاده از روش ترکیب عدسی ها

در این روش یک عدسی واگرا (مقعر) با فاصله کانونی نامعلوم را با یک عدسی محدب که فاصله کانونی آن برابر $10\text{ cm} +$ میباشد ترکیب می کنیم. طبق اصل ترکیب همگرایی عدسی ها و با استفاده از فرمول مشهور گلستراند داریم (همگرایی $c = \frac{1}{f}$)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{n} \times \frac{1}{f_1 f_2} \quad \text{و} \quad c = c_1 + c_2 - \frac{e}{n} c_1 c_2 \quad (6)$$

که در رابطه فوق F فاصله کانونی عدسی مجموع (مقعر و محدب) و f_1 فاصله کانونی عدسی معلوم و f_2 فاصله کانونی عدسی مقعر مجهول است و e فاصله بین دو عدسی ترکیب (که $e = 1.5\text{ cm}$) و n ضریب شکست محیط بین دو عدسی (هوا) می باشد که تقریباً برابر یک است. پس رابطه فوق بطور خلاصه بصورت زیر درخواهد آمد.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 f_2} \quad (7)$$

روش انجام آزمایش: دو عدسی محدب و مقعر را با هم ترکیب نموده و فاصله کانونی مجموع یعنی F را با استفاده از روش بسل (رجوع شود به آزمایش قبل عدسی محدب قسمت b) اندازه بگیرید و با معلوم بودن F و f_1 مقدار f_2 را برای عدسی مقعر از رابطه فوق به دست آورید و نتیجه را با آزمایش قبلی مقایسه کنید.

سوالات:

- (۱) روش های افتراق عدسی های واگرا و همگرا را توضیح دهید.
- (۲) اگر عدسی های همگرا و واگرا را در داخل آب استفاده کنیم چه تغییری در فاصله کانونی آنها ایجاد میشود؟ توضیح دهید.
- (۳) تصویر جسمی که از نقطه $2f$ تا نقطه f عدسی همگرا جابجا شود از کدام نوع است و بین چه محل هایی جابجا می شود؟
- (۴) تصویر جسمی که از نقطه $2f$ تا نقطه f عدسی همگرا جابجا شود از کدام نوع است و بین چه محل هایی جابجا می شود؟

بخش سوم:

آزمایشهای مربوط به پرتوهای یونیزان

آزمایش شماره ۶

مطالعه نحوه پیدایش پرتوهای الکترونی و ایکس و کاربرد پرتوهای ایکس در پزشکی

۶-۱ هدف آزمایش:

بررسی تاثیر فاصله الکترودها و ولتاژ بر تخلیه الکتریکی در هوای آزاد
بررسی تغییرات کیفیت تخلیه الکتریکی با کاهش فشار
بررسی خصوصیات پرتو کاتدی
تفاوت بین اشعه کاتدی و تخلیه الکتریکی
تأثیر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بر اشعه کاتدی
تولید اشعه ایکس و کاربردهای تشخیصی آن در پزشکی

۶-۲ وسایل مورد نیاز:

منبع جریان الکتریکی، بوبین رومکروف (ترانسفورماتور افزایشنده)، سیم های رابط، گیره های کروکودیل، پمپ تخلیه هوا، لوله تخلیه الکتریکی، لوله های شش تایی کم فشار، جعبه فلوروسکوپی

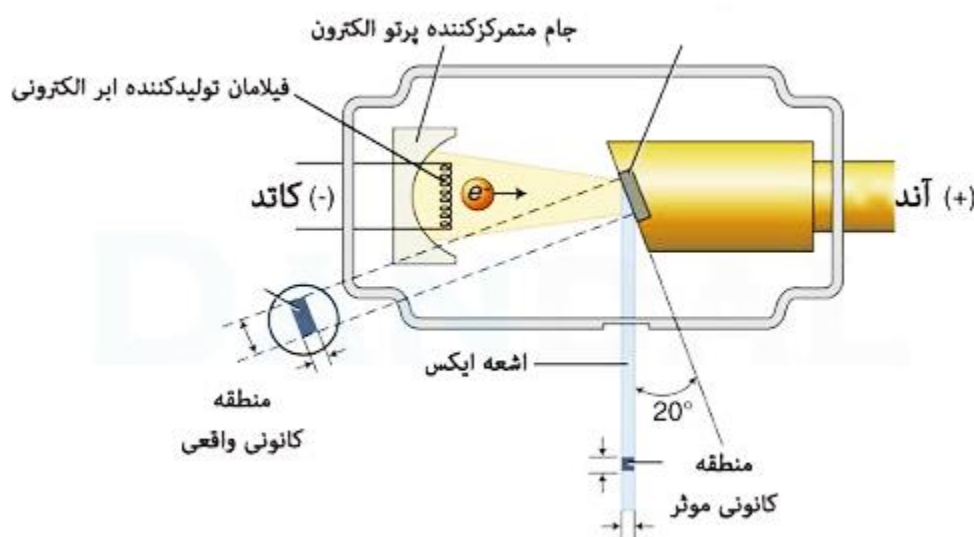
۶-۳ تئوری آزمایش:

خروج الکترون ها از یک سطح در اثر کنش نور (یا تابش الکترومغناطیس) اثر فتوالکتریک نامیده می شود. این اثر توسط هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۷ ضمن آزمایش های او برای تأیید وجود امواج الکترومغناطیسی که در سال ۱۸۸۴ به وسیله نظریه ماکسول پیش بینی می شد کشف گردید. در سال ۱۹۸۵ ویلهم رونتگن مشاهده کرد که وقتی الکترون های سریع در سر راهشان به یک هدف فلزی برخورد می کنند پرتو بسیار نافذی گسیل می شود چون در آغاز طبیعت واقعی این تابش ناشناخته بود رونتگن نام X را برای آن انتخاب کرد. معمولاً اشعه ایکس در اثر بمباران یک هدف فلزی ایجاد می شود و وقتی یک فلز، هدف بمباران الکترون ها قرار می گیرد اشعه ایکس به دو علت تولید می شود:

۱- بر طبق نظریه الکترومغناطیس یک ذره باردار شتاب یافته، تابش الکترومغناطیس گسیل می شود بدین صورت که وقتی یک الکترون سریع السیر به انرژی جنبشی $h\nu$ به یک هدف برخورد کند بین الکترون با بار منفی و بار مثبت هسته ام یک نیروی جاذبه

به وجود می آید. این نیرو مسیر حرکت الکترون را تغییر می دهد که معنای آن کاهش (یا افزایش) سرعت الکترون است و همین شتاب حاصل از الکترون سبب تابش الکترومغناطیسی می شود.

۲- بر اثر تحریک الکترون های اطراف هسته هدف، اشعه X تولید می شود زیرا الکترون ها پس از جذب انرژی به لایه های انرژی بالاتر رفته و در برگشت به حالت اولیه یک یا چند فوتون اشعه ایکس صادر می کنند. چون این عمل تابع انرژی الکترون ها نیست بلکه تابع ساختمان هدف است بیناب مشخصه نام دارد.



شکل ۱ لامپ پرتو ایکس

لامپ اشعه ایکس اولیه ساختمانی شبیه لامپ پرتوکاتدی یا الکترونی دارد چون منشا تولید اشعه ایکس، برخورد الکترونها با مواد دارای عدد اتمی بالا می باشد. اگر الکترونهای سریع با اتمهای فلزاتی چون سرب و تنگستن و ... برخوردکنند، ۹۹/۹٪ از انرژی جنبشی آنها به گرما و درصد کمی به پرتو ایکس تبدیل می شود. جریان الکتریکی با عبور از رشته لامپ باعث گرم شدن کاتد می شود و به الکترون های موجود در آن انرژی جنبشی کافی می دهد تا بتوانند بر بستگی خود به سطح کاتد غلبه کنند و در گسیل گرمایی یونی رها شود. سپس الکترون ها در خلأ به وسیله اختلاف پتانسیل بزرگ V (نوعاً چندین هزار ولت) شتاب می گیرند و به هدف که آند است برخورد می کنند. هر الکترون هنگام رفتن از کاتد به آند انرژی جنبشی E_k بدست می آورد. از آنجا که همواره انرژی بستگی چند الکترون ولت است و E_k چندین هزار ولت به درستی می توان از انرژی بستگی صرفنظر کرد.

$$E_k = eV \quad (۱)$$

پرتو نگاری با پرتو ایکس در حال حاضر نیز یکی از روشهای اساسی در تشخیص بسیاری از معاینه شونده یها می باشد. گرچه روشهای مبتنی بر رایانه نظیر برش نگاری رایانه ای یا CT Scan و رادیوگرافی دیجیتال، چگالی سنجی استخوان bone

densitometry توسعه یافته اند اما آنچه که نقش اساسی در این روشها بازی می کند همان پرتو ایکس می باشد. همچنین استفاده از پرتوهای ایکس برای درمان سرطان یکی از روشهای مقابله اساسی با این معاینه شونده ی است و هم اکنون بخش قابل توجهی از معاینه شونده ان سرطانی توسط این روش درمان می شوند.

پرتوهای کاتدی در حقیقت همان جریان الکترونها از کاتد می باشد که تحت تأثیر اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند از سطح کاتد کنده شده و در جهت عمود بر سطح کاتد حرکت می کنند. در این قسمت ابتدا یک تفاوت عمده بین پدیده تخلیه الکتریکی و اشعه کاتد مورد بررسی قرار می گیرد. این کار با استفاده از حباب شیشه ای که در یکی از آنها تخلیه الکتریکی و در دیگری اشعه کاتدی اتفاق می افتد انجام می گیرد و در آزمایش دوم با استفاده از لامپ اشعه کاتدی به خصوصیات پرتو کاتدی می پردازیم.

لامپ کروکس^{۱۳} یا کروکز: نوعی لامپ کاتدی است که نخستین بار توسط فیزیکدان انگلیسی ویلیام کروکز اختراع شد که به کشف پرتوهای کاتدی (پرتویی از الکترون ها) انجامید. لامپ کروکز از یک محفظه شیشه ای دارای خلأ نسبی تشکیل شده که در هر طرف خود یک الکتروود دارد. وقتی ولتاژ بالا بین الکتروودها برقرار می شود، پرتوی کاتدی (الکترون ها) در مسیر مستقیم از الکتروود کاتد ساطع می شوند.



شکل ۲ لامپ کروکز

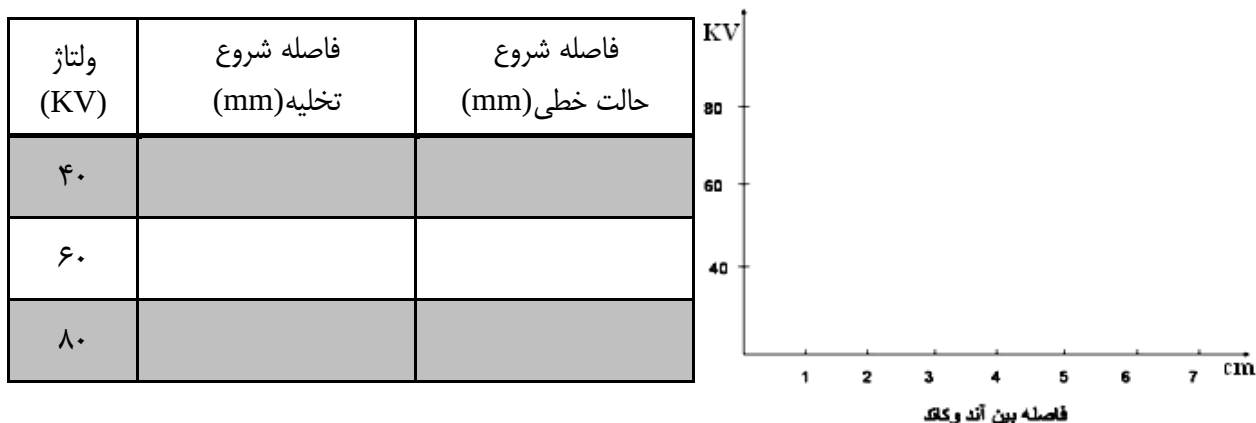
در شرایط عادی فشار و دما، گازها از نظر الکتریکی تقریباً عایق هستند و تمام مولکولها و یا اتمهای آنها در پایین ترین حالت انرژی و یا در تراز انرژی پایه هستند و هیچ الکترون آزادی در آنها وجود ندارد. اما در طی تخلیه الکتریکی به سبب برخورد الکترونها با اتمهای خنثی اتمها یا یونیزه شده و یا برانگیخته می شوند و وجود یونها در مخلوط گازی باعث ایجاد رسانایی در گازها می گردد. اتمهای یونیزه بعد از مدت کوتاهی با جذب یک الکترون به حالت اولیه برمی گردند و در ضمن جذب الکترون توسط اتم یونیزه یک

فوتون نوری آزاد می شود. نور ساطع شده از هر اتم ممکن است دارای بیناب خاصی است که به انرژی لایه های الکترونی بستگی دارد و از این نور در بیناب سنجی استفاده می شود. در این روش می توان با استفاده از نور خروجی به نوع اتمهای تشکیل دهنده گازها و مواد در حالت گازی پی برد. در تخلیه الکتریکی الکترونهای خروجی از کاتد باعث یونیزاسیون و ایجاد الکترونهای آزاد می شود و حرکت این الکترونها بطرف قطب مثبت باعث ایجاد یونیزاسیون بیشتر می گردد، الکترونهای آزاد توسط قطب مثبت جذب شده و بدین طریق جریان از داخل گاز عبور می کند اما باید گفت که در حین عبور الکترونها و ایجاد یونیزاسیون قسمتی از الکترونها جذب یونهای مثبت شده و بدین وسیله یونهای مثبت به اتمهای خنثی تبدیل می شود و طی آن نور آزاد می شود. در یک پدیده تخلیه الکتریکی شدت یونیزاسیون و در نهایت شدت جریان عبوری از گاز تحت تاثیر ولتاژ و فشار گاز که نشانگر تعداد اتمهای موجود در گاز است قرار می گیرد.

قسمت اول آزمایش:

آشنایی با تخلیه الکتریکی و بررسی تاثیر فاصله الکترودها و ولتاژ بر تخلیه الکتریکی در هوا

روش انجام آزمایش: در این آزمایش تخلیه الکتریکی بین دو الکتروود در هوای آزاد بررسی می گردد. ولتاژهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوولت توسط بوبین رومکروف ایجاد می شود. سپس برای هر ولتاژ فاصله ای که در آن تخلیه الکتریکی شروع شده و فاصله ای که در آن مسیر یونیزاسیون به یک خط تبدیل می شود، اندازه گیری می گردد. این کار برای هر سه ولتاژ صورت می گیرد. در نهایت با استفاده از مقادیر بدست آمده جدول زیر پر می شود. سپس با استفاده از مقادیر فوق نمودار زیر رسم می گردد. در این نمودار یک منحنی با استفاده نقطه های مربوط برای فاصله آغاز و منحنی دیگر مربوط به شروع حالت خطی رسم می شود.



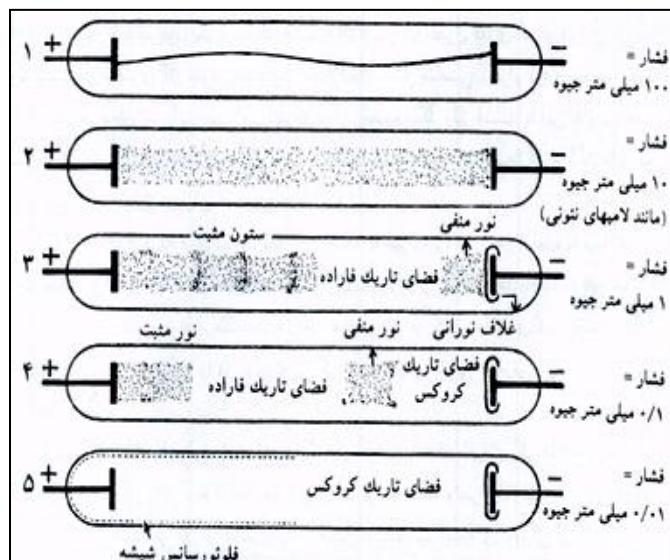
قسمت دوم آزمایش:

بررسی تغییرات کیفیت تخلیه الکتریکی با کاهش فشار

نحوه انجام آزمایش: وقتی بین دو الکترود در یک محفظه شیشه ای مسدود که تا حد ممکن از هوا تخلیه شده باشد اختلاف ولتاژ بسیار بزرگی برقرار شود الکترود از سطح کاتد کنده شده و به طور مستقیم به حرکت درمی آید این الکترود ها ضمن حرکت مستقیم خود به اتم های گازی شکل برخورد می کنند و موجب یونیزه شدن آنها می شوند به عبارت بهتر اتم های گازی پس از اینکه بمباران الکترونی شدند با از دست دادن الکترود به یون های مثبت گازی تبدیل می شوند. این یون های مثبت به طرف الکترود منفی یعنی کاتد شتاب می گیرند و به فلز کاتد ضربه می زنند و موجب کنده شدن الکترود های بیشتری از سطح آن می شوند. الکترود های کنده شده دوباره گسیل شده و موجب ایجاد یون های مثبت بیشتر و بیشتری می شوند و این روند همین طور ادامه می یابد

(۱) لوله تخلیه را توسط سیم رابط و گیره به بوبین رومکرف وصل نمائید و دو سر بوبین را به ولتاژ ۶-۵ ولت وصل نمایید کلید پمپ تخلیه را روشن نمائید و مشاهدات خود را یادداشت نمایید.

(۲) ولتاژ ۶۰ کیلوولت (DC) را به سری شش تایی لوله های کم فشار را که محتوی گاز با فشار تقریبی ۴۰ و ۱۰ و ۳ و ۱ و ۰/۱ و ۰/۰۲ میلیمتر جیوه می باشند، وصل کنید. پس از مشاهده تغییرات تخلیه با کاهش فشار برای هر کدام از لوله ها تغییرات اتفاق افتاده را با رسم شکل بنویسید.



شکل ۳ تاثیر فشار گاز داخل لوله های گیسر بر رنگ نور گسیلی از لوله ها

قسمت سوم آزمایش:

۱) آشنایی با پرتو کاتدی، تفاوت بین اشعه کاتدی و تخلیه الکتریکی

روش انجام آزمایش: بوسیله بوبین رومکروف پتانسیل ۶۰ کیلو ولت را ایجاد کرده و اختلاف پتانسیل را به حبابهای شیشه ای کروی که دارای یک کاتد و سه آند هستند وصل می کنیم. سیم کاتد یکبار وصل می شود در حالیکه سیم آند بطور نوبتی به سه آند مذکور متصل می گردد. این حالت برای هر دو حباب تکرار می شود.

۲) تأثیر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بر اشعه کاتدی

روش انجام آزمایش: ابتدا ولتاژ ۶۰ کیلو ولت را به آند و کاتد لامپ اشعه کاتد وصل می کنیم. با وصل کردن کلید برق، جریان الکترونی ایجاد شده و روی صفحه فلورسانس بصورت لکه سبز رنگ دیده می شود. با گذاشتن دست خود روی صفحات موجود روی بدنه لامپ می توان آن را در معرض میدان الکتریکی بدن قرار داد. سپس با استفاده از آهنربای نعلی شکل، میدان مغناطیسی را به اشعه کاتد نزدیک کرده و اثرات آن را مشاهده می کنیم.

قسمت چهارم آزمایش:

تولید اشعه X و کاربردهای تشخیصی آن در پزشکی

روش انجام آزمایش: از جعبه فلوروسکوپی استفاده کرده و تصویر اشیاء موجود داخل جعبه را روی صفحه سفیدی که در دیدگاه جعبه قرار دارد مشاهده می کنیم.

سوالات:

۱. در آزمایش تخلیه الکتریکی و بررسی تاثیر فاصله الکترودها و ولتاژ بر تخلیه الکتریکی در هوا، منحنی های فاصله الکترودها بولتاژ، چه وضعیتی دارند، آیا می توان آنها را بصورت یک خط راست در نظر گرفت؟
۲. شیب منحنی نشانگر چه کمیتی است، آیا مقدار کمیت ثابت است؟
۳. اگر شیب خط ثابت است، آیا می توانید دلیلی برای توجیه آن بیاورید.
۴. تفاوت بین روش های تصویربرداری رادیوگرافی و فلوروسکوپی چیست؟
۵. گیرنده های تصویر در فلوروسکوپی و رادیوگرافی چه مدلی هستند؟
۶. تصاویر رادیوگرافی با فلوروسکوپی چه تفاوتهایی دارند؟

۷. در آزمایش تخلیه الکتریکی در لوله های کم فشار، پدیده های تخلیه الکتریکی و اشعه کاتدی در کدام فشارها دیده میشوند؟
۸. تفاوت مهم بین تخلیه الکتریکی و اشعه کاتدی در چیست؟
۹. در سری شش تایی لوله های کم فشار، سه لوله اول با سه لوله دوم چه تفاوتی دارند؟
۱۰. کاهش فشار هوا مانند کاهش چه کمیتی در آزمایش قبلی عمل می کند؟
۱۱. چرا زمانی که پمپ تخلیه روشن نیست ولی ولتاژ بین الکترودهای لوله اعمال شده است، تخلیه الکتریکی اتفاق نمی افتد؟
۱۲. اشعه کاتدی چه واکنشی به میدان الکتریکی و مغناطیسی نشان می دهد؟
۱۳. با استفاده از لامپ اشعه کاتدی وبکمک قانون دست چپ، قطب شمال و جنوب آهنربا را چگونه تعیین میکنند؟

آزمایش شماره ۷

بررسی تغییرات شدت پرتوهای گاما با قانون عکس مجذور فاصله

۷-۱ هدف آزمایش:

بررسی رابطه بین افزایش فاصله از منبع رادیواکتیو با تابش دریافتی

۷-۲ وسایل مورد نیاز:

دوزیمتر GAMMA-SCOUT، منبع رادیو اکتیو، خط کش.

۷-۳ تئوری آزمایش:

مواد رادیو اکتیو به موادی گفته میشود که در طبیعت دارای اتم های ناپایدار هستند. یعنی اتمهای آنها خودبه خود به اتم های پایدارتر تبدیل می شوند. دو منبع اصلی پرتوهای اشعه عبارتند از:

(۱) منابع طبیعی

(۲) منابع دست ساز بشر

از عناصر پرتو زا طبیعی می توان به منابعی مانند توریم، اورانیوم و رادیوم که در محیط زیست انسان وجود دارند، اشاره کرد. هر انسان در سال نزدیک به ۵۰ میلی راد پرتو از خاک و سنگ دریافت میکند و در مناطقی که سنگ های اورانیوم دار وجود دارد تا ۲۰۰۰ میلی راد در سال می رسد. اشعه ایکس مهم ترین منبع دست ساز بشر محسوب می شود. بیماران و متخصصان و تکنیسین های

پرتوشناسی، دو گروهی هستند که بیشترین تماس را دارد. مقدار پرتویی که به پوست بیمار از یک فیلم پرتونگاری میرسد بین دو صدم تا سه صدم میلی راد است.

برخورد پرتوهای یونساز با بدن انسان باعث اثرات بیولوژیکی زیانباری می شود که ممکن است بعدها علایم خود را نشان دهد. این تأثیرات به عوامل زیادی بستگی دارد؛ به طور مثال اینکه چه قسمتی از بدن در معرض تابش قرار بگیرد دارای اهمیت خاصی است. هرچه شدت تابش بیشتر باشد اثرات بیولوژیکی آن بیشتر است و مدت زمان تابش و مداوم و منقطع بودن آن، حاد یا مزمن بودن آن، اثرات متفاوتی دارد. اثرات ناشی از پرتوگیری با پرتوهای یونساز به دو دسته تقسیم می گردند.

(۱) اثرات احتمالی^{۱۴}

(۲) اثرات قطعی^{۱۵}

اثرات احتمال، اثراتی هستند که احتمال وقوع آنها با افزایش دز دریافتی بیشتر می شود. این اثرات به صورت تصادفی پدیدار گشته و حتی ممکن است در شخصی که در معرض تابش پرتوها قرار نگرفته نیز مشاهده شوند. مثلاً اگر شخصی پرتوگیری نکرده باشد احتمال بروز سرطان خون در وی صفر نیست اما با افزایش پرتوگیری احتمال بروز سرطان خون افزایش می یابد.

اثرات قطعی زمانی ظاهر می شوند که میزان پرتوگیری فرد از حد آستانه بیشتر باشد. این اثرات بر هر عضو یا بافت به گونه خاصی تأثیر می گذارند؛ به عنوان مثال اثر آن بر پوست به صورت سرخی و التهاب پوست، در چشم به صورت آب مروارید و در غدد تناسلی آسیب سلولی منجر به نابوری، ایجاد می کند. در بسیاری از موارد برای بروز یک اثر به یک حداقل دز و یا دز آستانه نیاز است. اگر فردی دز بالاتری از آستانه دریافت کند ظهور اثر آن در زمان نسبتاً کوتاهی رخ داده و اثر آن نمایان تر و بیشتر خواهد شد، اما اگر دز دریافتی کمتر از دز آستانه باشد بسیاری از اثرات ایجاد شده موقت و گذرا بوده و سپس بافت و یا اندام موردنظر به شرایط نرمال باز می گردد.

حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

سه قانون مهم در حفاظت پرتوی:

(۱) رعایت حداکثر فاصله از منبع رادیو اکتیو

(۲) رعایت کمترین زمان ممکن در معرض منبع

(۳) استفاده از وسایل حفاظت پرتویی (شیلدینگ)

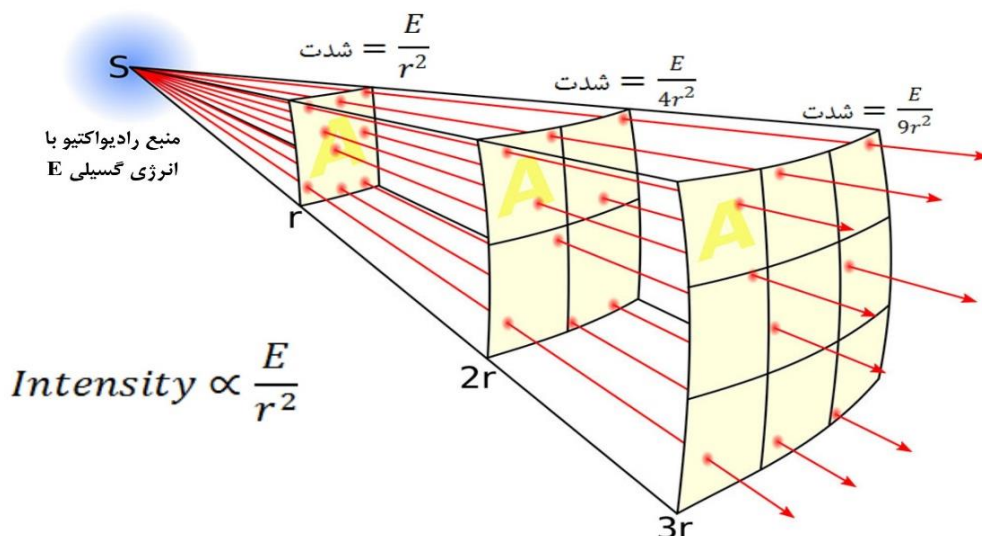
در پرتو گیری خارجی به طور کلی به سه عامل باید توجه کرد:

(۱) مدت زمان در معرض تابش: هرچه مدت زمان پرتوگیری کمتر باشد بدن دز کمتری را دریافت می کند. بنابراین در مورد کار با چشمه های پرتوزا توصیه می شود که سرعت کار افزایش یابد تا زمان تحت تابش بودن کاهش یابد؛

^{۱۴} Stochastic Effects
^{۱۵} Non-Stochastic Effects

۲) فاصله از منبع تابش: تأثیر تابش نسبت عکس با مجذور فاصله دارد، یعنی اگر فاصله را دو برابر کنیم تأثیر تابش به یک چهارم کاهش می یابد (شکل ۱).

۳) وجود مانع یا حائل: مانع، ارتباط مستقیم با نوع تابش دارد. مثلاً نگهداری چشمه آلفا در ظروف سربسته مانع انتشار آن به خارج می گردد و در مورد اشعه بتا با استفاده از رعایت فاصله 3 متر و استفاده از ورقه های آلومینیومی به قطر چند میلی متر می توان از نفوذ آن جلوگیری کرد.



شکل ۱ شدت پرتوهای الکترومغناطیسی با عکس مجذور فاصله کاهش پیدا می کند.

دزیمتری پرتو یونیزان:

تعیین مقدار، شدت و توزیع تشعشع ساطع شده از یک چشمه پرتو یونساز یا روش های علمی. یک دزیمتر وسیله ای برای اندازه گیری تابش گیری از تشعشع می باشد. دو دسته تجهیزات عمده برای آشکارسازی پرتوهای یونساز وجود دارد:

الف) تجهیزات بررسی میدانی مانند اتاقک های یونیزان و شمارشگرهای گایگر که مقدار تشعشع یونساز در هوا را ثبت می کنند.

ب) دزیمترهای فردی (شخصی) که پرتونگاران به طور منظم از آن برای تعیین میزان تابش گیری فردی استفاده می کنند. از این وسایل برای مراجعان بخش رادیولوژی مانند پرستاران همراه معاینه شونده نیز استفاده می شود.

مانیتورینگ فردی:

سه نوع عمده از مانیتورهای فردی به صورت فیلم بچ، دوزیمتر ترمولومینسانت و اتاقک های یونیزاسیون جیبی وجود دارند. خصوصیت های مورد نظر وسایل مونیتورینگ فردی عبارتند از:

- ۱- قابلیت حمل، ۲- مقاومت در برابر فشار، ۳- حساسیت، ۴- قابل اعتماد بودن، ۵- کم خرج بودن

فیلم بج (دوزیمتر فردی)، فراگیرترین و مناسب ترین وسیله ای که برای تعیین پرتوگیری تمام بدن به کار می رود فیلم بج می باشد. بج هایی که برای حفاظت فردی مورد استفاده قرار می گیرند اقسام زیادی دارند. فیلم بج از قسمتهای مختلفی تشکیل شده است. قسمتی که در وسط بج قرار دارد پنجره باز نامیده می شود. داخل بج سه فیلتر فلزی قرار دارد که از راست به چپ عبارتند از فیلتر ۲ لایه سرب و قلع که ضخامت سرب ۰/۳ میلیمتر و ضخامت قلع ۰/۷ میلیمتر است. وسط فیلتر ۲ لایه سرب و کادمیوم به ضخامت ۱ میلیمتر قرار گرفته است. در قسمت بالای پنجره باز دو فیلتر پلاستیکی قرار دارد که درواقع همان بدنه بج است. پشت بج همان طرفی که که سنجاق به آن متصل است:

(۱) فیلتر دور آلومینیوم

(۲) فیلتر سرب- کادمیوم (برای تعیین پرتوگیری از نوترون های کند)

(۳) فیلتر سرب- قلع (برای تعیین پرتوگیری از پرتوهای با انرژی بیش از ۸۰ keV)

(۴) پنجره باز

(۵) فیلتر پلاستیک 50 mg/cm^2 (برای تعیین پرتوگیری از پرتوهای ایکس و گاما با انرژی بین ۲۰ keV و ۸۰ keV)

(۶) فیلتر پلاستیک 30 mg/cm^2 (برای تعیین پرتوگیری از پرتوهای بتا).

شماره ای که روی فیلم نوشته شده معمولاً به وسیله یک ماشین پرس ایجاد می شود. فشاری که شماره های ماشین بر روی فیلم وارد می سازد سبب می شود که بعد از ظهور فیلم، شماره روی فیلم نمایان شود و برای همیشه باقی بماند. این شماره ها یک عدد ۸ رقمی می باشد. دو رقم سمت راست شماره شخص استفاده کننده از فیلم بج می باشد، دو رقم بعدی مربوط به نوبت استفاده از فیلم است (ماه) و بقیه ارقام یعنی ۳ یا ۴ رقم سمت چپ، شماره اشتراک یا کد مرکزی است که از فیلم بج استفاده میکنند (شکل ۲).



شکل ۲ دوزیمتر فیلم بج و اجزای آن.

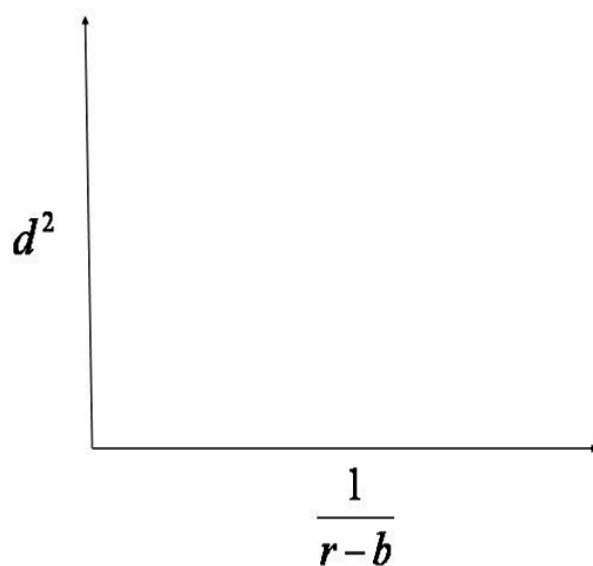
روش انجام آزمایش:

۱- مقدار پرتو زمینه در محل کار را دو بار توسط دوزیمتر GAMMA-SCOUT را یادداشت نمایید. برای اندازه گیری پرتو گاما دستگاه در حالت γ قرار گرفته و بعد کلید شروع را فشار داده و به مدت ۲ دقیقه منتظر شوید و عدد میانگین را بدست می آوریم.

۲- منبع پرتو ده کبالت ۶۰ که یک ماده رادیواکتیو است و با تابش پرتوی بتا و به دنبال آن دو پرتوی گاما با انرژیهای ۱/۱۷ و ۱/۳۳ میلیون الکترون ولت به نیکل تبدیل می شود. منبع کبالت ۶۰ را با کمک کارشناس آزمایشگاه به محل مورد نظر انتقال دهید. دستگاه دوزیمتر را در فواصل ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ سانتی متری منبع پرتوده قرار داده و مقدار دوز خوانده شده توسط دستگاه دوزیمتری را یادداشت نمایید.

۳- جدولی بر اساس داده های بدست آمده رسم نموده و نمودار را بر اساس نسبت مقدار عکس دز ثبت شده به مجذور فاصله ترسیم کنید.

d ²	r-b (تشعشع-زمینه)	r (تشعشع)	d (فاصله) cm
			۰
			۲
			۴
			۶
			۱۰
			۱۵
			۲۰
			۵۰
			۱۰۰



سوالات:

- ۱) چه رابطه ای را بین شدت پرتوهای گسیلی از منبع با فاصله مشاهده کردید؟
- ۲) خطای آزمایش را بدست آورید؟
- ۳) آیا این رابطه بین نور مرئی و فاصله هم می تواند صادق باشد؟ چرا؟

مطالعه وابستگی ضریب تضعیف خطی به نوع ماده جاذب و انرژی پرتوهای گاما

۸-۱ هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب تضعیف خطی و ضخامت لایه نیم جذب حفاظ سربی برای منبع رادیو اکتیو کبالت ۶۰

۸-۲ وسایل مورد نیاز:

آشکار ساز گایگر-مولر، حفاظ های سربی با ضخامت های مختلف، گیره، منبع رادیو اکتیو.

۸-۳ تئوری آزمایش:

در سال ۱۸۹۶ بکرل موفق به کشف عناصر طبیعی تابش کننده تشعشع شد. او سه نوع متفاوت تشعشع با خصوصیات فیزیکی متفاوت را کشف کرد. این پرتوها بعدها توسط یک فیزیکدان انگلیسی، ارنست رادرفورد، آلفا، بتا و گاما سه حرف اول حروف یونانی نامیده شد. پرتوهای یونساز با گذر از محیط تولید ذرات باردار منفی و مثبت می کنند که از مواد می گذرند. منابع مولد پرتوهای یونساز می تواند مواد رادیواکتیو پسته زمین که به صورت ذره (تشعشع ذره ای) یا انرژی خالص بدون جرم و بار الکتریکی (پرتوهای الکترومغناطیسی) تابش می شوند، اشعه کیهانی حاصل از خورشید و یا ساخت دست بشر باشند.

رادیواکتیویته^{۱۶}: به طور کلی عناصری را رادیواکتیو می گویند که خودبخود به هسته دیگری تبدیل شوند. یعنی اگر تعداد پروتون ها و نوترون ها برابر نباشند در حالت پایدار نخواهند بود. بلکه مایل است که تعداد پروتون و نوترون را با هم مساوی سازد و به حالت پایدار درآید در اینگونه مواد که هسته ناپایدار است در اثر تشعشع به حالت پایدار درمی آیند و می گویند عنصر رادیواکتیویته است. در این حالت هسته مثلاً یکی از نوترون های اضافی خود را به یک الکترون و یک پروتون تبدیل کرده و از خود الکترون صادر می نماید.

هنگامی که یک دسته پرتو گامای مونو انرژیتهیک (تک انرژی) که در آن انرژی تمام فوتون ها یکسان است با شدت معین N_0 از محیط جاذبی عبور کند شدت پرتو عبوری از ماده جاذب بر طبق قانون نمایی بیر-لمبرت^{۱۷} تعیین می گردد.

^{۱۶} Activity
^{۱۷} Bier- Lambert

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu X} \quad (۱)$$

در این رابطه N شدت پرتو عبوری از ضخامت X ، N_0 عبارت است از شدت پرتو اولیه می باشد و μ ثابت معلومی بنام ضریب تضعیف خطی^{۱۸} است. ضریب تضعیف خطی طبق تعریف برابر با کسری از پرتو های اولیه است که در عبور از هر واحد ضخامت ماده جاذب، جذب یا پراکنده می شود. معمولاً μ را بر حسب cm^{-1} بیان می کنند. ضریب تضعیف خطی (μ) به نحو پیچیده ای با عدد اتمی (Z) ماده جاذب و انرژی (E) اشعه تابشی بستگی دارد.

هر گاه از رابطه (۱) لگاریتم در پایه طبیعی بگیریم خواهیم داشت:

$$\ln(N) = \ln(N_0 e^{-\mu X}) \quad \longrightarrow \quad \ln N = \ln N_0 - \mu X \quad (۲)$$

عنی اگر نمودار $\ln(N)$ را بر حسب X رسم کنیم باید خط مستقیمی بدست آید که شیب آن برابر μ و قابل محاسبه است.

لایه نیم جذب^{۱۹} (HVL):

کمیت دیگری که در این باره تعریف می شود لایه نیم جذب است که عبارت از ضخامتی از ماده جاذب است که شدت پرتو تابشی را به نصف مقدار اولیه آن کاهش می دهد و با μ رابطه ای دارد که از فرمول بیر - لمبرت قابل محاسبه است: یعنی اگر طبق تعریف لایه نیم جذب، بجای N در رابطه (۱)، مقدار $\frac{N_0}{2}$ و بجای ضخامت، $X_{\frac{1}{2}}$ را قرار دهیم و از طرفین آن لگاریتم در مبانی عدد طبیعی بگیریم خواهیم داشت:

$$X_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\mu} \quad (۳)$$

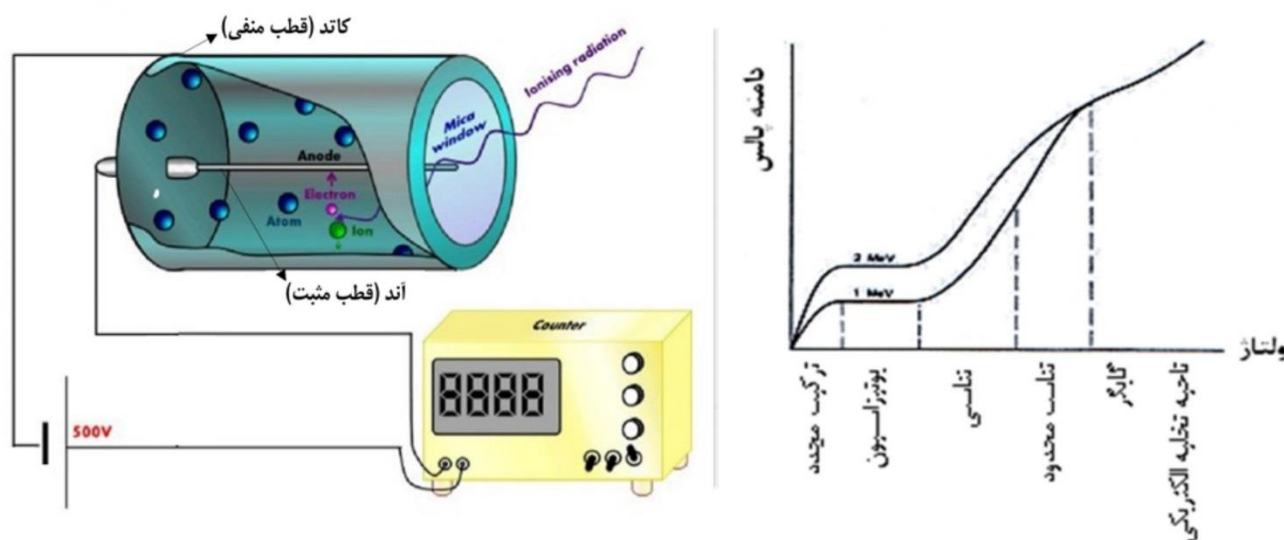
بنابراین با قرار دادن μ در این رابطه، مقدار لایه نیم جذب $X_{\frac{1}{2}}$ بدست می آید. مزیت تعیین این لایه در این است که در رادیولوژی جهت تعیین مقدار لایه محافظ و بیان کیفیت پرتو از آن استفاده می گردد. لذا با دانستن ضخامت این لایه برای هر عنصر از نظر اصول حفاظت در برابر اشعه، می توان شیلد (محافظ) مناسب را جهت جلوگیری از عبور پرتو یونساز به نواحی مجاور طراحی کرد و پرسنل و معاینه شونده آن را در بخش های رادیولوژی و رادیوتراپی از تابش پرتوهای تشخیصی محافظت کرد بطوریکه طبق توصیه آژانس بین المللی انرژی اتمی با انتخاب ضخامتی در حدود ۳/۵ برابر ضخامت مربوط به لایه نیم جذب می توان مطمئن شد که جلوی پرتو یونساز مربوطه سد شده است.

^{۱۸} Linear attenuation coefficient
^{۱۹} Half Value Layer

آشکارساز گایگر مولر:

برای تعیین شدت پرتوهای اولیه N_0 و شدت عبوری از ماده (N) از دستگاهی بنام γ - counter (شمارنده گاما) استفاده می شود که به آن آشکارساز گایگر - مولر (GM) می گویند. لوله GM به شکل استوانه است که جدار داخل آن به عنوان کاتد بوده و آند به شکل سیم نازک در امتداد محور استوانه قرار دارد. داخل استوانه با مخلوط یک گاز بی اثر مانند آرگون و مقدار کمی از یک گاز هالوژن یا الکل اتیلیک پر شده است.

اشعه تابشی، گاز داخل آشکارساز را یونیزه کرده و یون های مثبت و منفی به وجود می آورد. در صورتی که اختلاف پتانسیلی بین آند و کاتد وجود نداشته باشد هیچ نیرویی یون های به وجود آمده را به آند و کاتد هدایت نمی کند و بنابراین این یون های به وجود آمده با هم ترکیب شده و جریانی از مقاومت R عبور نمی کند. در صورتی که یک پتانسیل ضعیف به الکترود ها اعمال شود (V) نیروی eV یون های مثبت و منفی را به قطب های مخالف می راند و ترکیب مجدد کمتر اتفاق می افتد و جریان ضعیفی از مدار عبور می کند. مقدار این جریان به تعداد یونیزاسیون های اولیه یعنی میزان انرژی منقل شده از اشعه به گاز داخل آشکارساز بستگی دارد. به این ناحیه ولتاژ، ناحیه ترکیب مجدد می گویند.

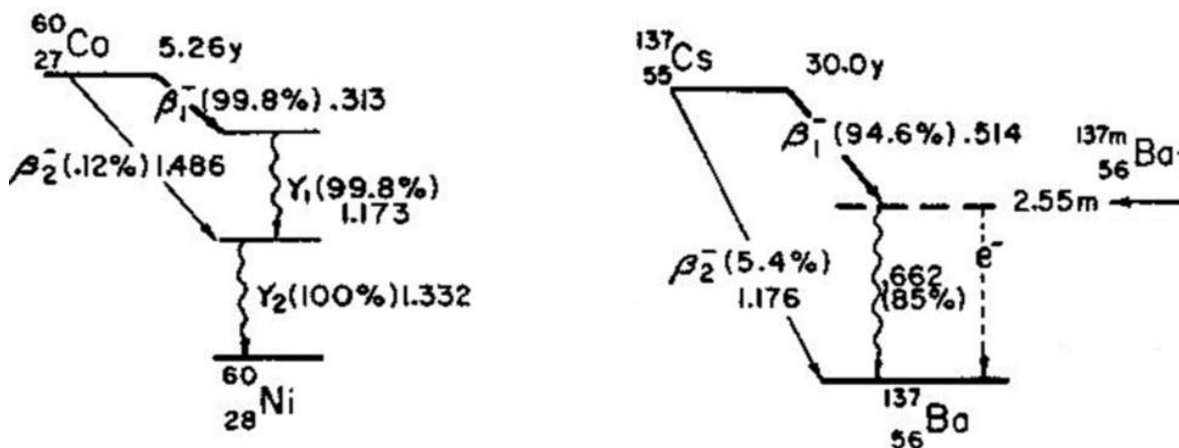


شکل ۱ ساختمان آشکارساز گایگر مولر و ناحیه ولتاژ

با افزایش ولتاژ امکان ترکیب مجدد از بین می رود تا جایی که تمام بارهای به وجود آمده به آند و کاتد می رسند که به آن ناحیه اشباع می گویند. اتاقک های یونیزاسیون در این ناحیه کار می کنند. با افزایش بیشتر ولتاژ، پدیده یونیزاسیون ثانویه یا تکثیر اتفاق می افتد به این ترتیب که انرژی یون های شتاب گرفته به اندازه ای است که می توانند اتم ها خنثی را نیز یونیزه کنند. با افزایش

تعداد یون های جمع آوری شده ارتفاع پالس به وجود آمده در خروجی افزایش می یابد. در اینجا میزان انرژی عبور کرده از مدار و در نتیجه ولتاژ خروجی رابطه خطی با میزان انرژی منتقل شده از اشعه به آشکارساز (تعداد یونیزاسیون اولیه) و نیز ولتاژ بین آند و کاتد دارد و به آن ناحیه تناسبی می گویند. از ناحیه تناسبی محدود رابطه خطی بین میزان جریان و تعداد یون های اولیه از بین می رود. در نهایت در ناحیه ۵ میزان جریان یا ارتفاع پالس خروجی به علت تخلیه کامل گاز در مجاورت آند به ماکزیمم خود رسیده که متشکل از تعداد یونیزاسیون اولیه است. در این ناحیه که به ناحیه گایگر معروف است، بهمنی از الکترون ها در مجاورت سیم مرکزی گسترش می یابد. با بالا بردن بیشتر ولتاژ تخلیه دائمی گاز داخل محفظه حتی بدون وجود نشعشع انجام می شود و این باعث خرابی آشکارساز خواهد شد.

منابع رادیواکتیو: ماده رادیواکتیوی که در این آزمایش به عنوان منبع گاما استفاده می شود ^{60}Co یا ^{137}Cs است. ماده رادیواکتیو کبالت ۶۰ با تابش پرتوی بتا و بدنبال آن دو پرتو گاما با انرژیهای ۱/۱۷ و ۱/۳۳ میلیون الکترون ولت به عنصر Ni تبدیل می شود. عنصر سزیم با تابش یک پرتو بتا و پرتو گاما با انرژی ۶۶۲ کیلو الکترون ولت به باریوم تبدیل می شود. پرتوهای گامای توسط دستگاه آشکارساز، شمارش می گردند. در شکل زیر شماهای واپاشی مربوط به دو ماده رادیواکتیو مورد استفاده نشان داده شده است.



شکل ۲ نمودار واپاشی منابع رادیواکتیو کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷.

روش انجام آزمایش: دستگاه را روشن کرده و ولتاژ گاما کانتور را که ابتدا روی صفر باید باشد را روی ولتاژ ۷۰۰ ولت قرار می دهیم. با زدن دکمه CR دستگاه، شمارش پرتوهای زمینه که ناشی از پرتو کیهانی و منابع زمینی موجود در محیط آزمایشگاه است شروع شده و پس از زمان تعیین شده (۱۲۰ ثانیه)، دستگاه به طور اتوماتیک شمارش را متوقف خواهد کرد. چشمه ^{137}Cs را در جلو دریچه کانتور در فاصله ثابتی برای مدت زمان مناسبی جهت شمارش پرتوها قرار دهید. جاذب های سربی را بر اساس مقادیر ضخامت بیان شده در جدول صفحه بعد، بین چشمه و کانتور قرار دهید و هر بار به مدت ۱۲۰ ثانیه شمارش کنید. هر شمارش را دو بار انجام داده و میانگین بگیرید. میانگین شمارش های حاصله را از لحاظ پرتو زمینه تصحیح کنید. سپس همین آزمایش را برای ضخامت های مختلف از جنس آلومینیوم انجام داده و جداول مربوطه را کرده و منحنی تغییرات شمارش را برحسب ضخامت جاذب (inch) و یا ضخامت جرمی (یا دانسیته سطحی) که برحسب gr/cm^2 است روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کرده سپس ضریب تضعیف خطی و لایه نیم جذب را بدست آورید.

شمارش تصحیح شده	میانگین شمارش ها	شمارش دوم	شمارش اول	ضخامت سرب (inch)
				شمارش زمینه
				بدون جاذب
				۰/۱۲۵
				۰/۲۵۰
				۰/۳۷۵
				۰/۵۰۰
				۰/۶۲۵
				۰/۷۵۰
				۰/۸۷۵
				۱

سوالات:

۱) شیب منحنی ضریب تضعیف برای ^{137}Cs با استفاده از دو ماده آلومینیوم و سرب چه تفاوتی با هم دارند. مقدار عددی شیب را بدست آورید.

۲) HVL را برای ^{137}Cs در دو ماده مورد مطالعه بدست آورید.

بخش چهارم:

آزمایش های مربوط به صوت و فراصوت

بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و درمانی امواج فراصوت پزشکی

۹-۱ هدف آزمایش:

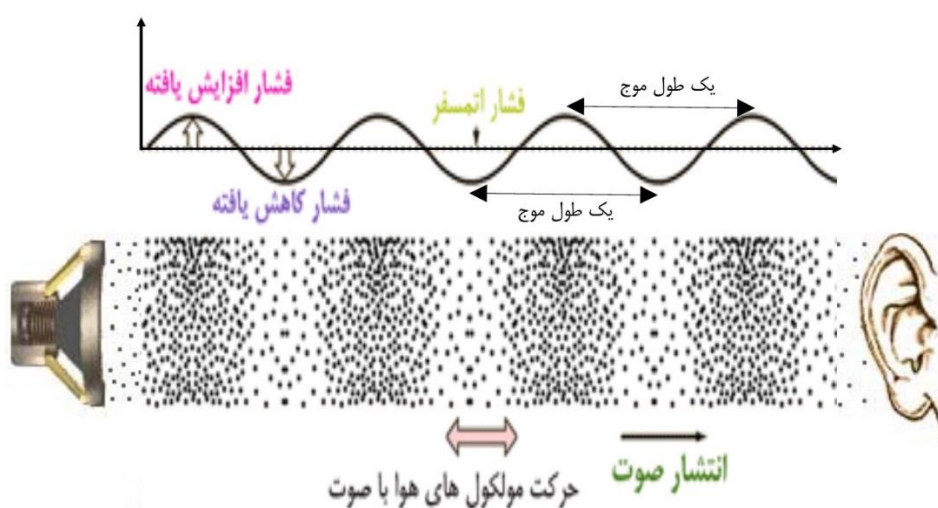
بررسی اثر تغییرات شدت و پالس بر روی حرکات ذرات آب، بررسی خاصیت حباب سازی امواج فراصوت در آب
بررسی خاصیت حرارتی امواج فراصوت در دو ماده آب و گلیسرین، بررسی خاصیت شیمیایی امواج فراصوت
قابلیت تشخیصی امواج فراصوت

۹-۲ وسایل مورد نیاز:

اسپیکر، ژنراتور، بشر کوچک، آب، ژل، دستگاه فراصوت، لوله آزمایش، گلیسرین، دماسنج، تتراکلریدکربن، یدیدپتاسیم، پیپت.

۹-۳ تئوری آزمایش:

صوت عبارت است از جابجایی ذرات جسم بصورت فشرده شدن و یا از هم باز شدن و در مجموع لرزش مکانیکی ماده موجب تولید صوت می گردد. امواج صوتی، فشار یا امواج مکانیکی هستند که باعث حرکت ذرات یک محیط از میان یا عرض موقعیتهای متوسط آنها می شوند. این حرکات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ انتشار صوت با نشان دادن نواحی فشرده و انبساط

یک منبع تولید امواج صوتی در فرکانس صوتی که تولید می نماید، مرتعش شده یا نوسان می نماید. ملکولهای هوای جلوی مولد بلافاصله در قسمت جلوی آن به همدیگر فشرده میگردند و تولید یک ناحیه هوا با چگالی بالا می نماید که بوسیله ناحیه ای کوچک با فشار بالا توصیف می گردد. در حرکت قسمت جلوی مولد بسمت عقب، یک ناحیه با چگالی ملکولی کاهش یافته تولید می شود که ناحیه انبساط یا ناحیه کم فشار را بیان می کند. ترسیم چگالی ذرات بر حسب تابعی از فاصله، الگوی موج را نمایش می دهد. حرکت ملکولهای صوتی توسط معادله موج زیر تعیین می شود.

$$A = A_0 \sin(2\pi ft) \quad (۱)$$

که در آن A دامنه موج در زمان t دامنه بیشینه، f فرکانس می باشد. امواجی که فرکانس آنها از حد شنوایی انسان فراتر است را امواج فراصوت^{۲۰} می نامند و اجسامی که قابلیت تولید فرا صوت را دارند بنام اجسام پیزوالکتریک می باشند. فرکانس شنوایی انسان بین ۲۰۰۰۰ ~ ۱۶ هرتز می باشد. همچنین امواجی که فرکانس این امواج از حد شنوایی انسان پایین تر است را امواج فرو صوت^{۲۱} می نامند. با توجه به پارامترهای فرا صوتی قابل اندازه گیری مانند طول موج، دامنه، فرکانس، پریود، سرعت، امپدانس، شدت موج فرا صوتی، رفتار موج در هر محیط و چگونگی استفاده از آن متفاوت خواهد بود.

دستگاه مولد امواج فراصوت:

تأثیر متقابل فشار مکانیکی و نیروی الکتریکی را در یک محیط اثر پیزو الکتریسته می گویند. بطور مثال بلورهای وجود دارند که در اثر فشار مکانیکی، نیروی الکتریکی تولید می کنند و برعکس ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سوی همین بلور و در همین راستا باعث فشرده گی و انبساط آنها می شود که ادامه دادن به این فشرده گی و انبساط باعث نوسان و تولید امواج می شود. مواد (بلورهای) دارای این ویژگی را مواد پیزو الکتریک می گویند. اثر پیزو الکتریسته فقط در بلورهایی که دارای تقارن مرکزی نیستند، وجود دارد. بلور کوارتز از این دسته مواد است و در داخل وسیله ای بنام ترانسدیوسر یا پروب برای ایجاد امواج فراصوت از آن استفاده می شود.

آثار بیوفیزیکی و فیزیولوژیکی آلتراساند:

در اثر جذب انرژی آلتراساند در بافت، ذرات حول موقعیت تقریبی خودشان دچار نوسان می شوند. این نوسان یا انرژی صوتی به انرژی گرمایی تبدیل شده که میزان آن متناسب با شدت آلتراساند است. اگر تمام این گرما بوسیله عوامل فیزیولوژیکی طبیعی جابجا نشود، گرمای موضعی افزایش می یابد و اثرات گرمایی در بافت ظاهر می شود، اگر مقدار گرمای جابجا شده برابر گرمای تولید شده باشد هیچ حرارتی در بافت ایجاد نشده و اثر ظاهر شده در بافت مربوط به اثرات غیر حرارتی امواج است. اثرات غیر حرارتی با استفاده از شدتهای کم و یا منقطع کردن (پالسی کردن) خروجی امواج آلتراساند بدست می آید.

(۱) آثار حرارتی^{۲۲}

برای اثرات درمانی مفید باید حرارت بافت را حداقل برای ۵ دقیقه بین ۴۰-۴۵ درجه بطور ثابت نگه داشته و از افت جلوگیری کرد. مزیت استفاده از آلتراساند برای ایجاد اثر گرمایی، گرم کردن تدریجی بافت کلاژن و نفوذ مؤثر این انرژی به ساختمانهای عمقی است. هر چند که ساختارهای جاذب آلتراساند موجود در مسیر عبور امواج صوتی، می توانند از رسیدن این امواج به بافتهای مورد نظر عمقی، جلوگیری کنند. میزان جذب بستگی به جنس، میزان خون رسانی بافت و فرکانس امواج دارد.

(۲) آثار غیر حرارتی^{۲۳}

یکی از آثار غیر حرارتی امواج فراصوت، پدیده حفره سازی (Cavitation) است. گازهای موجود در خون در اثر امواج آلتراساند می توانند بصورت حبابهای بسیار کوچک در حد یک میکرون درآیند. این حبابهای بسیار کوچک اگر انرژی کمی داشته باشند سودمند بوده، می توانند نفوذپذیری غشای سلولهای مجاور خود را تغییر بدهند. حبابهای با فشار زیاد انرژی، گرمای زیادی ایجاد کرده باعث افزایش رادیکالهای آزاد خون می گردند که خطرناک خواهد بود. پرهیز از ایجاد امواج ایستا بوسیله حرکت دادن اپلیکاتور روی پوست و نیز استفاده از امواج کم شدت یا منقطع، ایجاد این گونه حبابها را کم می کند.

امواج ایستا^{۲۴}: وقتی یک موج آلتراساند بین دو بافت با امپدانس صوتی متفاوت مثل استخوان و عضله، در حال عبور است درصدی از آن منعکس می شود و به موج های اصلی برخورد کرده و یک میدان امواج ایستا ایجاد می کند که دارای قله های (Peaks) با فشار زیاد است (Antinodes) که این قله ها با فواصل نیم موج از هم جدا هستند و در فواصل این قله ها مناطق بدون فشاری وجود دارد (Nodes). در مناطقی که دامنه امواج ترکیبی بسیار زیاد است، امکان افزایش حرارت موضعی مشخص وجود دارد. باید دانست که در صورت حرکت مداوم اپلیکاتور آلتراساند امکان ایجاد امواج ایستا منتفی است.

میکرو ماساژ مکانیکی: به هنگام فشردگی و انبساط محیط، امواج طولی فراصوتی روی بافت اثر می گذارند و باعث جابجایی آب میان بافتی و در نتیجه باعث کاهش ورم (تجمع آب میان بافتی در اثر ضربه به یک محل) می شوند.

آلتراساند منقطع (پالسی) و مداوم^{۲۵}: در مولدهای آلتراساند مداری تعبیه شده که جریان آلتراساند را در پالس های کوتاه، معمولاً ۲ میلی ثانیه برقرار می کند. استفاده از این نوع آلتراساند، شدت متوسط در زمان را کاهش داده و بنابراین مقدار انرژی موجود برای ایجاد گرما در بافت را کاهش می دهد. در نتیجه تراپیست می تواند مطمئن باشد که از انرژی آلتراساند پالسی صرفاً برای استفاده از اثر مکانیکی آن استفاده می شود و اثر گرمایی آن حذف شده است. بنابراین هنگام استفاده از آلتراساند منقطع می توان با اطمینان خاطر از شدت بیشتر آلتراساند روی بافت استفاده کرد، زیرا متوسط گرمای ایجاد شده در این روش بسیار کمتر است. لازم

^{۲۲} Thermal Effects

^{۲۳} Non – Thermal Effects

^{۲۴} Standing Waves

^{۲۵} Pulsed & continuous Ultrasound

به ذکر است نوع آلتراساند مداوم برای درمان بیماریهای عضلانی اسکلتی نظیر اسپاسم عضلانی، خشکی مفصلی و یا کاهش درد توصیه شده در حالیکه نوع آلتراساند منقطع ترجیحاً برای صدمات بافت نرم استفاده می شود. تعداد دفعاتی که کریستال در هر ثانیه پالس دهی یا بصورت الکتریکی تحریک می شود، فرکانس تکرار پالس (PRF) نام دارد.

کاربردهای غیر پزشکی فراصوت عبارتند از:

(۱) دریانوردی یا علوم نظامی در علمی بنام سونار Sonar که برای ردیابی زیر دریایی دشمن، اندازه گیری عمق آب و همچنین ماهیگیری و اهداف دیگر مورد استفاده قرار می گیرد.

(۲) در آزمایشگاه ها مانند استفاده از میکروسکوپهای آکوستیک اپتیک جاییکه تصویر برداری از قسمتهای عمیق جسم و مناطقی که نور قابلیت نفوذ ندارد، همچنین انجام هولوگرافی آکوستیک از اجسام ریز که تصویر برداری بصورت سه بعدی انجام می گیرد. برهمکنش امواج فراصوت با بافت: هنگامیکه امواج فراصوت به داخل بدن هدایت شوند، بر طبق خواص بافت با آن برهمکنش می نمایند. نتایج این برهمکنش در فراصوت تشخیصی بصورت امواج فراصوت بازتابیده ثبت می شوند. این نوع برهمکنش ها شبیه به رفتارهایی که در نور مشاهده می گردد می باشد. مانند: بازتابش، شکست، پراکندگی، تفرق، واگرایی، تداخل و جذب که تمام این تاثیرات باعث کاهش شدت پرتو فراصوت در بدن می شود که تضعیف نامیده می شود.

سرعت امواج فراصوت: سرعتی است که موج در محیط منتشر می گردد که به چگالی محیط و تراکم پذیری آن بستگی دارد. در این رابطه، ρ چگالی ماده و K ضریب تراکم پذیری ماده است

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho K}} \quad (2)$$

امپدانس صوتی و روش محاسبه آن: حاصلضرب چگالی ماده ρ در سرعت امواج فراصوت c در ماده نشان دهنده امپدانس صوتی آن ماده می باشد که به شکل رابطه زیر بدست می آید:

$$Z = \rho c \quad (3)$$

این کمیت، اندازه مقاومت در مقابل عبور امواج فراصوت و شبیه به مقاومت الکتریکی در برابر حرکت الکترونها در داخل رسانا می باشد. واحد امپدانس صوتی، کیلوگرم بر مترمربع بر ثانیه ($\text{Kg/m}^2/\text{s}$) یا ریل (Rayl) نام دارد. مواد با چگالی بالا، سرعت صوت بالا و بنابراین امپدانس صوتی بالایی دارند.

ضریب بازتابش: زمانی که صوت از یک محیط وارد محیط دیگری می شود، به علت تغییر امپدانس محیط، قسمتی از آن بازتابش می شود. میزان بازتابش به امپدانس دو محیط بستگی دارد. ضریب بازتابش بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\%R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \times 100$$

%R ضریب بازتابش، Z_1 و Z_2 به ترتیب امپدانس صوتی محیط اول و دوم می باشد.

لایه های تطبیق امپدانس: تطبیق امپدانس فراصوتی مبدل با جسم اسکن شده یا تحت تابش، عامل است که بر حساسیت تاثیر می گذارد. امپدانس فراصوتی بلور ۱۰.۵×۳۰ در مقایسه با بافت نرم $۱.۵ \times ۱/۶$ بزرگ هست که منجر به بازتابش بزرگی در مرز مشترک مبدل-بافت طبق رابطه بالا می شود و تنها بخش کوچکی که از رابطه زیر بدست می آید وارد بافت می شود.

$$\%T = 100 - \%R \quad (۵)$$

وارد کردن مواد جلویی یا لایه های تطبیق بین مبدل و بافت با استفاده از ژل این مشکل را تا حد زیادی از بین می برد.

شدت فراصوت: مقدار انرژی که از سطح مقطع یک ماده (واحد سطح) در هر ثانیه جاری می شود. در فراصوت افزایش شدت به مفهوم فشرده شدن ذرات در نواحی فشرددگی، افزایش فشار صوتی و افزایش اندازه نوسانات ذرات می باشد. برای شدت امواج فراصوت W/cm^2 ، mW/cm^2 یا $\mu W/cm^2$ بکار می رود. شدت پرتو فراصوت متناسب با مربع دامنه فشار، دامنه جابجایی ذره یا دامنه سرعت ذره می باشد. برای شدت لحظه ای شدت از رابطه زیر بدست می آید:

$$I = \frac{P_i^2}{\rho c} \quad (۶)$$

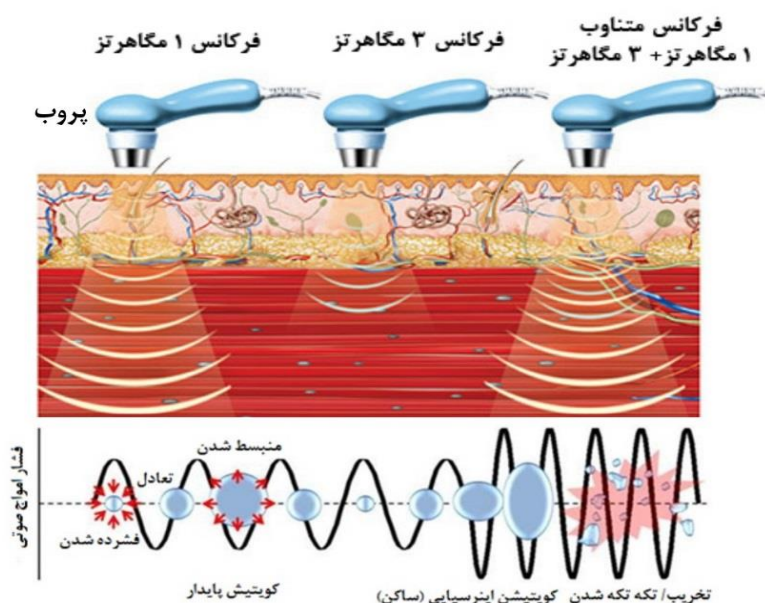
که در آن، P_i فشار صوتی لحظه ای، ρ چگالی و c سرعت امواج فراصوت می باشد.

روش های اعمال آلتراساند

(۱) درمان به روش تماس مستقیم^{۲۶}: در این روش که شایعترین شیوه اعمال آلتراساند است هد درمانی به کمک یک ماده واسطه بر روی پوست قرار می گیرد. بدلیل عبور نکردن امواج آلتراساند از هوا باید بین اپلیکاتور و پوست عاری از هوا باشد، زیرا علاوه بر اینکه وجود هوا شدت امواج انتقال یافته به بدن را کاهش می دهد، بدلیل انعکاس امواج از هوا به اپلیکاتور، اپلیکاتور گرم شده و عمر مفید کریستال آن کاهش خواهد یافت، به همین دلیل باید بین اپلیکاتور و پوست از یک ماده واسطه که قابلیت عبور امواج صوتی را داشته باشد استفاده کرد.

(۲) درمان زیر آب^{۲۷}: اگر سطح ناحیه مورد درمان شکل نامنظمی داشته باشد (ناصاف باشد) امکان تماس مطلوب بین پوست و هد درمانی مشکل است، بنابراین در این حالت از درمان زیر آب استفاده می شود. برای این منظور اندام مورد درمان را در ظرف پر از آب قرار دهید. هد درمانی را درون آب فرو کنید و در فاصله مطلوب از سطح ناحیه مورد درمان نگه دارید. دقت نمایید که بر روی پوست ناحیه مورد درمان و سطح هد درمانی، حباب هوا وجود نداشته باشد، (از آب جوشیده ولرم استفاده کنید). در صورت وجود حباب، آنها را از روی سطح پاک کنید.

(۳) درمان با استفاده از بالشتک آب^{۲۸}: روش دیگر کاربرد آلتراسوند روی سطوح نامنظمی که نمی توان آنها را داخل ظرف آب قرار داد، استفاده از کیسه پلاستیکی پر از آب است که بصورت بالشتکی از آب بین اپلیکاتور و پوست قرار می گیرد قبل از گره زدن کیسه، تمام حبابهای هوای قابل مشاهده را باید با فشردن کیسه خارج کرد. ماده واسطه باید روی سطح کیسه، پوست و سر اپلیکاتور بخوبی مالیده شود. بعضی از محققین معتقدند که شدت خروجی را باید حدود ۵۰٪ بیش از شدت لازم برای درمان با روش تماس مستقیم انتخاب کرد.



شکل ۲ انتشار امواج فراصوت در بافت و نحوه آسیب یا تاثیر آن بر بافت

مشخصات دستگاه فراصوت آزمایشگاه فیزیک پزشکی:

دستگاه فرا صوت بنام BTL-4000 یک دستگاه درمانی است. دستگاه مورد استفاده مولد امواج فراصوتی در آزمایشگاه یک دستگاه درمانی است که با برق شهر ولتاژ ۲۲۰ و فرکانس ۵۰~۶۰ هرتز کار می کند اما فرکانس فراصوت تولید شده در این دستگاه ۱/۳ مگا

هرتز می باشد. دستگاه توانایی تولید فراصوت یک پالسی (پیوسته) و چند پالسی را در شدت های ۱ تا ۳ وات بر سانتی متر مربع را دارد. این دستگاه قابلیت برنامه ریزی برای درمان بیماریهای مختلف و همچنین برنامه ریزی دستی را دارد. در تمام این برنامه ها مدت زمان پالس دهی ۳ دقیقه در نظر گرفته شده است.

۱. شدت ۱ وات بر سانتی مترمربع و تعداد پالس ۱۰ تحت عنوان کد ۸۰۰۶ ذخیره شده است.
۲. شدت ۱ وات بر سانتی مترمربع و تعداد پالس ۵۰ تحت عنوان کد ۸۰۰۷ ذخیره شده است.
۳. شدت ۲ وات بر سانتی مترمربع و تعداد پالس ۱۰ تحت عنوان کد ۸۰۰۸ ذخیره شده است.
۴. شدت ۲ وات بر سانتی مترمربع و تعداد پالس ۵۰ تحت عنوان کد ۸۰۰۹ ذخیره شده است.



شکل ۳ دستگاه فراصوت برای کاربردهای درمانی

دستگاه سونوگرافی تشخیصی:

DP-6600 موجود در آزمایشگاه، یک سیستم سونوگرافی قابل تشخیص دیجیتالی قابل حمل است که دارای تصویربرداری سیاه و سفید است.



شکل ۴ دستگاه سونوگرافی تشخیصی موجود در آزمایشگاه فیزیک پزشکی

قسمت اول آزمایش:

بررسی اثر تغییرات شدت و پالس بر روی حرکات ذرات آب

روش انجام آزمایش: مقداری آب در داخل بشر کوچکی ریخته (طوری که سرریز نشود) و بر روی پروب می ریزیم. با مشاهده دقیق، حرکات ذرات آب را در دو وضعیت امواج ۱۰ و ۵۰ پالسی با شدت ۱ و ۲ وات بر ساتی متر مربع یادداشت می کنیم. مدت زمان پالس دهی را ۳ دقیقه انتخاب می کنیم.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی خاصیت حباب سازی امواج فراصوت در آب

روش انجام آزمایش: در یک لوله آزمایش تا مقدار معینی آب می ریزیم و تشکیل حبابها را از پایین لوله بطرف سطح آب مشاهده می کنیم. در شدت 2 W/cm^2 و ۱۰ و ۵۰ پالسی تغییرات مربوط به اندازه و تعداد و سرعت حباب ها را مشاهده و نتایج را یادداشت کنید.

قسمت سوم آزمایش:

بررسی خاصیت حرارتی امواج فرا صوت در دو ماده آب و گلیسرین

روش انجام آزمایش: در دو لوله آزمایش جداگانه و یکسان از لحاظ جنس و حجم و شرایط محیطی از دو مایع آب و گلیسرین به یک اندازه (هم جرم) ریخته و آزمایش را با شدت ۲ و زمان ثابت ۳ دقیقه انجام می دهیم. نتایج را مطابق جدول برای امواج پیوسته و ناپیوسته یادداشت می کنیم.

تغییرات درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$) بعد از دریافت امواج فراصوتی با شدت یکسان و تعداد پالس متفاوت

مواد مورد آزمایش	۱۰ پالس	۵۰ پالس
آب		
گلیسرین		

قسمت چهارم آزمایش:

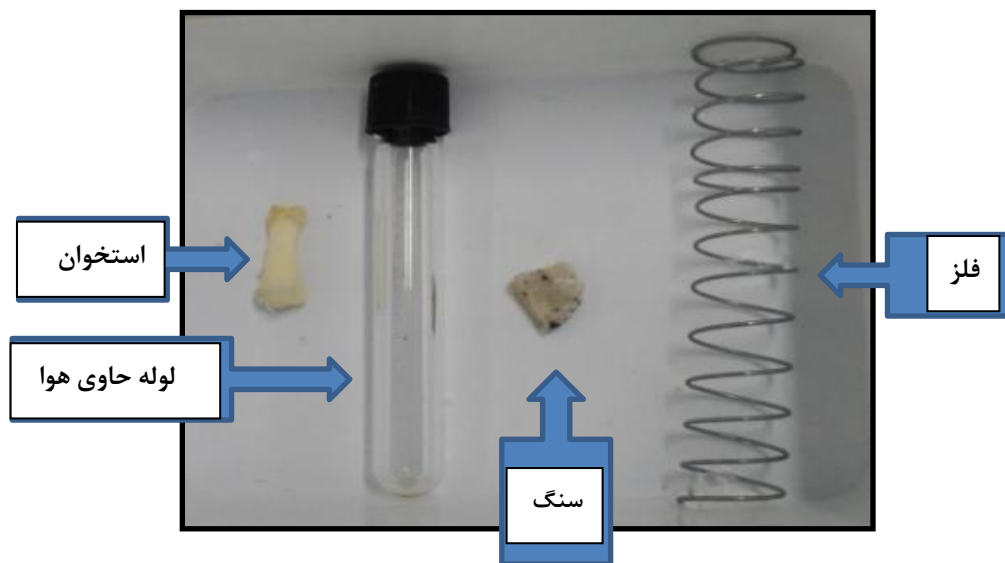
بررسی خاصیت شیمیایی امواج فراصوت

روش انجام آزمایش: مقداری آب در یک لوله آزمایش ریخته (تا ارتفاع دو سانتی متر) و یک قاشق یدید پتاسیم به آن اضافه می کنیم و آن را به هم میزنیم تا یدید پتاسیم کاملاً در آب حل شود سپس توسط پیت چند قطره تتراکلریدکربن به آن اضافه می کنیم که بصورت یک فاز جداگانه در ته لوله دیده می شود. تغییرات مشاهده شده را قبل از فراصوت و بعد از آن یادداشت نموده و فرمول مربوط به انحلال دو ماده را بنویسید. فراصوت را با شدت $2 \text{ و } 10 \text{ w/cm}^2$ پالسی به لوله آزمایش اعمال می کنیم تا زمانی که تغییرات شیمیایی مشخص آغاز شوند.

قسمت پنجم آزمایش:

کاربرد تشخیصی امواج فراصوت

روش انجام آزمایش: در این بخش استاد مربوطه با استفاده از دستگاه سونوگرافی، خواص تشخیصی امواج فراصوت را بر روی فانتوم حاوی چندین نمونه نمایش می دهد. مشاهدات خود را یادداشت نمایید.



شکل ۵ تصویری از مواد موجود در داخل فانتوم آب

سوالات:

- (۱) دلیل اختلاف تصاویر سونوگرافی حاصل از مواد مختلف چیست؟ توضیح دهید.
- (۲) با توجه به تصاویر سونوگرافی از فانتوم، بهترین و بدترین بافت ها برای تصویر کدام بخش های بدن هستند؟
- (۳) تاثیر فراصوت بر روی تتراکلریدکربن را چگونه مشاهده می شود؟
- (۴) حل شدن دو ماده تتراکلریدکربن و یدید پتاسیم را از نظر تغییرات ظاهری چگونه است؟
- (۵) کاربرد این خاصیت فراصوت را ذکر کنید.
- (۶) آیا تفاوت گرمایی در شدت 2 w/cm^2 برای آب محسوس است؟
- (۷) آیا تفاوت بین امواج ۱۰ و ۵۰ پالسی در تغییرات حرارتی ماده وجود دارد؟
- (۸) تفاوت گرمایی بین آب و گلسیرین را چگونه مقایسه می کنید.
- (۹) تغییرات در امواج ۱۰ و ۵۰ پالسی را چگونه ارزیابی می کنید؟
- (۱۰) آیا وجود خاصیت کاویتاسیون خطر ساز بودن استفاده از امواج فراصوت را موجب می گردد؟
- (۱۱) نوع حرکات امواج ۱۰ و ۵۰ پالسی با افزایش شدت چگونه است؟
- (۱۲) فرق بین حرکات در امواج ۱۰ و ۵۰ پالسی چیست؟

آزمایش شماره ۱۰

بررسی فیزیک امواج صوتی

۱-۱۰ هدف آزمایش:

- بررسی رابطه شدت فرکانس امواج صوتی با زیر و بمی صدا
- بررسی رابطه شدت امواج صوتی با فاصله
- بررسی تشدید به وسیله دیافازون و لوله های صوتی

۲-۱۰ وسایل مورد نیاز:

اسپیکر، ژنراتور، صوت سنج، خط کش، سرنگ حاوی آب، لوله شیشه ای، پایه فلزی، دیافازون، کوبه لاستیکی

۱۰-۳ تئوری آزمایش:

اگر با دو دست یک لاستیک را بکشیم طول لاستیک زیاد می‌شود یا به سخن دیگر، لاستیک کش می‌آید. علت این موضوع آن است که فاصله بین مولکولها در قسمتهای میانی لاستیک زیاد شده و مولکولها بین دو سر لاستیک زیاد شده و مولکولها به طرف دو سر لاستیک کشانده می‌شوند و در نتیجه فاصله میان مولکولها در دو سر لاستیک کم می‌شود. بدین ترتیب در قسمت میانی لاستیک رقت مولکولی و در دو سر آن تراکم مولکولی ایجاد می‌شود. اکنون اگر دو سر لاستیک را رها کنیم مولکولها دوباره به جای اولیه خود بر می‌گردند. هوا نیز دارای همین خاصیت ارتجاعی است، منتهی به مراتب بیشتر از لاستیک. هر رقت و تراکم مولکولی در هوا موجب رقت و تراکمهای دیگر می‌گردد. بدین معنی که، هنگامی که یک لایه از مولکولهای هوا به جلو رانده می‌شود این لایه به نوبه خود لایه دیگری را به جلو می‌راند و خود به حال اول بر می‌گردد. لایه جدیدی نیز لایه دیگری را، و به همین ترتیب این عمل بارها و بارها تکرار می‌گردد تا انرژی به پایان برسد. آوا یا صوت از ارتعاش مولکولهای هوا حاصل می‌شود. ارتعاش یعنی حرکت مولکولهای هوا از جای خود در مسیر معین و بازگشت آنها به جای اولیه. این پدیده فیزیکی را اصطلاحاً موج می‌نامیم. امواج صوتی، امواج مکانیکی طولی هستند. این فیزیک امواج می‌تواند در جامدات، مایعات و گازها منتشر شوند. ذرات مادی منتقل کننده این فیزیک امواج، در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند. موج صوتی دارای مولفه های است، از قبیل فرکانس، طول موج، دامنه و غیره.

بسامد یا فرکانس (f یا ν): بسامد به تعدادی حرکت نوسانی کامل (یک دوره تناوب) در مدت زمان معین گویند. اگر زمان این نوسانها را یک ثانیه در نظر بگیریم تعداد شان با واحد هرتز (Hz) نشان داده می‌شود. هر چه بسامد صوتی کمتر باشد صدا بم تر و هر اندازه که بسامد بیشتر باشد صدا زیرتر شنیده می‌شود. انسان قادر است صداهای تولید شده در محدوده ی فرکانسی ۲۰ Hz تا ۲۰ k Hz را بشنود.

سرعت پیشروی (c): سرعت انتشار موج در فضا را سرعت موج می‌گویند و برحسب متر بر ثانیه [m/s] بیان می‌شود.

طول موج (λ): فاصله ای که یک نوسان کامل طی می‌کند و واحد آن متر است. هر چه این طول کمتر باشد صدای حاصل زیرتر و هر چه بلندتر باشد صدا بم تر است.

$$\lambda = c/\nu \quad (۱)$$

تناوب (T): زمانی که یک نوسان کامل طول می‌کشد.

$$T = 1/\nu \quad (۲)$$

دامنه موج (A): ارتفاع موج های صوتی را دامنه گویند. حداکثر مسافتی که موج از وسط تا قله یا تو رفتگی طی می‌کند. دامنه هر چه کوتاهتر باشد شدت صدای ایجاد شده کمتر است، و هر چه دامنه موج بیشتر باشد صدا بلندتر است.

شدت صوت (I): انرژی ای که در واحد زمان از واحد سطح محیط که بر راستای انتشار موج عمود است می گذرد شدت صوت نامیده می شود و واحد آن w/m^2 است.

$$I = E/At = P/A \quad (۳)$$

تراز شدت صوت (β): لگاریتم (در پایه ده) نسبت شدت آن صوت به صوت مبنا ($I_0 = 10^{-12} w/m^2$). حاصل این تقسیم نشان می دهد که شدت صوت موردنظر چند برابر کمترین شدت لازم برای شنیدن صوتی با بسامد ۱۰۰۰ Hz است (چون گوش انسان نسبت به گستره وسیعی از شدت ها حساس است لذا از آن لگاریتم در پایه ۱۰ گرفته می شود).

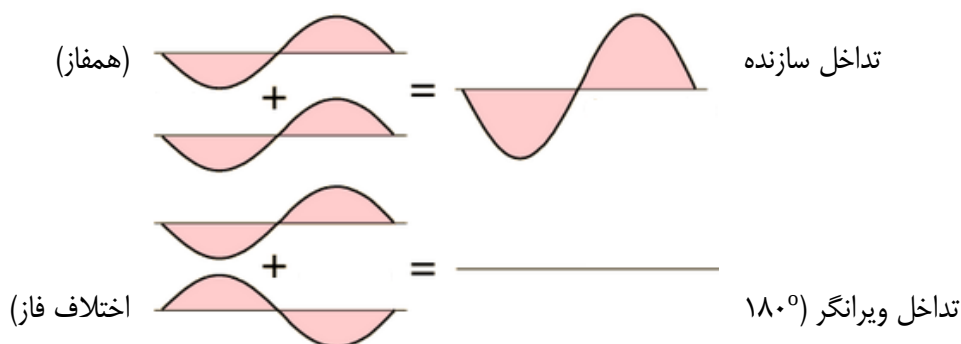
$$\beta = K \text{Log } I/I_0 \quad (۴)$$

K مقداری است ثابت که اگر $K=1$ باشد واحد β (بل) است و اگر $K=10$ باشد β (برحسب دسی بل) است.

فیزیک امواج مکانیکی طولی در گستره وسیعی از بسامدها به وجود می آیند و در این میان بسامدهای فیزیک امواج صوتی در محدوده ای قرار گرفته اند که می توانند گوش و مغز انسان را برای شنیدن تحریک کنند (گستره شنیده شدنی: ۲۰ هرتز تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز). فیزیک امواج مکانیکی طولی را که بسامدشان زیر گستره شنیده شدنی باشد امواج فرو صوتی، و آنهایی که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج فراصوتی گویند. فیزیک امواج فروصوتی، معمولاً توسط چشمه های بزرگ تولید می شوند. امواج زمین لرزه ای از آن جمله اند. بسامدهای بالای مربوط به فیزیک امواج فراصوتی را می توان به وسیله ارتعاشات کشسان یک بلور کوارتز که بر اثر تشدید با یک میدان الکتریکی متناوب در بلور القا شده است، ایجاد کرد.

علاوه بر آزمایش های مربوط به هوا، جامدات و مایعات نیز برای صوت ناقل خوبی هستند. هر کس می داند که با گذاشتن گوش خود به زمین می تواند حرکت عابری پیاپی و چهارپایان را از مسافت نسبتاً زیادی بشنود. همچنین اگر گوش خود را به ریل راه آهن بچسبانیم حرکت قطار را ممکن است از چندین کیلومتر بشنویم. خاصیت انتقال صوت در جامدات و مایعات قویتر از خاصیت مزبور در گازها می باشد. امواجی که همزمان در یک محیط منتشر می شوند، می توانند با هم جمع شوند. برحسب اینکه رابطه بین دامنه، بسامد و فاز این امواج چگونه باشد، پدیده های متفاوتی رخ خواهد داد که در ادامه به شرح آنها می پردازیم:

تداخل: تداخل دو موج سینوسی هم دامنه و هم بسامد می تواند سازنده باشد یا ویرانگر.



شکل ۱ تداخل سازنده و ویرانگر امواج

موج ایستا: زمانی پدید می آید که دو موج یکسان که در خلاف جهت هم حرکت می کنند با هم جمع شوند. موج ایستا معمولاً از ترکیب یک موج با بازتابش خودش تشکیل می شود.

ضربان یا زنش: از تداخل دو موج با دامنه یکسان و بسامد اندکی متفاوت ایجاد می شود. این نامگذاری به خاطر صدایی است که از زنش امواج صوتی به گوش می رسد زیرا یکی از موجها سریعتر از موج دیگر حرکت می کند، بنابراین قسمتی از موج به صورت سازنده برهم نهاده می شود و قسمت دیگر به صورت ویرانگر.

تشدید: اگر هوای داخل لوله صوتی بسته را با یک دیافراگم به ارتعاش درآوریم، صوتی با بسامد معین در لوله ایجاد می شود. هنگامی که طول لوله را به وسیله ای تغییر دهیم برای طول های معینی این صوت تشدید می گردد. در واقع چنانچه فرکانس دیافراگم برابر فرکانس صوت اصلی یا برابر فرکانس هارمونیک های صوت اصلی باشد و یا طول لوله مضرب صحیحی از $\lambda/4$ گردد، هوای داخل لوله صوتی به حالت تشدید در می آید. دامنه ارتعاش زیاد شده و صدای بلندی شنیده خواهد شد.

پراش: امواج هنگام برخورد با موانعی که نسبت به طول موجشان کوچک هستند، خم می شوند. این پدیده را پراش می نامند.

اثر داپلر: هرگاه گیرنده ای به سمت یک منبع ساکن که از خود موج صوتی می فرستد برود، بسامد صوتی که می گیرد بیشتر از وقتی است که نسبت به منبع ساکن باشد (شنونده صدا را زیرتر می شنود) و اگر از منبع صوت دور شود، موجی را با بسامد کمتر می گیرد (شنونده صدا را بم تر می شنود). اگر منبع موج نیز از گیرنده دور یا به او نزدیک شود، بسامد صوتی که شنونده می شنود نیز به ترتیب کمتر و یا بیشتر می شود. اثر داپلر در فیزیک امواج می گوید که بسامد ظاهری یک موج بر اثر حرکت فرستنده یا گیرنده آن تغییر می کند. اگر بسامد موج تولید شده در منبع f_s باشد و سرعت شنونده و منبع به ترتیب v_0 و v_s باشد، بسامد موجی که شنونده می شنود f_0 ، از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$f_0 = f_s [(v \pm v_0)/(v \pm v_s)] \quad (6)$$

قسمت اول آزمایش:

بررسی رابطه شدت فرکانس با زیر و بمی صدا

روش انجام آزمایش: با اتصال ژنراتور به یک اسپیکر، امواجی با فرکانس های به ترتیب ۲۰۰ هرتز و ۱،۲ و ۱۰ کیلو هرتز ایجاد کرده و صداهای حاصله را با هم مقایسه کنید.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی رابطه شدت امواج صوتی با فاصله

روش انجام آزمایش: شدت صوت با مربع فاصله از چشمه صوت نسبت وارون دارد، بنابراین اگر شدت صوت در فاصله D_1 از چشمه صوت برابر I_1 و در فاصله D_2 برابر I_2 باشد میتوان نوشت:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (7)$$

با اتصال ژنراتور به یک اسپیکر، امواجی با فرکانس های به ترتیب ۱، ۲ و ۱۰ کیلو هرتز ایجاد کرده و برای آشکار کردن امواج، از یک صوت سنج استفاده کنید. در حالیکه صوت سنج را از اسپیکر دور می کنید مقادیر ترازهای شدت صوت را برای فاصله های مختلف در جدول صفحه بعد یادداشت کنید.

فرکانس (KHz)	فاصله (cm)							
	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۵۰	۱۰۰
۱								
۲								
۱۰								

قسمت سوم آزمایش:

بررسی تشدید به وسیله دیافازون و لوله های صوتی

روش انجام آزمایش:

بار اول) یک دیافازون را در دست گرفته و با کوبه لاستیکی آن را به ارتعاش در آورید، ملاحظه خواهید کرد که صدای ارتعاش ضعیفی از دیافازون به گوش می رسد. در حالی که دیافازون در حال ارتعاش است آن را از روی جعبه تشدید در جای خود بگذارید. صدای دیافازون تغییر می کند. علت را بیان کنید.

بار دوم) دو دیافازون هم فرکانس را بر روی جعبه های خود قرار داده و جعبه ها را (از طرف بازشان) در مقابل هم قرار دهید و با کوبه لاستیکی یکی از آن ها را به ارتعاش در آورید. در این حال سریعاً با دست شاخه های این دیافازون مرتعش را بگیرید تا دیگر نوسان نکند. در این صورت ملاحظه خواهید کرد که دیافازون هم فرکانس دوم با دامنه بسیار کم ارتعاش می کند بی آنکه به شاخه های آن ضربه ای وارد شده باشد. علت را بیان کنید.

بار سوم) لوله شیشه ای را به وسیله پایه فلزی به طور قائم قرار دهید و لوله لاستیکی را از یک طرف به سرنگ حاوی آب وصل کنید. اسپیکری را به ژنراتوری با فرکانس های مشخص وصل کرده و در دهانه لوله قرار دهید. ارتفاع آب را تغییر دهید تا با اسپیکر به تشدید درآید. در این موقع صدا شدیدتر شنیده می شود. چون برای نخستین بار عمل رزونانس رخ داده است از این رو انتهای لوله شیشه ای (سطح آب) محل گره است و تنها یک شکم نیز در دهانه لوله قرار دارد. طول لوله را در این هنگام L_1 را یادداشت کنید. به همین ترتیب با تکرار آزمایش و پایین آوردن سطح آب در لوله تا جایی که امکان دارد تشدید های دوم و سوم و ... را پیدا کنید. در حالت تشدید در لوله های بسته، در قسمت بسته گره و در قسمت باز شکم به وجود می آید. با توجه به نکات فوق شرط تشدید در لوله های بسته برابر است با:

$$L = (2k-1)\frac{\lambda}{4} \quad (8)$$

که در آن λ طول موج و k عدد صحیح (تعداد تشدید) است. با استفاده از لوله های بسته و تشکیل تشدید در آنها می توان سرعت صوت را در هوا اندازه گرفت. برای این کار از رابطه بین سرعت صوت در گازها با فرکانس صوت f و طول موج آن استفاده می کنیم.

$$(v = \lambda f) \quad (9)$$

اگر در این رابطه λ (طول موج منتشر شده) و فرکانس آن معلوم باشد، سرعت صوت در هوا بدست می آید.

سرعت صوت	طول موج	L_4 (cm)	L_3 (cm)	L_2 (cm)	L_1 (cm)	فرکانس (KHz)
						۱
						۲

سوالات:

- ۱) مقیاس دسی بل و صوت مبنا را بطور کامل شرح دهید.
- ۲) شباهتها و اختلاف کانال گوش با لوله صوتی چیست و چه نتایج دارد؟
- ۳) چگونه می توانم در لوله صوتی، موج ایستاده تشکیل دهیم؟
- ۴) تراز صوتی گفتگوی درگوشی دو نفر برابر 20 dB می باشد. شدت صوت گفتگو درگوشی را بدست آورید.
- ۵) نتایج هر یک از سه قسمت آزمایش را بیان کنید.

بخش پنجم:

آزمایش مربوط به حرارت

تعیین ارزش آبی کالریمتر و اندازه گیری گرمای نهان ذوب یخ

۱-۱ هدف آزمایش:

تعیین ارزش آبی کالریمتر، تعیین گرمای نهان ذوب

۱-۲ وسایل مورد نیاز:

کالریمتر، ترازوی دیجیتالی، دماسنج $^{\circ}\text{C}$ ۱۰۰، بشر، آب $^{\circ}\text{C}$ ۶۰~۵۰، آب $^{\circ}\text{C}$ ۵۰~۳۰، یخ، هیتر.

۱-۳ تئوری آزمایش:

گرما و کار دو روش برای تبادل انرژی میان یک سیستم و محیط آن هستند. همه جانداران کار انجام می دهند و گرما تولید می کنند. هنگام شنا کردن، پرواز کردن، حتی زمانی که خون به درون رگ های بدن پمپ می شود، کار انجام می شود. گرمای پوست و ریه ها به وسیله فرایند های تبخیر، رسانش و تابش خارج می شود. این ها سه روش اصلی انتقال حرارت می باشند. بنا به اصل پایستگی انرژی، جانداران باید بطور پیوسته با خوردن غذا این تلفات انرژی را جبران کنند. حس لامسه ساده ترین وسیله برای تشخیص اجسام گرم از اجسام سرد است. با لمس کردن میتوان اجسام را به ترتیب گرمتر بودنشان مرتب کرد. این روش برای تعیین دمای یک جسم روشی است ذهنی و برای مقاصد علمی چندان مفید نیست چرا که ارتباط مستقیمی به توانایی رسانش گرمایی جسم دارد.

تعادل گرمایی:

دو جسم یکسان A و B را که در دست به ترتیب سرد و گرم احساس می شوند را در تماس با یکدیگر قرار می دهیم، پس از گذشت زمان کافی از A و B احساس دمای یکسانی خواهیم داشت که در اینصورت گفته می شود که A و B در تعادل گرمایی هستند. برای آزمودن منطقی و عملی تعادل گرمایی بین دو جسم، باید از جسم آزمون سومی مانند «دماسنج» استفاده کرد. این امر در یک اصل موضوع که غالباً قانون صفرم ترمودینامیک نامیده می شود، چنین خلاصه شده است:

قانون صفرم ترمودینامیک:

اگر A و B هر کدام با جسم سومى مانند C (دماسنج) در تعادل گرمایی باشند، با یکدیگر نیز در تعادل گرمایی خواهند بود. به عبارت ساده تر می توان گفت که هر گاه دو سیستم که دماهای متفاوتی دارند با هم تماس داده شوند، دمایی که هر دو نهایتاً به آن می رسند مقداری خواهد بود بین دماهای اولیه آنها که این یک مشاهده روزمره است. لازم به توضیح است که بسیاری از خواص فیزیکی سنجش پذیر می توانند در ساختن یک دماسنج، یعنی بوجود آوردن یک مقیاس خصوصی دما بکار روند. چنین مقیاس دمایی را با انتخاب یک ماده دماسنجی بخصوص و استفاده از خاصیت دماسنجی خاصی از این ماده، ایجاد می کنیم. سپس این مقیاس دمایی را توسط یک رابطه فرضی یکنواخت و پیوسته بین خاصیت دماسنجی انتخاب شده و دمای اندازه گیری شده با مقیاس خصوصی تعریف می کنیم. برای مثال ماده دماسنجی ممکن است مایعی باشد در یک لوله موئین شیشه ای، و خاصیت دماسنجی می تواند طول ستون مایع باشد.

گرما:

گرما نوعی از انرژی است که فقط در اثر اختلاف «دما» بین یک سیستم و محیط اطرافش مبادله می شود. برای اندازه گیری گرما میتوان از کیلوکالری (Kcal) یا کالری (Cal) استفاده کرد که کیلوکالری عبارتست از مقدار گرمای داده شده به یک کیلوگرم آب برای افزایش دمای آن از ۱۴/۵ به ۱۵/۵ درجه سلسیوس. در سیستم های مهندسی، یکای بریتانیایی گرما را بکار می برند که طبق تعریف عبارت است از گرمای لازم برای افزایش دمای یک پوند آب از ۶۳ به ۶۴ درجه فارنهایت.

ظرفیت گرمایی:

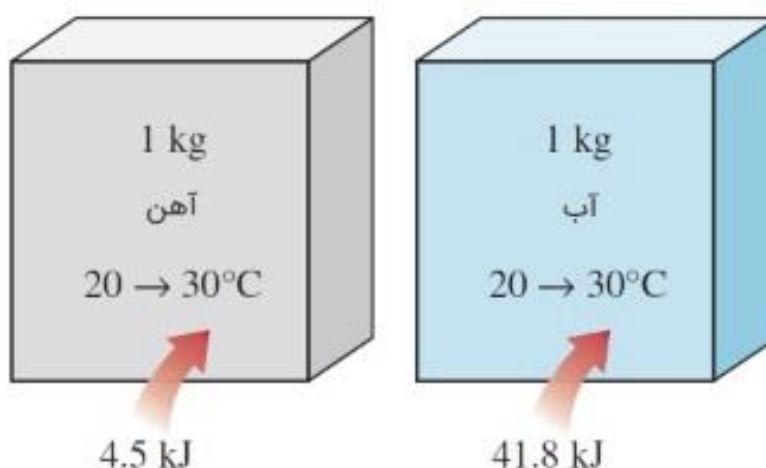
اثر عادی گرما بر اجسام تغییر دمای آنهاست. اگر اجسامی با جرم و جنس های گوناگون گرمای مساوی دریافت کنند دمای آنها به یک اندازه بالا نمی رود بلکه میزان افزایش دمای اجسام در اثر گرما به جنس و جرم آنها وابسته است، اما برای هر جسم (هر مقدار معین از ماده) نسبت گرمای مبادله شده به تغییر دمای ایجاد شده در آن مقداری است ثابت وابسته به جنس و جرم آن جسم که آن را ظرفیت گرمایی جسم می نامند. در نتیجه مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای چند جسم به یک اندازه، بستگی به جنس جسم دارد و برای همه آنها یکسان نیست. نسبت مقدار انرژی گرمایی (ΔQ) که به یک جسم داده می شود، بر افزایش دمای متناظر آن (ΔT) را ظرفیت گرمایی (C) آن جسم می نامند:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \left(\frac{J}{C^{\circ}} \right) \text{ or } \left(\frac{Cal}{C^{\circ}} \right) \quad (2)$$

بنابراین ظرفیت گرمایی یک جسم (مقدار معینی ماده) برابر است با گرمای لازم برای آنکه دمای آن ماده را یک درجه سانتی گراد افزایش دهد بدون آنکه تغییر شیمیایی یا تغییر حالت فیزیکی در آن ماده ایجاد شود. ظرفیت گرمایی یک کمیت شدتی است یعنی به مقدار جسم وابسته است. مفهوم ظرفیت گرمایی فقط در مواردی به کار می رود که مبادله گرما با سیستم تنها باعث تغییر دمای سیستم شود و در مواردی که تغییر فاز ایجاد می شود، به کار نمی رود. ظرفیت گرمایی به جنس، حالت فیزیکی، نیروهای بین مولکولی، شبکه کریستالی، دما و جرم مولی یک ماده وابسته است.

ظرفیت گرمایی ویژه:

به این مثال توجه کنید. برای اینکه دمای یک کیلوگرم آهن از 20°C به 30°C تغییر کند، به $4/5 \text{ KJ}$ انرژی نیاز است. ولی اگر بخواهیم دمای یک کیلوگرم آب را به همین اندازه افزایش دهیم، به گرمایی در حدود نه برابر بیشتر (42 KJ) نیاز خواهیم داشت. بنابراین، نیاز به پارامتری وجود دارد که ضمن توضیح دلیل این تفاوت، ما را قادر سازد تا مقدار انرژی ذخیره شده در ماده‌های گوناگون را با هم مقایسه کنیم. از این رو مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه^{۲۹} توسط دانشمندان معرفی گردید. گرمای ویژه به صورت «انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک کیلوگرم از یک ماده به اندازه یک درجه»، تعریف می‌شود.



شکل ۱ مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه

در حالت کلی، مقدار این انرژی به چگونگی انجام فرآیند بستگی دارد. در علم ترمودینامیک، دو نوع گرمای ویژه، مورد توجه است: یکی گرمای ویژه در حجم ثابت (C_v) و دیگری گرمای ویژه در فشار ثابت (C_p). از نظر فیزیکی، گرمای ویژه در حجم ثابت به عنوان «انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک کیلوگرم از یک ماده به اندازه یک درجه در شرایطی که حجم ثابت مانده باشد» تعریف می‌شود. در سوی مقابل، «انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک کیلوگرم از یک ماده به اندازه یک درجه در شرایطی که فشار ثابت مانده باشد» گرمای ویژه در فشار ثابت می‌نامیم. گرمای ویژه در فشار ثابت، همواره از گرمای ویژه در حجم ثابت بزرگتر است. زیرا در فشار ثابت، سیستم تمایل دارد منبسط شود. به همین دلیل، انرژی مورد نیاز برای انبساط نیز باید به سیستم وارد شود. نکته مهم که باید در نظر گرفت این است که در ماده‌های تراکم ناپذیر، گرماهای ویژه در حجم و فشار ثابت با هم برابرند. در نتیجه، می‌توانیم زیروندهای C_p و C_v را برداشت و در روابط از C استفاده کرد. رابطه گرمای ویژه ثابت به شکل زیر است:

$$C = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \left(\frac{\text{Cal}}{\text{gr}^{\circ}\text{C}} \right) \text{ or } \left(\frac{\text{J}}{\text{gr}^{\circ}\text{C}} \right) \quad (3)$$

کالریمتر:

کالری متر^{۳۰} دستگاهی است که برای گرماسنجی، اندازه‌گیری دمای واکنش‌های شیمیایی و تغییرات فیزیکی و همچنین ظرفیت گرمایی ویژه از آن استفاده می‌شود. ریشه واژه کالریمتر لغت لاتین کالر به معنی گرماست. کالریمترهای اسکن تفاضلی، کالریمترهای ایزوترمال (هم دما)، کالریمترهای سنجش حجمی (تیتراسیون) و کالریمترهای افزایش دهنده آهنگ واکنش از معمول‌ترین انواع کالریمترها هستند. کالریمترهای ساده تنها متشکل از یک دماسنج متصل به ظرف فلزی پر از آب است که در بالای محفظه احتراق قرار دارد. در شکل زیر نمایی از یک کالیمتر ساده را مشاهده می‌فرمایید. کالریمتر یک ظرف دوجداره است که بین دو جداره آن یک ماده عایق قرار داده شده است تا از محیط بیرون ایزوله شده باشد و با محیط بیرون تبادل گرمایی انجام ندهد. کالریمتر شامل دماسنج، همزن، درپوش عایق و در بعضی گونه‌ها مجهز به یک فیلمان الکتریکی جهت گرم کردن محتویات درون آن است.



شکل ۲ ساختمان یک کالریمتر ساده غیر الکتریکی مورد استفاده در این آزمایش

از گرما سنج یا کالریمتر در مطالعات گرماسنجی استفاده می‌شود که هرچند مبادله گرما با محیط اطراف به حداقل می‌رساند و انتقال گرما به محیط بیرون ندارد اما به عنوان یکی از سیستم‌های موجود در آزمایش، کالریمتر با آب داخل خود در مبادله گرما می‌باشد. از این رو در آزمایش‌های گرماسنجی باید سهم گرماسنج در مبادله گرما را در ابتدا بدست آوریم، بدین کار محاسبه ارزش آبی کالریمتر می‌گویند. ارزش آبی کالیمتر را با A نشان می‌دهند. برای این کار ابتدا دمای کالریمتر را هنگامی که هیچ ماده‌ای در داخل آن نیست توسط دما سنج ثبت می‌کنیم. سپس مقدار مشخصی آب با دمای مشخص (اصولا با دمای بیشتر از کالریمتر)

به آن اضافه می کنیم و سپس دمای تعادل بدست آمده بین آب گرم و کالریمتر را توسط دما سنج ثبت می کنیم. **رمز موفقیت** در محاسبه دقیق و درست ارزش آبی کالریمتر در خواندن صحیح دمای اولیه کالیمتر، دمای اولیه آب گرم و از همه مهمتر در خواندن دمای تعادل می باشد.

نکات عملی بسیار مهم در خواندن دمای تعادل: هنگام اضافه کردن آب گرم به کالیمتر،

- (۱) سریعاً مقدار مشخصی آب را داخل کالیمتر اضافه کرده و درب آن را خواهید گذاشت.
- (۲) در طول آزمایش چشم خود را از دماسنج بر نخواهید داشت. (یک نفر باید مسئول خواندن دماسنج باشد)
- (۳) به علت وجود اختلاف دمای بالا بین قسمت داخلی کالریمتر و آب گرم، تغییرات دما سریع روی دماسنج مشاهده خواهید کرد. بنابراین در ثانیه های اول شما شاهد افزایش دمای دماسنج خواهید بود. دما های مشاهده شده دمای تعادل نیستند.
- (۴) به مرور مشاهده خواهید کرد که میزان تغییر دما روی دماسنج کمتر از ثانیه های ابتدایی خواهد شد. (داریم به نقطه تعادل آب و کالیمتر نزدیک می شویم).
- (۵) اگر تا ۵ ثانیه بشمارید خواهید دید که تغییرات دما روی دماسنج کمتر از نیم درجه سانتیگراد خواهد بود. این دما، دمای تعادل است. این دما را ثبت کرده و در رابطه استفاده کنید.

گرمای نهان و گرمای نهان ذوب:

یک جسم خالص بسته به شرایطی که بر آن حکمفرماست میتواند به صورتهای مختلفی جامد، مایع یا گاز ظاهر شود. از نقطه نظر ترمودینامیک حالات یک جسم در وضع تعادل می تواند به وسیله سه متغیر فشار (P)، حجم (V) و دمای (T) تعیین شود. بین این سه متغیر روابطی وجود دارد که برای هر حالت جسم با دانستن دو متغیر، سومی بدست می آید. اگر شرایط تعادل عوض شود جسم ممکن است از یک حالت به حالت دیگر تبدیل شود. گرمای نهان^{۳۱}، گرمایی است که ماده در هنگام تبدیل از وضعیت به حالت دیگر از دست داده یا جذب شود. نام دیگر گرمای نهان «انتقال فازی» است. این کلمه از لفظ لاتین Latere به معنای پنهان کردن گرفته شده است.

اثر گرما در چنین دگرگونی هایی برگشت پذیر است. گرمای جذب شده توسط یک جامد در هنگام مایع شدن در نقطه ذوب را "گرمای نهان ذوب" و گرمای جذب شده توسط یک مایع برای تبدیل شدن به بخار در فشار یک اتمسفر و در نقطه جوش را "گرمای نهان تبخیر" می گویند. این تغییر زمانی که تغییر فاز جامد به مایع داریم گرماگیر و در جهت عکس گرماده است. برای مثال در اتمسفر زمانی که یک مولکول آب از سطح آب بخار می شود، انرژی توسط مولکول های آب به بسته هوایی با دمای کمتر منتقل می گردد. این بسته هوایی آب بخار شده کمتری نسبت به اطراف خود دارد. از آنجایی که باید بر نیروهای جاذب بین ذرات

^{۳۱} Latent heat

آب غلبه کنیم، مرحله تبدیل یک بسته آبی به یک بسته بخاری نیازمند گرفتن انرژی است. اگر آب بخاری فشرده شده و به شکل مایع یا جامد تبدیل گردد، انرژی ای که قبلاً برای تبخیر شدن گرفته شده بود به صورت گرمایی محسوس آزاد می‌شود. در فیزیک، ذوب عبارت است از تغییر شکل جسم جامد به مایع. جسم وقتی به حالت جامد است اتم‌های آن وضعیت ثابتی را در فضا اشغال می‌کنند و می‌توانند حول وضعیت تعادلی خود حرکت نوسانی انجام دهند. با افزایش دما، دامنه و در نتیجه انرژی متوسط ارتعاشی افزایش می‌یابد و در دمای معینی بنام دمای ذوب ملکولها به حالت مایع در می‌آیند.

گرمای نهان ذوب یک جسم (L_f):

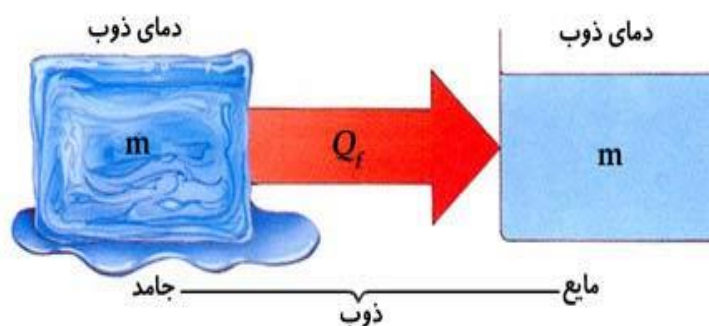
عبارت است از مقدار گرمایی که واحد جرم جسم می‌گیرد تا در دما و فشار ثابت از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. در این مرحله تا ذوب شدن تمام قطعات جسم جامد، دما تغییر نمی‌کند. یکای گرمای نهان $\frac{Cal}{gr}$ و یا J/kg می‌باشد. معادله گرمای نهان ذوب به این صورت است:

$$Q = mL_f \quad (۴)$$

Q: مقدار انرژی دریافتی یا آزاد شده هنگام تغییر فاز (ژول)

m: جرم ماده مورد نظر (کیلوگرم)

L_f : گرمای نهان ویژه یک ماده مشخص (J/kg)



شکل ۳ مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه ذوب

قسمت اول آزمایش:

تعیین ارزش آبی کالریمتر

لازم است پیش از تعیین گرمای ویژه یک ماده، ارزش آبی کالریمتر اندازه گیری شود. ارزش آبی کالریمتر عبارت است از مقدار آبی که هم ارز کالریمتر در یک واکنش تعادل گرمایی، گرما می گیرد. ارزش آبی در حقیقت همان ظرفیت گرمایی کالریمتر می باشد. ظرفیت گرمایی کالریمتر را با A نشان می دهند و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید:

$$A = \sum_i m_i c_i \quad (1)$$

روش انجام آزمایش: جرم کالریمتر خالی M_1 را توسط ترازوی دیجیتال بدست آورید. با دماسنج مقدار دمای اولیه کالریمتر را خوانده (t_1) و مقدار آن را یادداشت کنید. سپس در ظرفی جداگانه مقداری آب را حرارت داده و دمای آن را اندازه گرفته (t) و آن را در داخل کالریمتر بریزید و هم بزنید تا به یک دمای تعادل (t_p) برسد، دمای تعادل را یادداشت کنید. کالریمتر را همراه با آب داخل آن وزن کرده (M_2) و جرم آب را از رابطه زیر بدست آورید:

$$M = M_2 - M_1 \quad (2)$$

طبق اصل تعادل حرارتی، آب گرما از دست داده است و کالریمتر و اجزای آن گرما گرفته اند. پس می توان نوشت:

$$\underbrace{m_1 c_1 (t_p - t_1)}_{\text{گرمایی که ظرف کالریمتر گرفته است}} + \underbrace{m_2 c_2 (t_p - t_1)}_{\text{گرمایی که همزن گرفته است}} + \underbrace{m_3 c_3 (t_p - t_1)}_{\text{گرمایی که دماسنج گرفته است}} = \underbrace{Mc(t - t_p)}_{\text{گرمایی که آب از دست داده است}} \quad (3)$$

$$\rightarrow A = Mc \frac{(t - t_p)}{(t_p - t_1)} \quad (4)$$

در رابطه بالا با توجه به اینکه C برحسب $\frac{Cal}{grC^\circ}$ و جرم M بر حسب gr می باشد، بنابراین A برحسب $\frac{Cal}{C^\circ}$ بدست می آید. با جایگذاری اعداد حاصل در رابطه بالا، ارزش آبی کالریمتر را بدست آورید. آزمایش را دو بار انجام داده و از مقادیر A بدست آمده میانگین بگیرید.

نوبت آزمایش	دمای اولیه کالریمتر t_1	دمای آب t	دمای تعادل t_p	جرم آب M	ارزش آبی A کالریمتر
اول					
دوم					
= میانگین ارزش آبی کالریمتر A					

قسمت دوم آزمایش:

تعیین گرمای نهان ذوب یخ

روش انجام آزمایش: در گرماسنج مقداری آب $30 \sim 50^\circ\text{C}$ با وزن مشخص بریزید و از روی دماسنج، دمای مشترک و جرم کالریمتر و آب داخل آن را یادداشت کنید (t, M_2). در صورتی که دما مابین $30 \sim 50^\circ\text{C}$ باشد دو یا سه قطعه کوچک یخ را در بشر بریزید و وزن آنها را بدست آورید (m). قطعه یخ ها را بردارید و آنها را خشک کرده و در داخل کالریمتر بیندازید و بهم بزنید تا یخ کاملاً ذوب و تعادل حرارتی برقرار شود (M_3). سطح جیوه در دماسنج پایین می رود و در یک نقطه که دمای تعادل (t_p) است متوقف می شود

$$m = M_3 - M_2 \quad \text{جرم یخ} \quad (5)$$

با فرض اینکه درون کالریمتر محیطی منزوی است و با محیط بیرون ارتباط گرمایی ندارد، مقدار گرمایی که کالریمتر و محتویات آن از دست می دهند برابر است با:

$$Q_1 = (Mc + A)(t - t_p) \quad (6)$$

این انرژی گرمایی را یخ می گیرد و دو مرحله را طی می کند. در مرحله اول تغییر حالت می دهد و از یخ صفر درجه به آب صفر درجه تبدیل می شود و در مرحله دوم یخ ذوب شده، تغییر دما می دهد و از صفر درجه به دمای تعادل می رسد. پس:

$$Q_2 = mL_f + mc(t_p - t_0) \quad (7)$$

طبق اصل پایستگی انرژی داریم:

$$Q_1 = Q_2 \quad (8)$$

$$(Mc + A)(t - t_p) = mL_f + mc(t_p - t_0) \quad (9)$$

$$C = 1 \frac{Cal}{gr} \quad t_0 = 0^\circ C \text{ دمای اولیه یخ}$$

$$L_f = \frac{(M + A)(t - t_p) - mt_p}{m} \quad \text{گرمای نهان ذوب یخ} \quad (10)$$

با توجه به اینکه گرما را بر حسب Cal و جرم را بر حسب gr در نظر گرفتیم، بنابراین یکای گرمای نهان ذوب یخ بر حسب $\frac{Cal}{gr}$ می باشد. آزمایش را حداقل دو بار با مقادیر متفاوت جرم انجام داده و از مقادیر L_f میانگین بگیرید.

ترتیب آزمایش	جرم آب M	ارزش آبی کالریمتر A	دمای اولیه آب و کالریمتر t	دمای تعادل آب و یخ و کالریمتر t_p	جرم m یخ	گرمای نهان ذوب یخ L_f
اول						
دوم						
= میانگین گرمای نهان ذوب یخ L_f						

سوالات:

- ۱) گرمای نهان ذوب را تعریف کنید.
- ۲) در این آزمایش یخ در طی چه مراحل گرمای می گیرد؟
- ۳) چه تفاوتی بین ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه وجود دارد و آیا ظرفیت گرمایی ویژه به دما بستگی دارد؟
- ۴) کالری را تعریف کنید و بگویید هر کالری چند ژول است؟
- ۵) دما با گرما چه تفاوتی دارد؟
- ۶) در داخل آزمایشگاه، یک بار جسم فلزی (مانند میله یا یک ظرف فلزی) را لمس کنید و یک بار کتاب یا کاغذی که روی میز موجود است را لمس کنید. متوجه خواهید شد که قطعه فلزی دمای پایین تری دارد. دلایل این مشاهده علمی را مبسوط توضیح دهید.

بخش ششم:

آزمایش های مربوط به الکتریسیته

آزمایش شماره ۱۲

بررسی قانون اهم و بهم بستن سری و موازی مقاومت‌ها

۱۲-۱ هدف آزمایش:

بررسی رابطه اهم و تاثیر نحوه بهم بستن مقاومت ها در مقدار نهایی مقاومت مدار
آشنایی با اندازه‌گیری مقاومت به وسیله مولتی‌متر و مقایسه با کدهای رنگی
آشنایی با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مستقیم با مولتی‌متر و تحقیق قانون اهم
تعیین مقدار مقاومت مجهول با قانون اهم

۱۲-۲ وسایل لازم نیاز:

مقاومت، مولتی‌متر، سیم‌های رابط

۱۲-۳ تئوری آزمایش:

اگر دو سر یک رشته سیم را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند، مقدار این جریان به مقاومت سیم بستگی دارد. این مقاومت الکتریکی سرعت الکترون را کم کرده و انرژی جنبشی آن را می‌گیرد. به این مقاومتی که الکترون ها در مسیر حرکت خود در جسمی رسانا با آن مواجه می‌شوند، مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.
مقاومت^{۳۲} قطعه‌ای است که در موارد مختلف از قبیل محدود کردن جریان، تقسیم جریان و تقسیم ولتاژ به کار می‌رود. مقاومت الکتریکی را با R نشان داده و واحد یا یکای آن اهم نام دارد و به وسیله دستگاهی به نام اهم سنج اندازه‌گیری می‌شود.

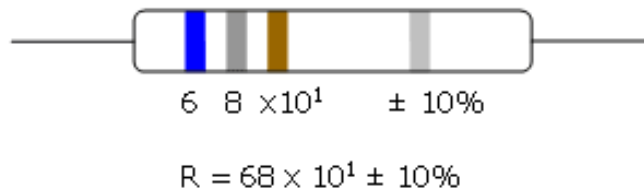
خواندن مقاومت از روی رنگ های روی آن:

رایج ترین و ارزانه ترین مقاومت های ثابت، مقاومت های کربنی هستند و چون دارای ابعاد کوچکی می باشند، مقدار آنها را بوسیله رنگ مشخص می کنند. به این ترتیب که از سه رنگ برای مشخص کردن مقدار و یک رنگ برای مشخص کردن تلورانس یا درصد خطا بکار می رود. رنگ های روی مقاومت ها را از طرفی می خوانیم که فاصله کمتری با پایه مقاومت داشته باشند یا به عبارتی دیگر حلقه های به رنگ نقره ای یا طلایی را که مشخص کننده تلورانس می باشند در سمت راست قرار می دهیم. هر رنگ معرف یک عدد است. در جدول شماره ۱ معنی رنگ ها آمده است.

جدول ۱ معنی رنگ های موجود روی مقاومت ها

رنگ	نوار اول عدد اول	نوار دوم عدد دوم	نوار سوم تعداد صفرها	نوار چهارم درصد خطا
سیاه	۰	۰	-----	-----
قهوه ای	۱	۱	۱	%۱
قرمز	۲	۲	۲	%۲
نارنجی	۳	۳	۳	-----
زرد	۴	۴	۴	-----
سبز	۵	۵	۵	-----
آبی	۶	۶	۶	-----
بنفش	۷	۷	۷	-----
خاکستری	۸	۸	۸	-----
سفید	۹	۹	۹	-----
طلایی	-----	-----	-----	%۵
نقره ای	-----	-----	-----	%۱۰
بیرنگ	-----	-----	-----	%۲۰

برای خواندن مقدار مقاومت، عدد رنگ اول را بر روی کاغذ نوشته سپس عدد رنگ دوم را در کنار آن سمت راست قرار می دهیم. هنگامی که به رنگ سوم رسیدیم دو عدد قبلی را در ۱۰ به توان عدد رنگ سوم ضرب می کنیم. توجه کنید رنگ اول و رنگ دوم از هم جدا نبوده و یک عدد ۲ رقمی را تشکیل می دهند (به عنوان مثال ۶۸۰ اهم در شکل زیر).



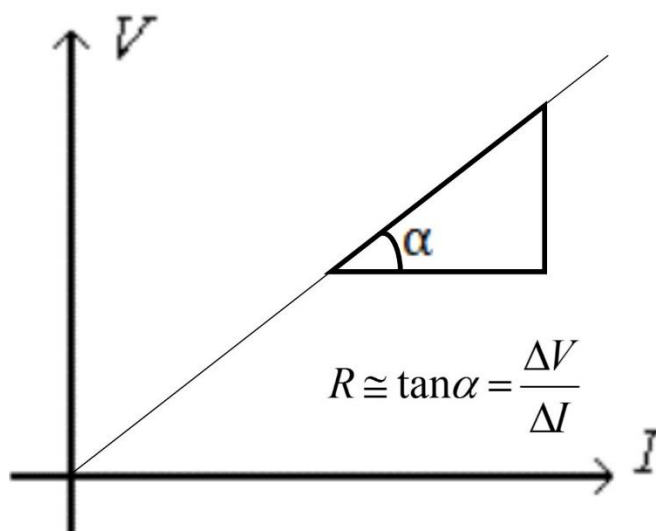
شکل ۱ نحوه محاسبه مقاومت از روی رنگ های موجود روی مقاومت ها

قانون اهم:

اگر اختلاف پتانسیل متغیر V به دو سر یک مقاومت اعمال کنیم و به ازای هر اختلاف پتانسیل اعمال شده، جریان I را اندازه گیری کرده و نمایش تغییرات V را بر حسب I رسم کنیم، خط راستی بدست می آید که مبین مقاومت الکتریکی می باشد و به ولتاژی که به آن اعمال می کنیم بستگی ندارد. این نتیجه مهم در مورد رساناهای فلزی به قانون اهم معروف است. بر اساس قانون اهم، مقاومت الکتریکی برابر است با نسبت اختلاف پتانسیل رسانا به شدت جریانی که از آن می گذرد. اهم بیان کرد که اگر دمای رسانا تغییر نکند، این نسبت همواره ثابت است.

$$V = IR \quad (۱)$$

شکل مقابل نمایش تغییرات اختلاف پتانسیل بر حسب جریان در یک رسانای مسی است که از قانون اهم پیروی می کند. شیب نمودار نشان دهنده اندازه مقاومت است.



شکل ۲ نحوه محاسبه مقاومت از روی رنگ های موجود روی مقاومت ها

بهم بستن سری و موازی مقاومت ها:

در **مقاومت های متوالی** که یک سر مقاومت، بدون واسطه و تنها توسط سیم به مقاومت دیگر وصل می شود، جریان یکسانی از تمام مقاومت ها عبور می کند و اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت های متوالی برابر با مجموع تک تک اختلاف پتانسیل های دو سر هر کدام از مقاومت ها است. اگر R_T مقاومت معادل باشد، می توان نوشت:

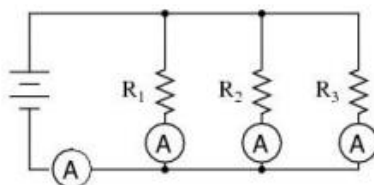
$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (2)$$

$$R_n \times R_2 + \dots + I \times R_1 + I \times R_T = I \times I \quad (3)$$

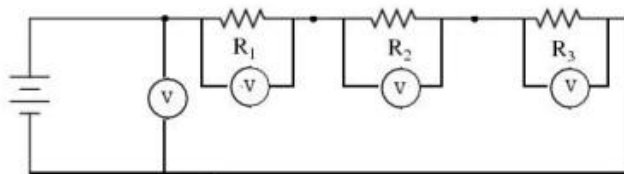
پس حذف I از دو طرف معادله، رابطه نهایی برای مقاومت معادل ترکیب متوالی مقاومت ها به دست می آید:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (4)$$

بنابراین بهم بستن سری مقاومت ها، باعث افزایش مقاومت معادل مدار می شود.



(شکل الف)



(شکل ب)

شکل ۳ نحوه بهم بستن سری (الف) مقاومت ها و موازی مقاومت ها در مدار.

در **مقاومت های موازی** که دو سر مقاومت ها، بدون واسطه توسط سیم به دو سر مقاومت دیگر وصل می شود، اختلاف پتانسیل یکسانی در دو طرف هر یک از مقاومت ها وجود دارد و شدت جریان عبوری از دو سر مجموعه مقاومت های موازی برابر با مجموع تک تک شدت جریان های عبوری از دو سر هر کدام از مقاومت ها است. اگر R_T مقاومت معادل باشد، می توان نوشت:

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots + I_n \Rightarrow \frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \dots + \frac{V}{R_n} \quad (5)$$

پس از حذف V از دو طرف معادله، رابطه نهایی برای مقاومت معادل ترکیب موازی مقاومت‌ها به دست می‌آید:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

بنابراین بهم بستم موازی مقاومت‌ها باعث کاهش مقاومت نهایی مدار می‌شود.

اجزای مدار الکتریکی:

(۱) ولت‌سنج وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ و یا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو پایانه منبع تغذیه و یا دو نقطه از یک مدار الکتریکی است. اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه A و B در میدان الکتریکی برابر با کار انجام گرفته برای جابجایی بار آزمون q_0 بین دو نقطه مورد نظر می‌باشد.

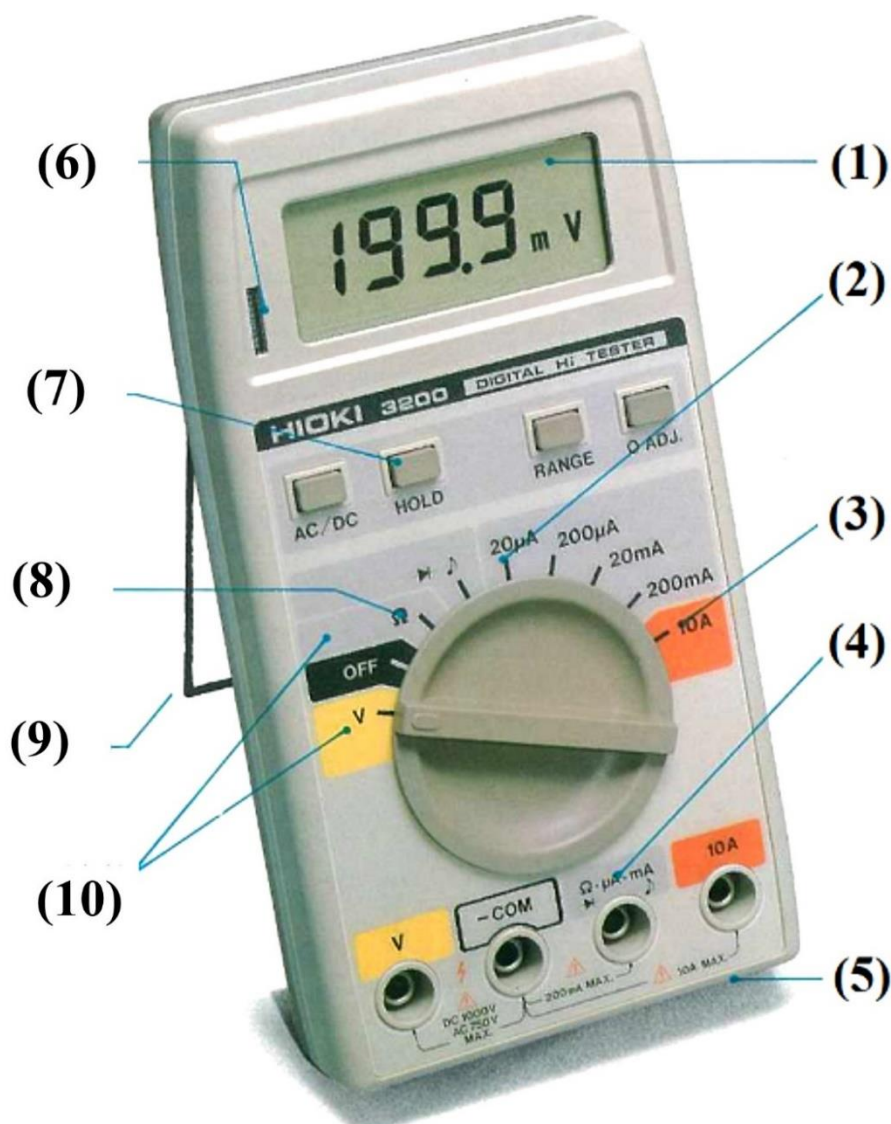
$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (1)$$

ولت سنج بصورت موازی بین دو نقطه وصل می‌شود و اختلاف پتانسیل دو نقطه را نمایش خواهد داد.

(۲) آمپرسنج برای اندازه‌گیری شدت جریان یک منبع تغذیه و یا شدت جریان عبوری از یک شاخه از مدار بکار می‌رود. آمپرسنج هنگام اندازه‌گیری جریان عبوری از شاخه مدار، بصورت سری در آن شاخه قرار می‌گیرد و جریان از آن عبور می‌کند و چون مقاومت سیم پیچ داخلی آمپرسنج ناچیز است، بنابراین تأثیر بسیار کمی در جریان شاخه مدار خواهد داشت.

(۳) اهم سنج وسیله‌ای برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی است. با بستن دو سر یک اهم سنج به دو سر یک مقاومت مجهول یک مدار بسته می‌شود و مقدار مقاومت مجهول بدست می‌آید. در اندازه‌گیری مقاومت باید جریان را از مدار قطع کرد.

(۴) **آوومتر یا مولتی متر** دستگاهی است که می تواند چند کمیت مختلف فیزیکی را اندازه گیری کند و نام آن از حروف اول کلمات Volt، Ampere و Ohm گرفته شده است. از این دستگاه می توان برای اندازه گیری مقاومت، شدت جریان الکتریکی (مستقیم و متناوب) و ولتاژ (مستقیم و متناوب) استفاده کرد. مولتی متر دیجیتال مقدار کمیت های اندازه گیری شده را به صورت رقم (به همراه واحد آن) بر روی صفحه نمایش نشان می دهد. در آزمایشگاه از مولتی متر دیجیتال Hioki 3200 Digital HiTester استفاده میکنیم. برای آشنایی بیشتر توضیحی در مورد این دستگاه ارائه می کنیم. شکل (۴) تصویری از این مولتی متر را نشان می دهد.



شکل ۴ آوومتر Hioki 3200 و معرفی عملکرد قسمت های مهم آن

عملکرد هر بخش بر اساس شماره گذاری در زیر ارائه شده است:

(۱) صفحه نمایش LCD بزرگ ۱۳ میلیمتری

با این صفحه نمایش خواندن اعداد واضح و آسان است.

(۲) قدرت تفکیک در بازه جریان

کمترین بازه جریان AC و DC، $20 \mu A$ است. قدرت تفکیک در این بازه به مقدار $10 \mu A$ است.

(۳) قابلیت جریان بالا

اندازه گیری جریان تا ۱۰ آمپر امکان پذیر است.

(۴) محافظت ولتاژ تا ۲۵۰ ولت متناوب در گستره های جریان و مقاومت

فیوز این دستگاه محافظت کامل را در وقایع تصادفی ورودی ولتاژ به گستره جریان و اهم (به جز ۱۰ آمپر) فراهم می نماید.

(۵) ساختاری مقاوم در مقابل افتادن از سطح

مولتی متر در مقابل افتادن بر روی سطحی از بتن از ارتفاع یک متر مقاوم است.

(۶) لامپ گزارش ولتاژ اضافی در گستره اهم

ولتاژ اضافی اعمالی بر گستره اهم با روشن شدن لامپ نئون گزارش داده شده و شارش جریان در مدار برای ایمنی محدود می شود.

(۷) تثبیت صفحه نمایش

قرائت صفحه نمایش می تواند با فشار ساده این دکمه متوقف شود. برای اندازه گیری در شرایطی که رسیدن به موقعیت مربوطه و ثبت آن سخت است، مناسب می باشد.

(۸) اهم توان پایین

این بخش امکان اندازه گیری مقاومت مدار بدون روشن نمودن اتصالات نیمه هادی را فراهم می کند.

(۹) پایه نگه دار مناسب

به شما امکان تنظیم موقعیت صفحه نمایش در بهترین حالت را فراهم می کند.

(۱۰) تنظیم بازه خودکار

تنظیم کاملاً خودکار (به جز گستره جریان) د ستگاه را در گستره صحیح برای ورودی اعمالی نگه می دارد. تنظیم د ستی بازه نیز امکان پذیر است.

عموماً روی صفحه آوومتر سه قسمت زیر مشاهده می شود:

۱- صفحه نمایش دیجیتالی

۲- کلید انتخابگر روی سلکتور دایره‌ای

۳- پایانه‌های ورودی و دکمه های تنظیم کننده

در روی سلکتور دایره‌ای کلید انتخابگر علایم V برای اختلاف پتانسیل و A برای شدت جریان و Ω برای مقاومت بکار می‌رود. پایانه COM- برای قطب منفی و پایانه های دیگر برای اندازه‌گیری ولتاژ و شدت جریان با محدوده‌های مختلف بکار می‌رود. ابتدا کمیت مورد برر سی تو سطر آوومتر با کلید انتخابگر انتخاب می شوند. د ستگاه مذکور جریان مستقیم و متناوب را ب صورت خودکار تمایز می‌دهد. سپس برای اندازه‌گیری هر پارامتر، محدوده مورد نظر را بر روی مولتی متر انتخاب می‌کنیم. مثلاً اگر می‌خواهیم جریان $10\ \mu A$ را اندازه‌گیری کنیم، باید سلکتور مولتی‌متر را در قسمت جریان بر روی $20\ \mu A$ قرار دهیم تا بتوانیم جریان‌های زیر $20\ \mu A$ را با دقت خوبی اندازه‌گیری کنیم.

۵) منبع تغذیه الکتریکی به عنوان منبع انرژی الکتریکی برای تامین انرژی لازم برای برقراری جریان در مدارات استفاده می‌شود. در طبیعت و سایلی چون باتری‌ها و مولدهای الکتریکی وجود دارند که قادرند میان هر دو نقطه که به آنها وصل می‌شوند اختلاف پتانسیل ایجاد کنند؛ چنین وسایلی را منبع نیروی محرکه الکتریکی emf (با نماد $\mathcal{E}$) می‌نامند.

برد بور^{۳۳} برای متصل کردن قطعات الکترونیکی و انجام آزمایشات الکترونیکی از آن استفاده می‌شود. برد بور^{۳۳} صفحه‌ای است که پایه‌های عناصر الکترونیکی به راحتی در روزنه های آن فرو رفته و محکم می‌شود و یک مدار الکتریکی برای عبور جریان فراهم می‌شود.

قسمت اول آزمایش:

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با استفاده از مولتی متر و خواندن رنگ های روی مقاومت

روش انجام آزمایش: پنج مقاومت کربنی شماره گذاری شده را با استفاده از کد رنگ ها و جدول داده شده بخوانید و سپس با اتصال آنها به دو سر اهم متر و تشکیل یک مدار، مقدار مقاومت را دوباره خوانده و با قسمت قبل مقایسه کنید و جدول ۲ را کامل کنید.

جدول ۲ اندازه‌گیری مقدار مقاومت های کربنی

مقاومت	مقدار خوانده شده از روی رنگ	مقدار بدست آمده با اهم متر	اختلاف بین دو عدد (%)
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

قسمت دوم آزمایش:

بررسی قانون اهم

روش انجام آزمایش: سه مقاومت را به ترتیب انتخاب کرده و با بستن هر کدام از آن‌ها در مدار، به ازای سه مقدار متفاوت از ولتاژ (۱ V، ۲ V و ۳ V)، با استفاده از خروجی آمپر سنج، جریان را در جدول ۳ ثبت می‌کنیم. نمودار ولتاژ - شدت جریان ($V-I$) را برای هر مقاومت رسم می‌کنیم. مقاومت، برابر شیب تقریبی خط عبور کننده از نقاط برخورد اختلاف پتانسیل‌ها و شدت جریان‌ها است. مقدار مقاومت به دست آمده با استفاده از قانون اهم را با مقادیر بدست آمده در قسمت‌های قبلی مقایسه کنید.

جدول ۳ تعیین مقاومت با توجه به شیب نمودار

مقاومت	مقاومت ۱			مقاومت ۲			مقاومت ۳		
ولتاژ	۱ V	۲ V	۳ V	۱ V	۲ V	۳ V	۱ V	۲ V	۳ V
جریان									
اندازه مقاومت (شیب نمودار)									

قسمت سوم آزمایش:

تعیین مقاومت مجهول

روش انجام آزمایش: یکی از مقاومت‌های مکعبی شکل که مجهول می‌باشد را در مدار گذاشته و با استفاده از ولت سنج، اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت، و با استفاده از آمپرسنج مقدار شدت جریان عبوری را به ازای ولتاژهای اعمالی متفاوت بخوانید. جدول شماره ۴ را کامل کنید. تغییرات ولتاژ را برحسب شدت جریان برای مقاومت مجهول در نمودار رسم کنید.

جدول ۴ تعیین مقاومت مجهول

مقاومت از رابطه اهم	شدت جریان خوانده شده	ولتاژ خوانده شده	آزمایش
			۱
			۲
			۳
			۴
			۵
مقاومت میانگین:			

قسمت چهارم آزمایش:

بهم بستن مقاومت‌ها به طور متوالی و موازی

روش انجام آزمایش: سه مقاومت معلوم را بطور متوالی به یکدیگر متصل کرده و شدت جریان کل عبوری و ولتاژ کل مجموعه مقاومت‌ها را با استفاده از ولت متر و آمپر متر بخوانید. با استفاده از رابطه اهم مقدار مقاومت کل را بدست آورید. سپس، مقدار به دست آمده را با عدد پیش‌بینی شده توسط رابطه مقاومت معادل مقایسه کنید. همچنین، برای بررسی بهم بستن موازی مقاومت‌ها، سه مقاومت معلوم را بطور موازی مطابق شکل (۳) به یکدیگر ببندید. دو سر مجموعه را بطور متوالی به یک آمپر سنج وصل کنید و ولت سنج را بطور موازی به دو سر مجموعه ببندید. مقادیر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها و مقدار شدت جریان عبوری را برای مجموعه بخوانید و با قانون اهم مقدار مقاومت کل (معادل) را بدست آورید. سپس، مقدار به دست آمده را با عدد پیش‌بینی شده توسط رابطه مقاومت معادل مقایسه کنید.

سوالات:

- (۱) نحوه قرار گیری (موازی یا سری) اهم سنج در مدار را توضیح دهید.
- (۲) چند مورد از کاربرد مدارات مقاومتی در صنعت و یا پزشکی را بیان کنید.

شارژ و دشارژ خازن، بهم بستن موازی و سری خازن ها

۱-۱۳ هدف آزمایش:

رسم منحنی های شارژ و دشارژ خازن، اندازه گیری ظرفیت الکتریکی خازن و به هم بستن خازن به صورت سری و موازی

۲-۱۳ وسایل مورد نیاز:

خازن، ولت‌متر، سیم، منبع تغذیه، کرنومتر

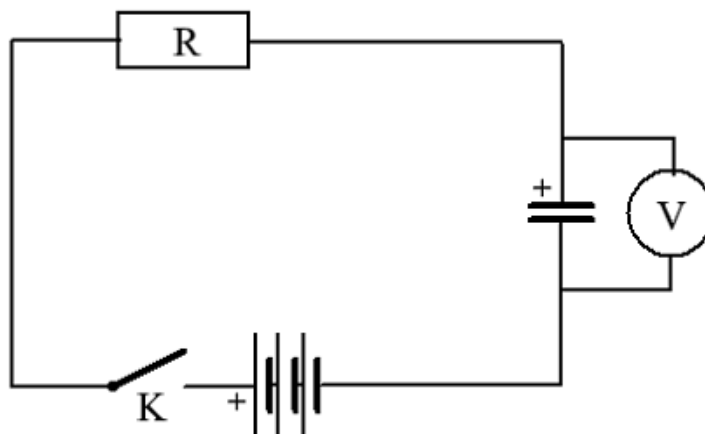
۳-۱۳ تئوری آزمایش:

خازن یکی از قطعات الکترونیکی است که قابلیت ذخیره سازی بار و انرژی الکتریکی را در خود دارد و میتواند در مواقع نیاز این بار و انرژی را در سیستمهای الکترونیکی تخلیه کرده و به استفاده رساند. انواع مختلفی از خازنها وجود دارد اما همه آنها شامل حداقل دو هادی هستند که توسط یک عایق، از یکدیگر جدا شده اند. نام این هادیها صفحات خازن است. صفحات خازن میتوانند از جنس فلز یا الکترولیت باشند. عایق دی الکتریک نیز لایه ای عایق است که بین صفحات خازن قرار میگیرد و ظرفیت خازن را افزایش میدهد، و جنس آن میتواند از شیشه، آب، سرامیک، پلاستیک، میکا، کاغذ و ... باشد. خازنها در الکترونیک موارد استفاده فراوان دارند و بسته به نقشی که در مدارها ایفا میکنند انواع و اقسام گوناگونی می یابند که عبارتند از: خازن کاغذی، خازن میکایی، خازن شیمیایی (الکترولیتی)، خازن سرامیکی (غیر الکترولیتی) و خازن متغیر. در این آزمایش از خازنهای الکترولیتی استفاده میشود. این نوع خازن دارای قطبهای مثبت و منفی مجزا است و در مدارهایی بکار میرود که جهت جریان عوض نمیشود (جریان DC).

پر شدن یا شارژ خازن:

اگر به دو سر صفحات یک خازن اختلاف پتانسیل ثابت یک منبع، V_0 ، وصل شود، مقداری بار الکتریکی روی صفحات این خازن ذخیره میشود. این بار ذخیره شده متناسب با اختلاف پتانسیل اعمال شده میباشد و از رابطه $q = CV_0$ محاسبه میشود. در این رابطه

C (ابتدای کلمه Capacitor به نام خازن) را که ضریب تناسب است ظرفیت خازن می نامند؛ مقدار آن بستگی به خصوصیات فیزیکی خازن نظیر فاصله صفحات، مساحت صفحات و دی الکتریک استفاده شده مابین صفحات دارد و از اختلاف پتانسیل اعمال شده و بار خازن مستقل است. در شکل زیر نحوه صحیح قرار گیری خازن، ولت‌متر و مقاومت در مدار نشان داده شده است. اختلاف پتانسیل های دو سر منبع، خازن و مقاومت را به ترتیب با V_0 ، V_C و V_R نشان داده و مداری مطابق شکل (۱) می‌بینیم.



شکل شماره ۱ نحوه بهم بستن خازن و ولت متر برای اندازه گیری ظرفیت خازن

در این آزمایش از مولتی‌متر جهت ثبت داده های مورد نیاز استفاده میشود. در مدار شکل (۱) با بستن کلید منبع، در مدار جریانی برقرار میشود و این جریان تا پر شدن خازن ادامه می یابد. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R در هر لحظه طبق قوانین ولتاژهای کیرشهف از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_R = V_0 - V_C \quad (۱)$$

با توجه به رابطه (۱) شدت جریان مدار در هر لحظه برابر است با:

$$I = \frac{V_0 - V_C}{R} \quad (۲)$$

از طرفی میدانیم که

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CV_C)}{dt} = C \frac{dV_C}{dt} \quad (۳)$$

از روابط (۲) و (۳) نتیجه میشود که:

$$\frac{V_0 - V_C}{R} = C \frac{dV_C}{dt} \quad (۴)$$

$$\frac{d(V_0 - V_C)}{V_0 - V_C} = - \frac{dt}{RC} \quad (۵)$$

توجه کنید که V_0 مقدار ثابتی است. رابطه (۵) یک معادله دیفرانسیل است و جواب آن به صورت زیر نوشته میشود:

$$\ln(V_0 - V_C) = -\frac{t}{RC} + \ln a \quad (۶)$$

در این رابطه a ثابت انتگرال گیری بوده و چون در لحظه $t = 0$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن، V_C ، نیز برابر صفر است، مقدار a برابر V_0 میگردد. در نتیجه پاسخ معادله دیفرانسیل به صورت زیر محاسبه میشود:

$$V_C = V_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (۷)$$

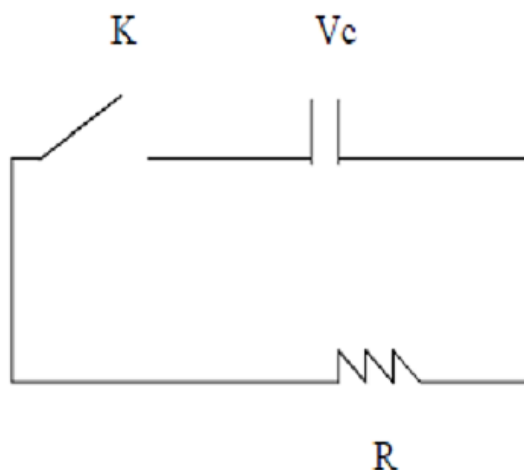
این رابطه تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر خازن با زمان را در مسیر پر شدن خازن نشان میدهد. منحنی نمایش این تغییرات در شکل (۲) رسم شده است. حاصلضرب RC در رابطه (۷) را که بعد زمان دارد با τ نشان داده و به آن **ثابت زمانی مدار** میگویند. τ عبارت است از مدت می زمانی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن در مسیر پر شدن خازن به مقدار $0.63V_0$ میرسد. با افزایش ولتاژ خازن نسبت به زمان ولتاژ خازن افزایش می یابد تا زمانی که ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ دو سر منبع برابر میشود به صورت خودکار مدار را قطع میکند و حالت اتصال کوتاه در مدار برقرار میشود که از این لحظه به بعد حالت خالی شدن خازن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل شماره ۲ منحنی مربوط به تغییرات ولتاژ با زمان در حین شارژ شدن خازن

۲- خالی شدن خازن

بعد از پر شدن خازن، منبع تغذیه را از مدار حذف میکند و تنها خازن پر و مقاومت در مدار باقی می ماند. از این پس میتوان نمودار خالی شدن (دشارژ) خازن را ثبت نمود.



شکل شماره ۳ نحوه بهم بستن خازن و ولت متر برای اندازه گیری ظرفیت خازن

در صورت خواهیم داشت:

$$I = \frac{V_C}{R} \quad (۸)$$

از طرفی جریان برابر است با سرعت کاهش بار خازن یعنی:

$$i = -\frac{dq}{dt} = -C \frac{dV_C}{dt} \quad (۹)$$

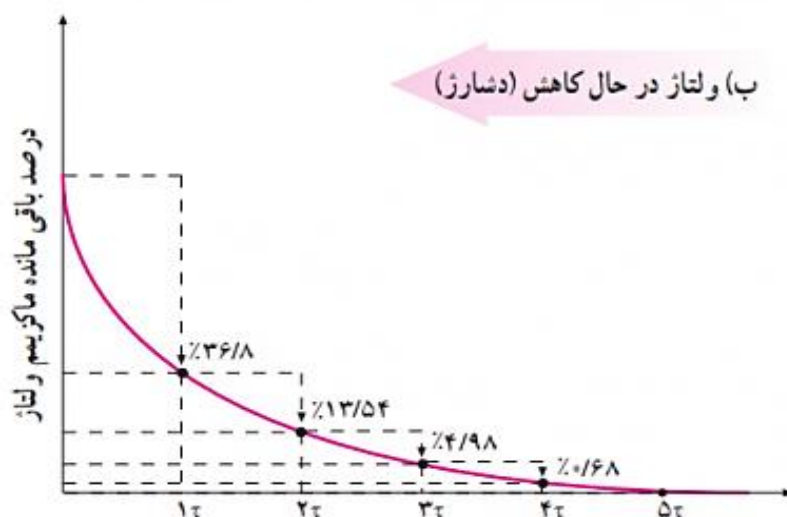
با توجه به رابطه $q = CV_0$ از تساوی دو رابطه (۸) و (۹) خواهیم داشت:

$$\frac{dV_C}{V_C} = -\frac{dt}{RC} \rightarrow V_C = -\frac{t}{RC} + \ln K \rightarrow V_C = K e^{-\frac{t}{RC}} \quad (۱۰)$$

چون در لحظه $t = 0$ خازن شارژ بوده و دارای ولتاژ برابر با ولتاژ منبع تغذیه می باشد. از این رو نتیجه می شود که $K = V_0$. پس رابطه نهایی به بدین شکل بدست می آید:

$$V_C = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (۱۱)$$

در این رابطه $\tau = RC$ ، ثابت زمانی خازن می باشد. چنانچه از رابطه پیداست منحنی دشارژ خازن نزولی نمایی می باشد. در طول مدت خالی شدن خازن، بار و ولتاژ خازن مرتباً به شکل نمایی کاهش مییابد تا با تخلیه کامل نزدیک به صفر گردد.



در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به کم‌تر از ۱٪ مقدار ماکزیمم می‌رسد که این مقدار عملاً صفر است.

شکل شماره ۴ منحنی مربوط به تغییرات ولتاژ با زمان در حین دشارژ شدن خازن

قسمت اول آزمایش:

پرشدن و خالی شدن خازن

روش انجام آزمایش: قبل از شروع آزمایش، خازن مورد استفاده را تخلیه کنید. برای این کار کافی است دو سر خازن را با یک سیم بهم وصل کنید. سپس با استفاده از خازن مداری مطابق شکل (۱) ببندید. برای بستن مدار از منبع تغذیه و ولت‌متر صفر تا ده ولت استفاده کرده و مقاومت را در محدوده $10\text{ k}\Omega$ انتخاب کنید. در این آزمایش نیازی به استفاده از آمپر متر نیست. با اجرا شدن برنامه، کرنومتر را آماده کرده و همزمان با بستن کلید K، اجازه می‌دهیم منبع ولتاژ ثابتی در حدود ۱۰ ولت به دو سر مدار اعمال کند. با برقرار شدن جریان در مدار، ولتاژ خازن به تدریج افزایش یافته تا به ۹ ولت برسد. حال طبق جدول شماره یک اعداد مربوط به ولت‌متر و کرنومتر را یادداشت می‌کنیم. پس از پر شدن خازن، منبع تغذیه به صورت اتوماتیک قطع می‌گردد و مداری بین خازن و مقاومت ایجاد می‌شود. در این صورت خازن به تدریج کاهش یافته تا خازن کاملاً تخلیه شود. منحنی تغییرات ولتاژ خازن بر حسب زمان را برای هر کدام از حالت های شارژ و دشارژ رسم کرده و در حالت شارژ با استفاده از این نکته که در لحظه $V_c = 0.63V_0$ (ولتاژ خازن برابر ۰.۶۳ برابر ولتاژ منبع می‌گردد)، و در حالت دشارژ در لحظه $V_c = 0.37V_0$ (ولتاژ خازن برابر ۰.۳۷ برابر ولتاژ منبع می‌گردد)، زمان نشان دهنده $t = \tau = RC$ می‌باشد. با معلوم بودن مقدار R، مقدار ظرفیت خازن (C) را بدست می‌آوریم.

نکته: مراحل آزمایش را برای خازن دوم نیز انجام دهید و نتایج را ثبت کرده، ظرفیت خازن را بدست آورید.

قسمت دوم آزمایش:

بهم بستن خازن ها به طور سری

روش انجام آزمایش: دو خازن C_1 و C_2 را به طور سری بهم متصل نموده و آن را در مدار شکل (۱) قرار دهید. آزمایش را مانند مرحله قبل تکرار کرده و نمودار V_C بر حسب t و از آنجا τ را بدست آورید. با داشتن مقدار τ میتوانید C_{eq} را محاسبه کرده و از آنجا درستی رابطه زیر را تحقیق کنید.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (۱۲)$$

در به هم بستن سری خازن ها، ظرفیت خازن معادل مدار از ظرفیت تک تک خازن ها کمتر است.

قسمت سوم آزمایش:

بهم بستن خازن ها به طور موازی

دو خازن C_1 و C_2 را به طور موازی بهم متصل نموده و آن را در مدار شکل (۱) قرار دهید. آزمایش را مانند مرحله قبل تکرار کرده و نمودار V_C بر حسب t و از آنجا τ را بدست آورید. با داشتن مقدار τ میتوانید C_{eq} را محاسبه کرده و از آنجا درستی رابطه زیر را تحقیق کنید.

$$C_{eq} = C_2 + C_1 \quad (۱۳)$$

در به هم بستن موازی خازن ها، ظرفیت خازن معادل مدار از ظرفیت تک تک خازن ها بیشتر است.

سوالات:

- (۱) ظرفیت خازن به چه پارامترهایی بستگی دارد سه مورد نام ببرید.
- (۲) رابطه مربوط به پر شدن خازن را بنویسید.
- (۳) نمودار موردنظر در این آزمایش را رسم کرده و پارامترهای مربوط به محورهای افقی و عمودی مشخص کنید. از روی منحنی چه پارامتری مستقیماً به دست میآید؟ از این پارامتر چه پارامتری به صورت ریرمستقیم به دست میآید و چگونه با روابط نشان دهید.

منابع:

- ۱- کتاب فیزیک پزشکی، تألیف: دکتر محمدعلی عقاییان- هیئت مؤلفین: دکتر بحرینی طوسی و همکاران، انتشارات ماه مهر، چاپ دوم، سال ۱۳۸۷.
- ۲- کتاب فیزیک پزشکی، تألیف: دکتر عباس تکاور، انتشارات نوپردازان- چاپ اول، سال ۱۳۷۷.
- ۳- کتاب فیزیک پزشکی، تألیف: پروفسور استرول- هیئت مؤلفین: دکتر علی اکبر خدادوست و همکاران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، سال ۱۳۶۹.
- ۴- کتاب فیزیک پزشکی، تألیف: دکتر احمد کشتکار، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز، چاپ اول، سال ۱۳۷۵.
- ۵- کتاب فیزیک عمومی هالیدی، مؤلفین: دیوید هالیدی - مترجمین: دکتر محمد خرمی و همکاران، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ویراست چهارم، سال ۱۳۸۳.
- ۶- آزمایش های فیزیک، محمود قران نویس و پرویز امین پور، انتشارات فاطمی، چاپ ششم، ۱۳۸۷.