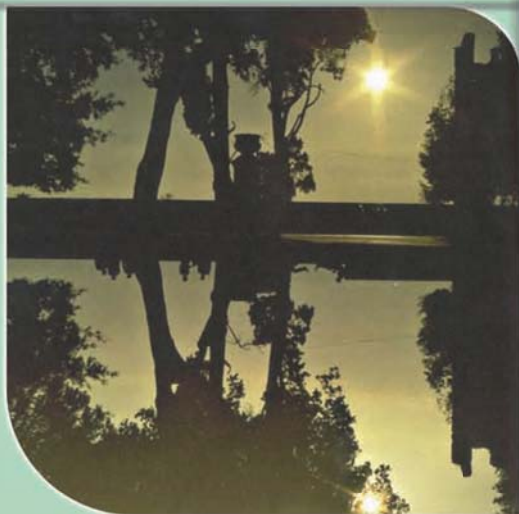




وزارت معارف

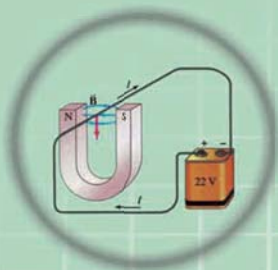
معینیت انکشاف نصاب تعلیمی، تربیة معلم و مرکز ساینس
ریاست عمومی انکشاف نصاب تعلیمی و تألیف کتب درسی



فزیک
صنف دهم

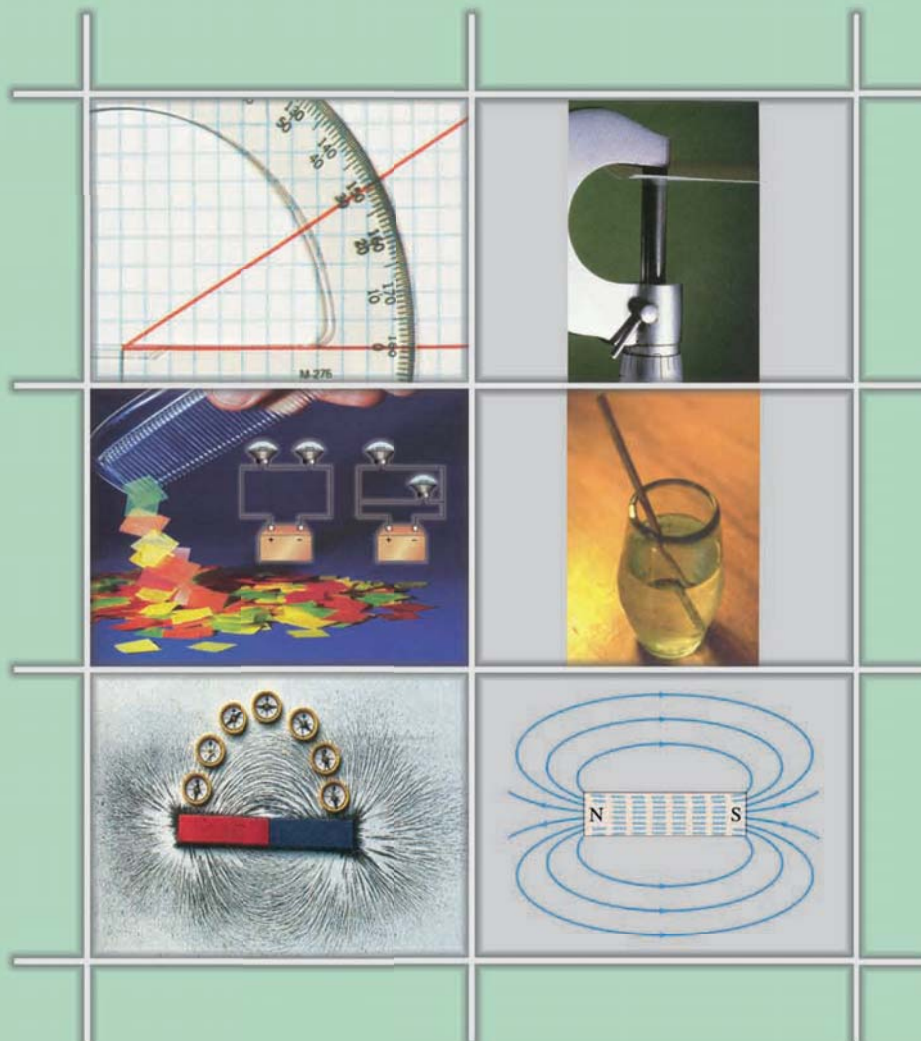
فزیک

صنف دهم



سال چاپ: ۱۳۹۰ ه. ش.

کتاب های درسی متعلق به وزارت معارف بوده خرید و فروش آن
جداً ممنوع است. با متخلفین برخورد قانونی صورت می گیرد.





معینیت اکتشاف نصاب تعلیمی، تربیہ معلم و مرکز سائنس
ریاست عمومی اکتشاف نصاب تعلیمی و تالیف کتب درسی

وزارت معارف

فزیکس

Physics

صنف دہم

سال چاپ: ۱۳۹۰ ه.ش.

الف

مؤلفان:

- پوهنوال کریم الله استاد پوهنځي ساينس پوهنتون کابل
- سرمؤلف رابعه منصوره، عضو علمي رياست عمومي انکشاف نصاب تعليمي و تأليف کتب درسي
- مؤلف ماهره ناصري، عضو علمي رياست عمومي انکشاف نصاب تعليمي و تأليف کتب درسي
- ايديت علمي و مسلکي:**
- سرمؤلف گل احمد ساغري، عضو علمي رياست عمومي انکشاف نصاب تعليمي و تأليف کتب درسي

ايديت زباني:

- ظهورالله ظهوري متخصص پروژه تأليف کتب درسي رياست انکشاف نصاب تعليمي
- کميته ديني، سياسي و فرهنگي:**
- داکتر عطاء الله واحد يار مشاور ارشد وزارت معارف و رئيس نشرات.
- حبيب الله راحل مشاور وزارت معارف در امور رياست انکشاف نصاب تعليمي و تأليف کتب درسي
- محمد آصف کوچي، متخصص پروژه تأليف کتب درسي رياست انکشاف نصاب تعليمي

کميته نظارت:

- دکتور اسدالله محقق معين نصاب تعليمي، تربيه معلم و مرکز ساينس
- دکتور شيرعلي ظريفي مسوول پروژه انکشاف نصاب تعليمي
- معاون سرمؤلف عبدالظاهر گلستاني رئيس عمومي انکشاف نصاب تعليمي و تأليف کتب درسي

طرح و ديزاين:

- عمر عبدالله چيدري، حميد الله غفاري و خالد هوتک
- ب





ملي سرو د

دا عزت د هر افغان دی	دا وطن افغانستان دی
هر بچی یې قهرمان دی	کور د سولې، کور د ثورې
د بلوڅو، د ازبکو	دا وطن د ټولو کور دی
د ترکمنو، د تاجکو	د پښتون او هزاره وو
پامریان، نورستانیان	ورسره عرب، گوجر دي
هم ایماق، هم پشه یان	براهوي دي، قزلباش دي
لکه لمر پر شنه آسمان	دا هیواد به تل خلبري
لکه زړه وي جاویدان	په سینه کې د آسیا، به
وایو الله اکبر وایو الله اکبر	نوم د حق مو دی رهبر

بسم الله الرحمن الرحيم

پیام وزیر معارف معلمان و شاگردان عزیز،

تعلیم و تربیه اساس انکشاف و توسعه هر کشور را تشکیل می دهد، نصاب تعلیمی یکی از عناصر مهم تعلیم و تربیه می باشد که مطابق انکشافات علمی معاصر و نیازمندی های جامعه وضع می گردد، واضح است که انکشافات علمی و نیازمندی های جامعه همواره در حال تطوّر می باشد؛ بناءً لازم است نصاب تعلیمی نیز به صورت علمی و دقیق انکشاف نماید. البته نباید نصاب تعلیمی تابع تغییرات سیاسی، نظریات و تمایلات اشخاص گردد.

کتابی که امروز در دسترس شما قرار دارد بنابر همین مشخصات تهیه و ترتیب گردیده است، موضوعات علمی مفید در آن اضافه شده، فعال نگه داشتن شاگردان در عملیه تدریس جزء پلان تدریس گردیده است.

امیدوارم تدریس این کتاب با استفاده از روش های آموزش فعال مطابق رهنمود ها و پلان تعلیمی تعیین شده صورت گیرد، و اولیای شاگردان نیز در تعلیم و تربیه با کیفیت دختران و پسران خود همکاری متداوم نمایند، تا اهداف و آروزهای نظام معارف برآورده گردیده، نتایج و دست آوردهای خوبی برای شاگردان و کشور ما داشته باشد.

باور دارم که معلمان گرانقدر ما در تطبیق مؤثر نصاب تعلیمی مسؤولیت خود را صادقانه ادا می نمایند.

وزارت معارف همواره تلاش می نماید تا نصاب تعلیمی معارف مطابق اساسات دین مبین اسلام، حس وطن دوستی و معیار های علمی با در نظر داشت نیازمندی های مُبرم جامعه ما انکشاف نماید.

در این عرصه از تمام شخصیت های علمی و دانشمندان تعلیم و تربیه کشور و اولیای محترم شاگردان تمنا دارم، تا با ارائه نظریات و پیشنهادات سالم و مفید خویش مؤلفان ما را در بهبود بیشتر تألیف کتب درسی یاری نمایند.

از همه دانشمندانی که در تهیه و ترتیب این کتاب سهم گرفته اند، و از مؤسسات محترم ملی و بین المللی و سایر کشور های دوست که در تهیه و تدوین نصاب تعلیمی جدید و طبع و توزیع کتب درسی همکاری نموده اند، صمیمانه اظهار امتنان و قدردانی می نمایم.

و من الله التوفیق

فاروق وردگ

وزیر معارف جمهوری اسلامی افغانستان

پیشگفتار

عصر ما عصر انکشافات و تحولات سریع ساینس و تکنالوژی است و بر طبق تخمین دانشمندان، در سالیان بعد حجم اطلاعات علمی حتی در هر چند ماه دو برابر خواهد شد. واضح است که همگام با این تحولات، شیوه های زنده گی ما و نیازهای نسل جوان فردای ما، از جمله شیوه های آموزش علوم (فزیک) نیز در تغییر خواهد بود. در این شیوه ها تأکید بر آن است تا شاگردان به آسانی و بطور سریع بیاموزند و بتوانند مهارت های لازم را در مراحل آموزش و حل مسئله ها بکار ببرند.

در این کتاب درسی سعی بعمل آمده است تا محتویات آن بر اساس روش آموزش فعال تألیف گردد. سه هدف دانشی، مهارتی و ذهنیتی در متن هر درس در محراق توجه مؤلفین قرار داشته و افزون بر آن حجم عناوین و محتویات کتاب بر مبنای پالسی های تعلیمی و تربیتی دولت، پلان تعلیمی زمانی و مفردات طرح شده با معیارهای عمومی محتوایی و نگارشی قبول شده برای کتب درسی دوره ثانوی افغانستان تنظیم و تدوین گردیده است. تلاش شده تا مطالب به گونه ساده و روان مطرح شود و با ادامه فعالیتها و ذکر مثالها و سؤالها، مطالعه آن به شاگردان آسانتر گردد.

از معلمان گرانقدر انتظار می رود تا با تجارب و توانایی های غنی که دارند، در طراحی فعالیت های ابتکاری که می تواند در آموزش بیشتر شاگردان ممد واقع گردد و همچنان از ابراز پیشنهادات سازنده برای بهبود کیفی کتاب از هیچگونه تلاش دریغ ننموده، ما را یاری رسانند. اطمینان می دهیم که انشاءالله از نظرهای ارزشمند و اصلاحی شان برای رفع نواقص و اشتباهات احتمالی در چاپ بعدی این کتاب به گرمی استقبال خواهد شد.

در پایان از استادان محترمی که در نقد و اصلاح این کتاب زحمت کشیده اند سپاسگذاریم و از مسئولان و کارکنان محترم کمیوتر که در کار تایپ، دیزاین و صفحه آرایی کتاب، ما را همکاری مزید نموده اند ممنون و متشکریم.

دیپارتمنت فزیک

ریاست عمومی انکشاف نصاب تعلیمی و تألیف کتب درسی



فهرست

عنوان:

صفحه

فصل اول: فریک چیست..... ۱

۲ مقدمه بر فریک

۴ تاریخچه مختصر فریک

۵ زبان فریک

فصل دوم: اندازه گیری، اندازه گیری چیست؟..... ۹-۱۰

۱۵ سیستم واحدها (SI)

۲۲ اشتباه در اندازه گیری

۲۳ تحلیل و تجزیه ابعاد

فصل سوم: نور و خواص آن..... ۲۷

۲۹ انتشار نور

۳۰ بسته نوری

۳۱ سرعت نور

۳۳ انعکاس

۴۲ آینه های کروی

۴۷-۵۰ تشکیل تصویر در آینه های کروی

۵۳ معادلات آینه ها

۵۷ تطبیقات

۶۰ بزرگنمایی

فصل چهارم: انکسار، انکسار چیست؟..... ۶۹

۷۵ قوانین انکسار

۷۹ مسیر نور در یک تیغه متوازی السطوح

۸۳-۸۴ زاویه بحرانی و انعکاس کلی

ز



فهرست

مفصله

۸۶	منشور
۸۹	تجزیه نور
۹۱	رنگین کمان
۹۵.....	فصل پنجم عدسیه ها.
۱۰۱	تشکیل تصویر در عدسیه های باریک
۱۰۵	معادله عدسیه باریک و بزرگنمایی
۱۰۹	خصوصیات عدسیه های مقعر
۱۱۹	قدرت عدسیه ها
۱۲۰	ترکیب عدسیه های باریک
۱۲۴	چشم انسان
۱۲۶	فاصله دور و نزدیک دید
۱۲۸	کمره
۱۳۰	میکروسکوپ
۱۳۹	فصل ششم برق ساکن
۱۳۹	چارج کردن اجسام
۱۴۳	قوه برقی
۱۴۷	ساحه برقی
۱۵۵	پوتانشیل برقی
۱۵۸	تفاوت پوتانشیل
۱۵۹	رابطه بین پوتانشیل و ساحه برقی
۱۶۱	خازن، مفهوم ظرفیت
۱۶۲	خازن لوحه های موازی
۱۶۵	اتصال خازن ها



فهرست

صفحه

فصل هفتم: سرکت و جریان..... ۱۷۳

مقاومت ۱۷۸

اتصال مقاومت ها ۱۸۰

قوة محرکه برقی ۱۸۷

معادله سرکت برقی ۱۸۸

قوانین کرشهوف ۱۹۳

فصل هشتم: مقناطیس..... ۱۹۹

قوة مقناطیسی بالای یک هادی حامل جریان ۲۰۴

مومنت بالای یک کوایل جریان دار ۲۰۶

ساحه مقناطیسی یک هادی مستقیم طولی ۲۰۹

ساحه مقناطیسی یک کوایل ۲۱۲

قوة های مقناطیسی بین دو وایر حامل جریان ۲۱۵

فصل نهم: القای الکترو مقناطیسی و برق متناوب..... ۲۱۹

مفهوم القاء ۲۲۰

قوة محرکه برقی جریان القایی ۲۲۲

سرکت های RL ۲۲۹

سرکت های RC و LC ۲۳۱-۲۳۲

القای متقابل ۲۳۵

ترانسفاورمر ۲۳۶

جنراتورها ۲۳۹

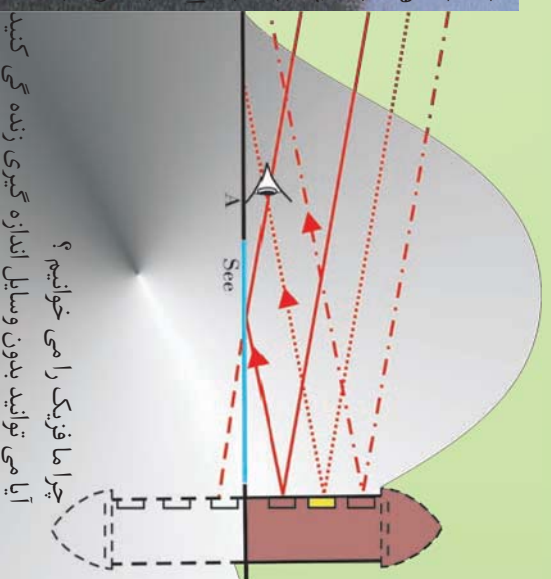
فصل اول

فزیک چیست؟

اکثر ما بصورت تصادفی فزیکدان تولد شده ایم. در جریان زنده گی به سرعت می آموزیم که قوانین چه نوع عمل میکنند. بطور مثال اگر یک جسم از یک ارتفاع بطور آزاد رها شود، بطرف زمین سقوط میکند. این یکی از قوانین فزیک است که در زمانه های قدیم کشف شده است. با گذشت زمان بدون اینکه توجه نماییم، همواره در امور روزمره از فزیک وقوانین آن استفاده به عمل آورده ایم . از اینجا است که ما در مشاهدات خود از روابط بین متحول ها آغاز میکنیم، چنانچه در مثال فوق بارها عملاً مشاهده کرده ایم که جسم حین سقوط در نقطهٔ رسیدن به زمین دارای سرعت بیشتر می باشد. پس می توان گفت که در همه جا پدیده های فزیکی ما را احاطه کرده است، و علم فزیک قوانین وقاعده ها در این پدیده ها را توضیح کرده و به سوالهای مربوط به آنها جواب میدهد، و انسانها را قادر می سازد تا پرده از روی بسا اسرار این جهان پیچیده بردارد.

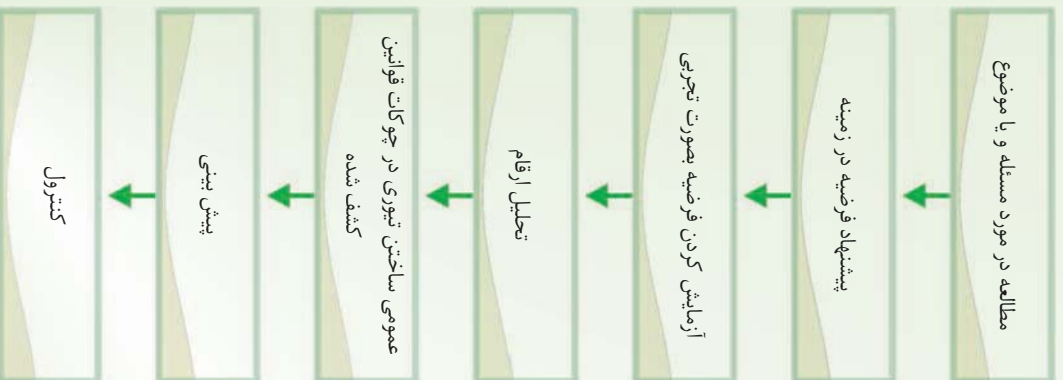
در صنوف گذشته شما موضوعات حرکت ، برق ، حرارت، نور و غیره چیزها را مطالعه نمودید. اکنون میبینیم این موضوعات با علم فزیک چه رابطه ای دارند؟ علم فزیک چیست؟ فزیک دانیها در اجرای کارهای شان از چه استفاده می نمایند؟ مطالعهٔ علم فزیک چگونه آغاز می شود ؟ چرا بعضی ها میگویند که فزیک زنده گی است؟ شما به این چنین سوالها وقتی جواب خواهید گفت که این فصل را مطالعه کنید. همچنان شما در پایان این فصل مهارتها و سود مندیهای ذیل را حاصل خواهید کرد:

- تعریف علم فزیک.
- بحث و مناقشهٔ مفید پیرامون تاریخچهٔ فزیک .
- توضیح و تشریح ضرورت ریاضی در مطالعهٔ علم فزیک.
- تحلیل و ارزیابی علم فزیک
- توضیح مینود های علمی تحقیق به اساس اجرای تحارب.
- توضیح کمیتهای فزیکی با استفاده از ریاضی.
- اشنایی با تئوریهای مشهور و مهم فزیک.



1-1: مقدمه بر فزیک

فزیک عبارت از علم مطالعهٔ مجموعهٔ قوانین طبیعت است که دربر دارندهٔ تمام پدیده‌های فیزیکی در جهان می‌باشد. بخاطر باید داشت که این قوانین می‌تواند به کمک معادله‌های ریاضی افاده شوند. به عبارت دیگر ممکن است بتوان مقایسه‌های مقدار صحیح و دقیقی را بین پیشبینی فرضیه‌ها، که از شکل ریاضیکی قوانین مشتق شده‌اند و مشاهدات از تجربه‌ها عملی نمود. آنچه بطورخاص این علم را شگفت آور می‌سازد این حقیقت است که فزیک به هر چیز در کاینات ارتباط دارد. با یک نگاه، زیبایی عجیبی به نظر می‌خورد که فزیک کائنات را طوری بسا مجسم می‌سازد که باهمه پیچیده



گی‌ها و تنوع‌اشیایی که در جهان ماحول ما قرار دارند، همه و همه به قدرت خداوند(ج) در قالب چند اصول و قوانین اساسی ظاهر می‌شوند و در کنترل آنها می‌باشند، که ما می‌توانیم این قوانین اساسی حیرت‌انگیز و نشاط‌بخش طبیعت را کشف و مورد تطبیق قرار دهیم.

برای کسانی که به این مضمون آشنایی ندارند، فزیک یک علم معشوش‌کننده و متراکم از یک سلسله‌فورمولها بنظر می‌آید. ولی در حقیقت این فورمولها می‌تواند مانند درختانی باشند که جنگل را احاطه کرده‌اند و برای یک فزیکدان فورمولهای زیاد می‌تواند بسادگی مفاهیم و مفکوره‌های اساسی را بیان نماید. علم فزیک که زمانی به نام فلسفهٔ طبیعت یاد میگردید، نسبت به همه بخشهای دیگر ساینس، قوانین طبیعت را بیشتر تحت مطالعه قرار می‌دهد، بخشهای دیگر علوم و انجینری که در ردهٔ بعد از فزیک قرار میگیرند، نیز دارای دست‌آورد‌های وسیع علمی می‌باشند؛ لیکن همهٔ شان به اساس قوانین و مفکوره‌های فیزیکی پایه‌گذاری شده‌اند.

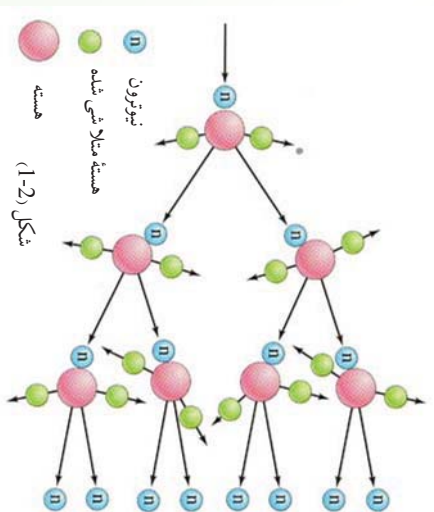
درگذشته‌های گفتند که فزیک مطالعهٔ ماده و حرکت می‌باشد، لیکن این جمله و جملات نظیر آن نتوانست تعریف فزیک را تکمیل نماید. فزیک را می‌توان «ذخیرهٔ علمی مفاهیم و رایهٔ آن به وسیلهٔ معادلات ریاضی و تطبیق عملی آن در ابعاد فلسفی» هم تعریف کرد.

بالاخره جای دارد که بگوییم ؛ علم مطالعه همه موجودات ، فزیک نامیده می شود. فزیک در تحقیق و پژوهش مانند علوم طبیعی دیگر، اصل استفاده از میتود علمی را بکار میرد که مراحل این اصل در دیاگرام(نمودار) ذیل نشان داده شده است:

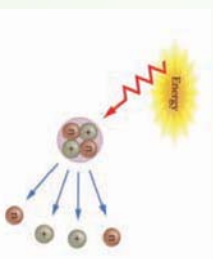
دیا گرام(نمودار) را به دقت مطالعه کرده و به سوالهای ذیل جواب بگوئید.

- 1- چرا باید اول در باره موضوع مشاهدات انجام داد و معلومات را جمع آوری نمود؟
- 2- آیا به پیشنهاد فرضیه برای تحقیق، یک موضوع باید تأکید صورت بگیرد؟ چرا؟
- 3- چرا بسیاری ها می گویند که تجربه مرحله مهم مباحثه می باشد؟
- 4- اگر نتیجه گیری ، فرضیه را غلط ثابت کند، چه کاری باید صورت بگیرد؟
- 5- روی اهمیت پیشبینی برای خصوصیات ماده بحث ومناقشه کنید.
- 6- چرا ما از مرا حل کار کنترل بعمل می آوریم؟

در این او اخر مفهوم ماده بحیث انرژی تفهیم شده است ، چنانچه ذرات مستقر و غیر مستقر و همچنان عمل متقابل بین ماده و انرژی و انتقال انرژی شواهدی برای اثبات این حقیقت می باشند. هدف اساسی مطالعه فزیک عبارت از مطالعه حقایق در طبیعت (از نظام های کیهانشانها به مقیاس بزرگ الی ذرات اتم های مستقر و غیر مستقر) و ذرات کوچک دیگر و..... می باشد. با الآخره فزیک سعی می نماید تا خصوصیات ماده را توضیح کند و قانو نمندیهای طبیعت را توسط معادله های ریاضی، ساده و قابل فهم بسازد. اشکال (1-1) و (1-2)، را مشاهده نمایند.



شکل (1-1)



2-1: تاریخچه مختصر فزیک

از آغاز زنده گی بشر، انسانها حین فعالیتهای شان، همواره با سوالاتی گوناگونی مانند روشنی چیست؟ در آسمان چه را مشاهده می کنیم؟ و امثال آن مواجه بوده اند. با به وجود آمدن و طرح شدن چنین سوالات، علم فزیک برای جواب دادن آنها عرض وجود کرد. تا سال 1850 بعضی نوشته ها و شواهد تجربی و جود داشتند که تحت نام فلسفه طبیعی و یا فلسفه تجربی مطالعه می شدند و این نام بحیث نقطه متقابل بین علوم طبیعی، الهیات و ادبیات شناسی قبول گردیده بود.

نتیجه گیری از تجارب فلسفی جمع شده نشان داد که یک شخص توان آن را ندارد که در تمام ساحه های علمی، ادبی و فلسفی کار نماید. بنابراین اصل بود که بالا آخره در سال 1850 میلادی، کیمیا، ستاره شناسی، زمین شناسی و غیره از بدنه فلسفه تجربی مجزا گردید و به حیث بخشی از علوم مستقل عرض وجود کردند. بعد از وقوع این حادثه، گنجینه ما بقی بدنه فلسفه تجربی به فزیک متعلق گردید.

اهمیت مرکزی این مضمون در این است که برای فهمیدن علوم دیگر، به آموزش مفاهیم فزیک نیز ضرورت می باشد. فزیک علم اندازه گیری کمیتهای باشد و برحسب نظری به پنج بخش ذیل تقسیم شده است:

- 1- میخانیک: از تئوری میخانیکی اجسام بحث میکند.
- 2- ترمودینامیک: با حرارت و درجه حرارت ارتباط دارد.
- 3- الکترومقناطیس: برق، مقناطیس و تشعشع اشعه الکترومقناطیسی را مطالعه میکند.
- 4- میخانیک کوانتمی: خصوصیت جهان مایکروسکوپی (Microscopic) را توضیح می نماید.
- 5- نسبیت: از سرعت های خیلی بزرگ ذرات بحث میکند.

اولین تئوری که به درازای تاریخ علم فزیک انکشاف نموده، عبارت از تئوری میخانیک بوده است. این تئوری از ارسطو (Aristotle) تا به وقت اسحاق نیوتن (Isac Neuton-1678) انکشاف نمود. این تئوری زمانی که نیوتن کتاب مشهور خود را تحت عنوان میخانیک به رشته تحریر درآورد، به اوج خود رسید. میخانیک نیوتن طی قرون هفدهم و هجدهم رقیبی نداشت. بعداً در سالهای قرن نوزدهم، الکترو دینامیک و ترمو دینامیک بوجود آمدند که علما بی چون وچون ماکسویل، فارادی، امپیر و غیره، در ایجاد آنها رول بسزایی را بازی کردند.

یک کشف بزرگ دیگر در این عصر عبارت از قانون تحفظ انرژی می باشد. میخانیک، الکترو دینامیک و ترمودینامیک مجموعاً بنام فزیک کلاسیک یاد می شود، در حالیکه میخانیک کوانت (نسبیت) بنام فزیک معاصر یا مودرن یاد می گردد.

در این او اخر دو بخش دیگر تحت نامهای فزیک تراکم ماده و فزیک ذرات بسیط دارای انرژی بلند در علم فزیک زیاد شده اند. که هر دو تحت نام فزیک مودرن مطالعه می شوند.

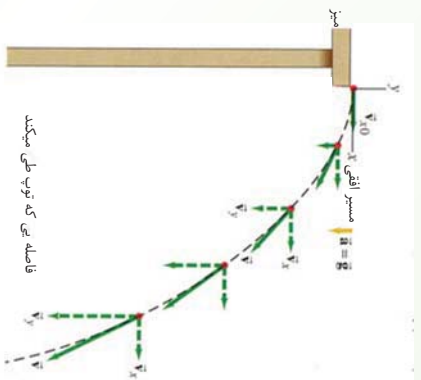
تحقیق کنید:

خلص بیوگرافی یک فزیکدان را که در یکی از پنج بخش فزیک مقاله یی نوشته باشد و یا به انکشاف آن بخش کمک چشمگیری نموده باشد، درنیم صفحه بنویسید و آن را در صنف به شاگردان ارائه کنید.



1-3: زبان فزیک

مطالعه جهان فزیک خیلی پیچیده است ، فزیکدانها معمولاً برای توضیح مطالب اساسی و مهم فزیک و فرضیه های آن از مودل ها استفاده بعمل می آورند. فزیکدانها برای توضیح و تشریح فزیک ، مودلهای خیلی ها دقیق را ایجاد کرده اند. امروز بسیاری از این مودلها، مودلهای ریاضی می باشند. معمولاً ابتدا مودلهای بسیط ایجاد می شوند، زیرا استفاده از این مودلها نظر به مودلهای پیچیده و وسیع آسانتر است. مودلهای بسیط بعضاً برای حصه های معینی از فرضیه ها استعمال میگردند. فرض میکنیم یک توپ پر تاپ شده افقی را می خواهیم قسماً در مطالعه مبحث حرکت مودل سازی نماییم. این توپ مودل، در حالت دوران



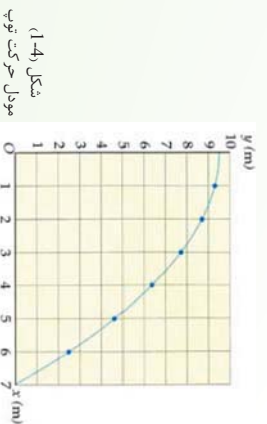
شکل (1-3)

در موقعیت است که می تواند در سیستم، مورد تحقیق و مطالعه قرار بگیرد.

فزیکدانها حرکت توپ را فقط یک مودل کوچک ایجاد شده که مجزا از اندازه رنگ ، صدا و چرخش می باشد ، مطالعه می نمایند که اجرای این سیستم فقط نقطه با یک مسیر (خط)

می باشد، شکل (1-4) را مشاهده کنید.

فزیک دانها مودلهای ساده را برای آن ایجاد می نمایند تا با جهان حقیقی آشنا شوند. فزیکدانها از ریاضی برای تفسیر و خلاصه حقایق بحیث افزار استفاده می نمایند. ایشان روابط ریاضی را برای





شکل (1-5)

توضیح کمیتهای فیزیکی بکار برده و از این طریق به خوبی وقوع حوادث را پیشبینی می کنند.

از اینجا است که ریاضی منحنی زبان فزیک عمل میکند و با تعبیر دیگر می توان گفت که ریاضی عبارت از زبانی است با خصوصیات خاص که توسط معادلات ، جدولها، گرافها و سوالها، تحلیل و ارزیابی ارقام و احصائیه ها را آسانتر می سازد. به گونه مثال اگر ما تجربه یی را مطابق شکل (1-5) اجرا نماییم، مشاهده می کنیم که در این تجربه ،توپ به صورت آزاد سقوط کرده است، و به صورت کل نتیجه حرکت سقوط منحنی فاصله سقوط تابع به وقت یاد داشت گردیده است. معمولاً در تجارب، ارقام در

جدول یاد داشت می شوند، چنانچه در جدول مرتبه از تجربه فوق دیده می شود که با افزایش وقت ، فاصله سقوط بزرگتر می شود.

وقت به (S)	0.067	0.133	0.200	0.233	0.267	0.600
فاصله سقوط به (M)	2.20	8.07	19.00	32.93	58.32	78.40

یکی از میتودهای تحلیل ارقام عبارت از ترسیم گراف فاصله نظربه وقت می باشد. این گراف

در شکل (1-6) نشان داده شده است. برای هر نقطه منحنی گراف می توانیم روی محورهای

فاصله و وقت مطابقاً کمیات وضعیه مربوطه را مشخص نماییم. همچنان

شکل گراف، معلومات لازمه بین کمیتها

را رایه میکند، چنانچه در شکل، ارتباط

بین فاصله و وقت دیده می شود. هرگاه

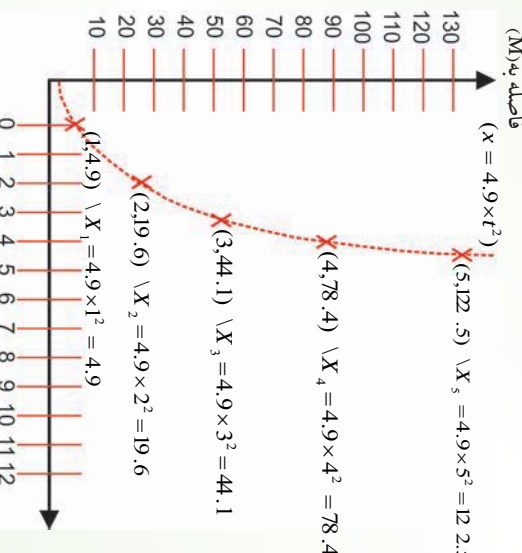
فاصله را به X و وقت را به t نمایش

دهیم، ما می توانیم با ضرب نمودن عدد

4.9 به مربع وقت، معادله تغییر موقعیت

جسم را در هر لحظه زمانی بدست آوریم

: (به شکل گراف نظر انداخته محاسبات را مطالعه کنید).



شکل (1-6) گراف فاصله نظربه وقت

سؤال ها

- 1- در جملات خود توضیح نمایید که مقصد ما از مودل چیست؟
- 2- آیا فریکدانها هنگام تحقیقات شان استفاده از ریاضی را صرف نظر کرده می توانند؟ چرا؟

خلاصه فصل

- فریک از ترکیب ماده و خصوصیت آن، حرکت ماده، انرژی و همچنان از ذرات ابتدایی کوچک (جهان Microscopic) تا اجسام بزرگ و کهکشانشها (جهان Macroscopic) بحث می نماید.
- برای حل مسئله بصورت علمی، از مطالعات و جمع آوری مواد آغاز می نمائیم. این عمل اجازه می دهد تا فرضیه مناسب غرض توضیح مطالب انتخاب و بعداً این فرضیه را توسط تجربه امتحان میکنیم و با نتیجه گیری و عمومی ساختن آن به پیشبینی و اصل قاعده و یا قانون می پردازیم.
- فریک از بخش های کلاسیک و مودرن ساخته شده است.
- ریاضی زبان فریک است و توسط آن فریکدانها نتایج نظری را توضیح می نمایند.

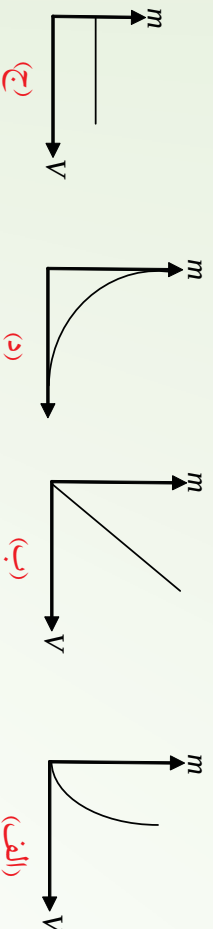
سؤالات اخیر فصل

جوابهای صحیح را انتخاب کنید:

- 1- مواد و ذرات به کدام بخش فریک ارتباط دارد؟
 - الف. میخانیک
 - ج. الکترو دینامیک
 - ب. ترمودینامیک
 - د. کوانتم میخانیک
- 2- کدام ساحة فریک با درجه حرارت مرتبط می باشد؟
 - الف. میخانیک
 - ج. کوانتم میخانیک
 - ب. نسبیت
 - د. ترمودینامیک
- 3- کدام یک از مباحث ذیل به فریک تعلق دارد؟
 - الف. احتراق تیل
 - ج. جوش دادن آب
 - ب. نشو و نموی نباتات
 - د. طبقه های زمین
- 4- در روش های علمی ذیل برای تحقیق ، مرحله خیلی مهم عبارت است از :
 - الف. فرضیه ها
 - ج. قوانین
 - ب. تجربه
 - د. پیشگوئی

5- کدام یکی از گرافهای داده شده، به ار قام داخل جدول خوبتر مطابقت دارد؟

حجم	0.50	1.00	1.30	1.50	2.00
کنله	0.58	1.15	1.50	1.73	2.30



6- کدام یکی از معادلات ذیل با ار قام جدول سوال فوق مطابقت دارد؟

الف، $m = 1.3v$ ، ب، $m^2 = 1.3v$ ، ج، $m = 1.3v$ ، د، $m = 1.3v^2$

7- بخشهای مهم فزیک کلاسیک را نام بگیرد.

8- هریک از موارد ذیل با کدام ساحه های فزیک زیاد تر مرتبط می باشند؟ بکارید؟

الف. بازی فوتبال

ب. تهیه غذا

ج. عینک های آفتابی

9- کدام مراحل در میتود علمی بکار برده می شود؟ نام ببرید.

10- کدام یک از افاده های ذیل را بیانیه علمی گفته می توانیم ؟

1- زمین به اطرف محور آن دوران می نماید، زیرا که موجودات زنده هم به تاریکی شب و هم به روشنی روز ضرورت دارند.

2- از سبب موجودیت قوه ثقل ، مهتاب روی مدار زمین می چرخد.

11- فزیکدانها برای توضیح مطالب مهم فزیک از چه چیز استفاده میکنند؟ و برای تفسیر و خلاصه حقایق از کدام چیز بحیث افزار کار میگیرند؟

اندازه گیری

فزیکدانی می گوید که اگر یک جسم یا یک شی را که در مورد آن سخن می گوئیم اندازه کرده بتوانیم و توسط یک عدد آنرا نشان داده بتوانیم. یقیناً گفته می توانیم که در مورد آن جسم معلوماتی حاصل کرده ایم.

ولی اگر در مورد یک جسم یا یک شی سخن می گوئیم و آنرا اندازه کرده نتوانیم و توسط یک عدد نشان داده نتوانیم، پس یقیناً که در مورد آن دانش ماناقص می باشد. آیا میدانید که ضخامت ورق کتاب شما چقدر است؟ در کدام درجه حرارت آب به جوش می آید؟ نمک به کدام سرعت در آب حل می گردد؟ این پرسش و مانند این، پرسش های دیگر را وقتی جواب گفته می توانیم که اندازه شوند. در این فصل در مورد اندازه گیری به صورت عملی بحث صورت می گیرد. ساینس دانها باور دارند که اندازه گیری به صورت مطلق درست نبوده و حتماً در آن اشتباهی وجود خواهد داشت، ولی اشتباه باید به کوچکترین حد ممکن کاهش یابد. منشأ اشتباهات کدام ها اند؟ درین مورد نیز در همین فصل بحث صورت می گیرد.

زمانیکه یک شی اندازه شود، باید توسط یک عدد و از جنس یک واحد نشان داده شود. واحدها در فزیک اهمیت زیاد دارد. و در این فصل در مورد سیستم واحدها بین المللی (SI) روشنی انداخته خواهد شد و واحدها اصلی و فرعی به تفصیل مطالعه خواهد گردید.

واحدها در حل سؤالات خیلی کمک می نماید.

برای اینکه استفاده درست از آنها صورت بگیرد، برای تحلیل ابعاد به واحدها ضرورت وجود دارد. این موضوع نیز در این فصل مطالعه خواهد شد.

درجه دقت اندازه گیری نیز یکی از موضوعات دیگر این فصل است.

انتظار می رود تا در اخیر این فصل شاگردان به سؤالات ذیل جواب ارایه کرده بتوانند:

- اندازه گیری چیست؟
- واحدها اصلی و فرعی اندازه گیری کدام هاند؟
- اشتباه چیست و منشأ اشتباهات در اندازه گیری کدام هاند؟
- در اندازه گیری ارقام قابل اعتماد کدام هاند؟
- در تحلیل ابعاد تفاوت بین کمیت (بعد) فیزیکی و واحد چیست؟



2-1: اندازه گیری چیست؟

آیا میتوانیم در مورد محیط و جهان فیزیکی خویش که در آن زنده گی مینماییم معرفت حاصل نماییم؟ برای رسیدن به این مقصد کدام طریقه بی در ذهن شما خطور مینماید؟

بلی: این معرفت را حاصل کرده میتوانیم ولی مهمترین گام درین طریقه اینست که از اندازه گیری استفاده نماییم. انسانها از قرن ها به این طرف برای شناخت جهان از اندازه گیری استفاده نموده و طریقه های مختلف اندازه گیری را دریافت کرده اند. خصوصاً ساینس دانها طریقه های خیلی مغلق به کار برده و از آن مستفید گردیده اند. برای شاگردان فزیک نیز لازم است که همان طریقه های اندازه گیری را بشناسند که برایشان ضرورت دارند و محدودیت های شان را بدانند. قرار تعریف وقتیکه یک کمیت فیزیکی با یک مقدار خاص که واحد آن کمیت باشد مقایسه گردد، این عمیله را اندازه گیری می گویند. ولی امروز ساینس دانها تراید اعتماد و اطمینان را در مورد معرفت اشیا اندازه گیری می گویند. یعنی تا وقتیکه اشیا اندازه نه گردد، شناخت ما در مورد آن ناقص خواهد بود. این هم بسیار مهم است که نتایج اندازه گیری واقعی باشد، و دقت در گزارش دهی با دقت آله اندازه گیری یکسان باشد. در گزارش دهی اندازه گیری، کاربرد ارقام قابل اهمیت (Significant figures) سبب وضاحت بیشتر معلومات شده میتواند.



فعالیت

خط کشی که دارای طول الی 30cm باشد و تقسیمات ملی متری را نیز داشته باشد
و یک ورق کاغذ.

طرز العمل:

- 1- طول، عرض و ضخامت کتاب (فزیک) خود را اندازه نمایید.
- 2- هر یک از اندازه های فوق الذکر را چهار، چهار مرتبه اجرا نمایید و در یک ورق کاغذ قرار ذیل بنویسید.

کتاب فزیک	مرتبه اول	مرتبه دوم	مرتبه سوم	مرتبه چهارم
طول	؟	؟	؟	؟
عرض	؟	؟	؟	؟
ضخامت	؟	؟	؟	؟

- 3- هرگاه در اندازه گیری ها تفاوت وجود داشته باشد، آنرا با همدگر شریک نمایید.
- 4- سبب این تفاوت ها چیست؟ در گروپ ها با هم بحث نمایید، و عوامل مباحثات تاثر گزارش دهید.



2-2: ارقام قابل اهمیت (significant figures)

در علوم غرض نمایش دقیق اندازه گیری از ارقام قابل اهمیت (ارقام قابل اعتماد) استفاده میشود. زمانی که یک شخص ذریعه یک آله، یک کمیت فیزیکی را اندازه مینماید، یک قیمت این آله را خوانده و آنرا توسط یک عدد نشان می دهد. تمام ارقام این عدد که از آله اندازه گیری خوانده شده است، جمع یک رقم مشکوک به نام ارقام قابل اهمیت یاد میشود. از جمله این ارقام، رقم مشکوک تقریبی بوده و به کوچکترین تقسیمات آله اندازه گیری مربوط میشود. به هر اندازه بی که در گزارش دهی، اندازه گیری ارقام قابل اهمیت بیشتر باشد، به همان اندازه، گزارش دقیق خواهد بود. به خاطر وضاحت ارقام مهم (ارقام قابل اعتماد) مثال ذیل را در نظر میگیریم. فرض مینماییم که طول یک کنار یک مکعب را توسط خط کش معلوم میکنیم. خط کش دارای تقسیماتی از 1 الی 100 می باشد و هر قسمت آن یک سانتی متر است. هر سانتی متر آن نیز دارای ده تقسیمات میباشد که هر تقسیمات یک ملی متر میشود. وقتی که توسط این آله کنار معکب اندازه گیری گردیده است، محض آنرا توسط عدد $16.84m$ گزارش داده است. در این حالت 1، 6 و 8 گزارش داده است. در این حالت 4 یک رقم تخمینی است، که بین نشانه های هشتم و نهم ملی مترها قرار دارد. در گزارشات علمی این رقم مشکوک یا تخمینی طوری نوشته میشود که بالای آن علامه دش (-) میباشد، مثلاً $16.84m$. در این مثال تمام ارقام 1، 6، 8 و 4 از جمله ارقام قابل اعتماد بشمار می آید. در ریاضی برای ارقام قابل اهمیت (قابل اعتماد) قواعد ذیل را همیشه در نظر داشته باشید:

- ارقام خلاف صفر، قابل اهمیت میباشد.
- صفرهای که در بین دیگر ارقام قابل اهمیت واقع باشند، ارقام قابل اهمیت میباشد.
- در ارقام قابل ارزش، همان رقمی که در چپ ترین طرف واقع است ارزشمندترین رقم است. طور مثال در عدد (0.004205)، ارزشمندترین رقم، چار (4) میباشد، و صفرهای طرف چپ چار، ارقام ارزشمند نمیشد ولی همان صفری که بین (2) و 5 واقع است رقم ارزشمند میباشد.

• در اعداد اعشاری رقمی که کوچکترین ارزش را دارا است به طرف راست ترین واقع میشود. مگر با آنها از جمله ارقام ارزشمند خارج نمی گردد، چنانچه در مثال فوق، 5 در حالیکه



نسبت به همه، رقم با کمترین ارزش است، ولی با آن هم از جمله ارقام با ارزش میباشد.

- اگر علامه اعشاریه موجود نباشد، راست ترین رقم خلاف صفر، رقم کم ارزش میباشد.

طور مثال در 4800 کم ارزش ترین رقم، 8 است.

سؤالات:

الف:	$300\,000\,000 \frac{m}{s}$	و:	$1.30520MH_z$
ب:	$3 \times 10^8 \frac{m}{s}$	ز:	$78.9 m$
ج:	$25.030^\circ c$	ح:	$3.788 \times 10^9 s$
د:	$0.006070^\circ c$	ط:	$2.46 \times 10^6 kg$
ه:	$1.004 j$	ی:	$0.0032 mm$

2 - سرعت نور $\frac{m}{s} 2.99792458 \times 10^8$ است شما این سرعت را توسط:

الف: سه رقم ارزشمند،

ب: پنج رقم ارزشمند،

ج: هفت رقم ارزشمند نشان دهید

برای حل این چنین مسایل باید تمام قیمت ها با استفاده از عدد نویسی علمی نوشته شود. در عدد نویسی علمی، اندازه گیری به طاقت 10 تحریر می گردد، و تمام ارقام داده شده آنها مهم میباشد. به طور مثال، اگر طول $23.0cm$ دارای یک عدد یا دو رقم باشد، باید آنرا در عدد نویسی علمی چنین نوشته کرد: $2.3 \times 10^1 cm$ چنین نوشته میشود: $2.30 \times 10^2 cm$ اگر در پیشروی ارقام یک مقدار نوشته شده، صفر موجود باشد، عدد نویسی علمی در این حالت نیز بکاربرده میشود. طور مثال، اندازه بی مانند $0.00015cm$ در عدد نویسی علمی به شکل $1.5 \times 10^{-4} cm$ نوشته میشود، در حالیکه دارای دو رقم میباشد. صفر

بین علامه اعشاریه و رقم 1 در ارقام عددی (significant figures) شمرده نمی شود. زیرا این صفرها تنها برای تعیین محل علامه اعشاریه و نشان دادن نوع مقدار، گذاشته میشود. قاعده یی که در یک اندازه گیری صفرها شامل باشد تعیین کننده تعداد ارقام میباشد که در جدول ذیل نشان داده شده است.

مثال ها	قاعده
1. صفرهای بین ارقام خلاف صفر نیز ارقام میباشد.	50.3m (a) سه رقم دارد 3.0025s (b) دارای پنج میباشد
2. صفرها در پیشروی ارقام خلاف صفر، رقم نمیشد.	0.892 (a) دارای سه رقم میباشد 0.0008ms (b) دارای یک رقم میباشد
3. صفرهای که در پایان یک عدد باشد، ارقام میباشد.	57 00g (a) چهار رقم دارد 2,000,000kg (b) هفت رقم دارد

در محاسبات تعداد ارقام به قاعده های مشخص ضرورت دارد

تعداد ارقامی را که شما در محاسبات خویش حاصل مینمایید، در اندازه گیری مربوط به ارقام مهم میباشد. طور مثال، اگر شخصی بگوید که ارتفاع قله کوه 1710m است، طوری معلوم میشود که ارتفاع حقیقی قله کوه بین 1705m و 1715m میباشد، شکل () اگر شخص دیگری در قله کوه به ارتفاع 0.70m یک برج از سنگ اعمار نماید، طور ناگهانی این حالت ارتفاع جدید کوه را تشکیل نمی دهد که میانیم طور دقیق 1710m است. ارتفاع متذکره نمیتواند اندازه دقیق باشد. بنابراین ارتفاع گزارش شده با برج باید به 1710m تدویر (rounded off) شود، عین قاعده برای ضرب نیز بکاربرده میشود. غرض وضاحت این موضوع فرض مینماییم که هرگاه طول اتاق 6.7m و عرض آن 4.6m باشد، حاصل ضرب این قیمت ها $30.82m^2$ میشود. این جواب دارای چهار رقم است که نسبت به طول و عرض اتاق خیلی دقیق میباشد. بنابراین ممکن است که عرض اتاق از 4.55m و طول آن از 6.65m کوچکتر باشد یا عرض آن از 4.65m و طول آن از 6.75m بیشتر باشد. بنابراین باید مساحت اتاق بین $30.26m^2$ و $31.39m^2$ باشد. چون هر اندازه گیری تنها دارای دو رقم



مهم میباشد، پس ممکن است مساحت اتاق تنها دو رقم مهم داشته باشد. بنابراین مساحت باید الی $31m^2$ روند آف (rounded off) شود. جدول ذیل دو قاعدهٔ اساسی را نشان می دهد که ارقام مهم را در وقت انجام محاسبات تعیین مینماید.

جدول قاعدهٔ محاسباتیکه دارای ارقام مهم میباشد

نوع محاسبه	قاعده	مثال
جمع یا تفریق	جمع و تفریق داده شده به امتداد ستون اجرا می گردد، جواب نهایی را از طرف چپ به طرف ستون اول که دارای رقم محاسبه شده است روند ROUND OF نماییند.	$\begin{array}{r} 97.3 \\ + 5.85 \\ \hline 103.15 \end{array}$ شدن روند آف $\rightarrow 103.2$
ضرب یا تقسیم	جواب نهایی دارای تعداد ارقام مهم میباشد که آنرا کوچکترین عدد اندازه گیری می گویند.	$\begin{array}{r} 123 \\ \times 5.35 \\ \hline 658.05 \end{array}$ شدن روند آف $\rightarrow 658$

همچنان بعد از این گونه عملیة حسابی نتیجۀ محاسبه، روند آف می گردد. طور مثال نتیجۀ یک تعداد ضرب ها با استفاده از قاعدهٔ ضرب / تقسیم باید قبل از اینکه با عدد دیگر جمع شود، روند آف گردد. به عین ترتیب مجموعهٔ چندین عدد مطابق به قاعدهٔ جمع / تفریق باید قبل از اینکه با عدد دیگر ضرب گردد، روند آف شود. روند آف ضرب ممکن است در یک محاسبه اشتباه را بیشتر بسازد، مگر این برای استفادهٔ قواعد، یک طریقهٔ واضح است. برای تمرین و وضاحت بیشتر، یک تعداد قاعده ها در جدول ذیل نوشته شده است:



جدول قاعده های روند آف در محاسبات

چه می کنید؟	چه وقت انجام می دهید	مثال ها
ROUND DOWN	اگر بعد از علامه اعشاریه عدد مهم نهایی 0، 1، 2، 3 و 4 باشد.	نوشته 30.2 طور 30.24 میشود
	اگر بعد از علامه اعشاریه یک عدد و بعد از آن 5 باشد و عدد مخالف صفر دیگر را نه داشته باشد.	نوشته 32.2 طور 32.25 میشود.
ROUND UP	اگر بعد از علامه اعشاریه عدد مهم نهایی 6، 7، 8 یا 9 باشد	نوشته 22.5 طور 22.49 میشود.
	هر گاه بعد از علامه اعشاری عدد مهم نهایی 5 و بعد از آن عدد، مخالف صفر باشد.	نوشته 54.8 طور 54.7511 میشود.
	اگر بعد از علامه اعشاریه، عدد مهم نهایی یک عدد اتاق و بعد از آن 5 باشد، و عدد دیگر مخالف صفر را نه داشته باشد.	نوشته 54.8 طور 54.75 میشود. نوشته 79.4 طور 97.3500 میشود.

2-3: سیستم واحدهات SI

اگر از شما پرسیده شود که یک شی (طور مثال موتور) را دیدید؟ این پرسش در عکس العمل شما کدام پرسش های آنی را ایجاد خواهد کرد؟ و یا کدام پرسش های فوری را با خود خواهد داشت؟ در مورد آن فکر نمایید.

در عکس العمل شما شاید پرسش هایی مانند کجا؟ کدام موتور؟ و چه وقت ایجاد گردد. البته که در این جا به کجا طول جواب میدهد و به کدام موتور کتله و بالاخره به چه وقت زمان یا وقت جواب می دهد.



بحث اول در مورد کجا: در اینجا موقعیت یک شی معلوم می شود و برای تعیین موقعیت اندازه کردن طول لازم می باشد. برای اندازه کردن طول به یک واحد اساسی ضرورت می باشد و این واحد متر است. طول یک متر فاصله بی است که **نور آنرا در** $(3.33564095 \times 10^{-9})$ ثانیه طی مینماید.

چون در امور روزانه برای اندازه کردن فاصله های بزرگ (فاصله ستاره ها) و همچنین فاصله های کوچک (فاصله بین اتم ها) ضرورت می باشد، بنابراین واحدهات بزرگ و کوچک نسبت به واحد اساسی وجود دارد که در درس گذشته تحت عنوان اجزا و اضعاف متر آنرا مطالعه کرده اید.

بحث دوم در مورد سؤال کدام موثر: در این مورد شاید مقصد این باشد که آیا این موثر کلان است یا کوچک برای اندازه کردن بزرگ (کلان) و کوچک باید کتله یک جسم اندازه گردد.

کیلوگرام واحد کتله است. مقدار مواد داخل یک جسم را کتله می گویند، یعنی کتله مقدار موادی است که جسم از آن تشکیل شده است. یک کیلوگرام مساوی به کتله 0.001 متر مکعب آب است. کتله یک کیلوگرام از الیاز پلاتینیوم- ایریدیوم ساخته شده است که تحت شرایط خاص در پاریس نگهداشته میشود.

کیلوگرام نیز واحدهات بزرگ و کوچک نسبت به خود دارد که برای اندازه کردن کتله های بزرگ و کوچک به کار برده میشوند.

بحث سوم در مورد چه وقت: وقت یک کمیت دیگر فیزیکی است که یک بخش مهم معرفت را بیان مینماید. تشخیص مستقیم وقت و تعریف آن تا اندازه بی مشکل است. مگر گفته میتوانیم که همه حوادث در یک وقت (زمان) صورت می گیرد و وقت متمادی، برگشت ناپذیر و یک بعدی است.

وقت را اندازه کرده میتوانیم و واحد اساسی وقت یک ثانیه است. یک ثانیه مساوی به $(\frac{1}{24})(\frac{1}{60})(\frac{1}{60}) = 0.00011574$ یک شبانه روز متوسط آفتابی میباشد، و به صورت دقیق وقت یک ثانیه برابر به 9192631770 پیریود موج منتشره اتم سیزیوم میباشد.



برعلاوه واحداث اساسی طول، کتله و وقت، چار واحداث اساسی ديگر نيز در فزيک وجود دارد که عبارت از امپير (واحد جريان برق)، کلونين (واحد درجه ترموديناميکي)، مول (واحد تعداد ذرات ابتدائي در یک شي) و کنديلا (واحد شدت نوري) ميباشند. و تعريفات مختصر آنها قرار است:

امپير: جريان ثابت یک امپير عبارت از جرياني است که هرگاه در بين دو سيم هادي بي نهايت طويل با مقطع خيلي کوچک (قابل صرف نظر) در خلا به فاصله یک متر از همدیگر واقع باشند. در هر متر سيم ها قوه 2×10^{-7} نيوتن را ايجاد نمايد.

کلونين: کلونين عبارت از واحد درجه حرارت ترموديناميکي است. درجه کلونين به اساس درجه حرارت ترموديناميکي سه گانه آب از 273.16 قسمت، یک حصه آن است، يا $\frac{1}{273.16}$ حصه اين درجه حرارت ميباشد. مقدار اين درجه يعني درجه کلونين مساوی به مقدار درجه سانتی ميباشد.

مول: در یک سيستم، یک مول عبارت از مقدار موادی است که تعداد ذرات ابتدائي آن مساوی به تعداد اتم های 0.012kg کربن ^{12}C باشد. وقتیکه از مول سخن می گوئيم، بايد که از ذرات ابتدائي مانند اتم ها، ماليکول ها، آيون ها، الکترون ها و يا ذرات ديگر طور مشخص ياد گردد.

کنديلا: کنديلا عبارت از شدت روشنائي است که هرگاه از یک منبع، شعاعي یک رنگ با فریکونسي 540×10^{12} هرتز در جهت معلوم پخش گردد و در اين جهت در هر ستيراديان زاويه، $\frac{1}{683}$ وات شدت روشنائي را به وجود آورد. بايد گفته شود که 7 نوع واحداث ذکر شده با یکديگر متقابلاً رابطه نه دارند. یک تعداد کميت های ديگری وجود دارند که واحداث آنها به نام واحداث اشتقاقی ياد ميشوند و از اين واحداث اساسی از طريق معادلات مقداری تعريف شده اند، در سيستم SI واحداث اشتقاقی را در جدول ذيل مشاهده کرده ميتوانيم:



کمیّت فزیکِی	واحد و اسم خاص آن	کمیّت فزیکِی	واحد و اسم خاص آن
قوه	نیوآن ($kg\ m/s^2$)	مساحت	m^2 متر مربع
فریکوینسی	s^{-1} هرتز	حجم	m^3 متر مکعب
فینرا (STRESS)	$\frac{N}{m^2}$ پاسکال	سرعت	m/s متر بر ثانیه
انرجی، کار، مقدار حرارت	$kg\ m^2/s^2$) ژول	کثافت	کیلوگرام فی متر مکعب kg/m^3
قدرت	وات ($kg\ m^2/s^3$)	حجم مخصوص	مترمکعب فی کیلوگرام m^3/kg
چارج برقی	$s.A$ کولمب	کثافت جریان	A/m^2 مترمکعب فی کیلوگرام
تفاوت پوتانسیل برقی (قوه محرکه برقی)	ولت $m^2.kg.s.^{-3}.A^{-1} = \frac{W}{A}$	شدت ساحه مغناطیسی	A/m امپیر فی متر
ظرفیت	فاراد $m^{-2}.kg.^{-1}.s.^4.A^2$)	مقدار تمرکزیت یک ماده	مول فی متر مکعب mol/m^3
مقاومت برقی	$m^2.kg.s.^{-3}.A^{-2}$ اوم	کندیلا فی متر مربع	cd/m^2
د سانتی گرید درجه	C°	مغناطیسی فلکس	وینر $(m^2.kg.s.^{-2}.A^{-1})$
درجه سانتی گرید	cd کندیلا	شدت فلکس مغناطیسی	تسلا $(kg.s.^{-2}.A^{-2})$
زاویه سطحی	$m.m^{-1}$ رادیان	اندکشن (القا)	هنری $(m^2.kg.s.^{-2}.A^{-2})$



در یک تعداد کشورها به طور مشخص در کشورهایی که به لسان انگلیسی صحبت مینمایند، عوض سیستم SI واحدهای دیگر بکاربرده میشوند. طور مثال عوض متر از فـت یا انچ استفاده می نمایند، عوض کیلوگرام از سلگ کار می گیرند و عوض تن از پوند استفاده میکنند. این واحدها با واحدهای SI طور ذیل رابطه دارند.

$$\text{طول} \quad 6.21 \times 10^{-4} \text{ mile} = 3.28 \text{ ft} = 39.4 \text{ in} = 1 \text{ m}$$

$$\text{مساحت} \quad 1.55 \times 10^3 \text{ in}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2 \quad 91.44 \text{ cm} = 0.9144 \text{ m} = 1 \text{ yard}$$

$$\text{حجم} \quad 10^3 \text{ liters} = 6.1 \times 10^4 \text{ in}^3 = 35.3 \text{ ft}^3 = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{کنله} \quad 1 \text{ slug} = 14.59 \text{ Kg}$$

$$\text{وزن} \quad 1 \text{ liter} = 4.45 \text{ N}$$

$$\text{وخت} \quad 1 \text{ year} = 365.24 \text{ day} = 8.76 \times 10^3 \text{ hr} = 5.26 \times 10^5 \text{ min} = 3.16 \times 10^7 \text{ s}$$

$$\text{کثافت} \quad 1 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 1 \times 10^{-3} \text{ g} / \text{m}^3 = 1.94 \times 10^{-3} \text{ slug} / \text{ft}^3$$

$$\text{سرعت} \quad 1 \text{ m} / \text{sec} = 3.28 \text{ ft} / \text{sec} = 2.24 \frac{\text{miles}}{\text{hr}} = 3.60 \frac{\text{Km}}{\text{hr}}$$

$$\text{تعجیل} \quad 1 \text{ m} / \text{sec}^2 = 3.281 \text{ ft} / \text{sec}^2 = 3.60 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\text{قوه} \quad \begin{cases} 1 \text{ N} = 10^5 \text{ dynes} = 0.225 \text{ lb} \\ 1 \text{ liter} = 4.45 \text{ N} = 16 \text{ ounces} \end{cases}$$

$$\text{فشار} \quad 1 \text{ atmosphere (atm)} = 1.013 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^{13} \text{ milibar} = 14.7 \text{ lb} / \text{in}^2 \\ = 2.12 \times 10^3 \text{ lb} / \text{ft}^2 = 760 \text{ cm of Hg}$$

سؤالات

1- به نظر شما برای مقادیر ذیل کدام یک از واحدها را یک واحد مناسب میدانید؟

الف: وقتی که برای یک CD لزوم است _____
 ب : برای کنله یک موتور تیرفتار _____

- ج: برای طول یک میدان فوتبال _____
 د: برای اندازه کردن قطر یک غوری _____
 ه: برای وقت یک سمستر مکتب شما _____
 و: فاصله بین خانه و مکتب شما _____
 ز: برای کتله بدن شما _____
 ح: برای اندازه کردن قد شما _____
 2- هرگاه سرعت را که توسط $\frac{m}{s}$ نشان داده میشود مربع نمایید، جواب آن کدام واحد را نشان خواهد داد؟

وکتور و سکالر

در فزیک کمیات به دو نوع اند که عبارت از کمیات وکتوری و سکالری میباشد. کمیت وکتوری عبارت از آن کمیت فیزیکی است که علاوه بر مقدار، توسط جهت نیز مشخص میشود. طور مثال، برای توضیح مکمل یک قوه بالای یک جسم، باید جهت قوه عامل و یک عدد، که مقدار قوه را نشان می دهد، هر دو مشخص گردد و توسط علامه $\rightarrow$ () نشان داده می شود که به نام وکتور یاد می گردد. سکالر تنها مقدار دارد و دارای جهت نمیشد. بعضی مثال های کمیت سکالری عبارت از کتله، کثافت، چارج برقی، انرژی، درجه حرارت، مساحت و وقت میباشد.

بعضی خواص وکتور:

دو وکتور مساوی: دو وکتور A و B وکتورهای مساوی اند هرگاه آنها دارای مقادیر و طول مساوی هم جهت باشند. یعنی A و B باهم مساوی اند، تنها در صورتی که دارای عین جهت باشند. به طور مثال، تمام وکتورهای که در شکل نشان داده شده اند باهم مساوی اند، حتی اگر دارای نقاط آغاز مختلف هم باشند. این خاصیت بیان می نماید که یک وکتور با خودش مساوی است، در حقیقت یک وکتور موازی به خودش حرکت کرده میتواند.

جمع کردن دو وکتور: هر چند دراین مورد در صنف یاددهم

به تفصیل بیشتر مطالعه خواهید کرد، با آن هم در این صنف در حد ضرورت موضوعات را به طور فشرده توضیح می داریم:

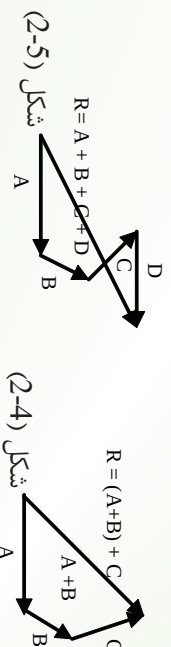
زمانیکه دو یا بیشتر وکتورها باهم جمع میشوند، باید تمام وکتورها دارای واحداث

مشابه در یک سیستم باشند. به طور مثال بی معنی خواهد بود که اگر وکتور سرعت را با وکتور تغییر مکان جمع نماییم زیرا آنها کمیات مختلف فیزیکی اند. قواعد جمع کردن وکتورها توسط طریقه های هندسی بیان میشود. برای جمع کردن وکتور B با وکتور A نخست وکتور A را بالای کاغذ گراف رسم می نماییم و بعداً وکتور B را طوری رسم می کنیم که آغاز آن بالای انجام وکتور A باشد. چنانچه در شکل ذیل نشان داده شده است، وکتور محصله عبارت از $(R=A+B)$ میباشد، که از آغاز وکتور A الی انجام وکتور B رسم می گردد. این طریقه به نام طریقه جمع کردن مثلثی وکتورها یاد میشود. یک طریقه دیگر جمع کردن گرافیکی دو وکتور که به نام قاعده متوازی الاضلاع یاد میشود در شکل (2-3) نشان داده شده است. در این ساختمان آغاز وکتورهای A و B یک نقطه بوده و وکتور محصله R قطر متوازی الاضلاع را تشکیل می دهد که وکتورهای A و B اضلاع آن میباشد. وقتی که دو وکتور را جمع می نماییم، مجموعه آن به طریقه جمع کردن ارتباط نه دارد. این حالت را میتوانیم از ساختمان هندسی مشاهده نماییم، که به نام قانون تبدیلی در عملیه جمع کردن یاد میشود، یعنی: $(A+B=B+A)$

هرگاه سه یا بیشتر وکتورها را با هم جمع کنیم، مجموعه شان مربوط به ترتیبی نمیشاند که در آن وکتورها به صورت جداگانه باهم جمع میشوند. ثبوت هندسی این سخن برای سه وکتور در شکل (2-4) داده شده است. این به نام قانون اتحادی در عملیه جمع یاد میشود، یعنی: $A + (B + C) = (A + B) + C$



شکل (2-2)



شکل (2-5)

همچنان میتوانیم ساختمان هندسی را برای جمع کردن بیشتر از سه وکتور نیز بکار ببریم. این حالت برای چهار وکتور در شکل (2-5) نشان داده شده است.

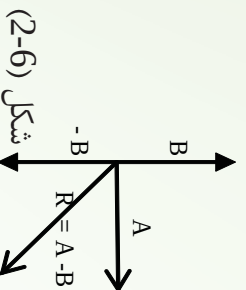
$D + C + B + A = R$ (وکتور محصله) این محصله وکتوری است که کثیرالاضلاع را تکمیل مینماید. به عبارت دیگر، R عبارت از وکتوری است که از آغاز وکتور اولی الی انجام وکتور نهایی رسم می شود. باز هم ترتیب جمع کردن مهم نیست.

وکتور منفی: وکتور منفی وکتور A عبارت از وکتوری است که هرگاه با A جمع شود نتیجه آن رقم صفر حاصل می گردد. یعنی $0 = A + (-A)$ وکتورهای A و $-A$ مقادیر مشابه دارند، مگر انجام های شان در جهت های مخالف واقع اند.

تفریق کردن وکتورها: در عملیه تفریق کردن وکتورها، از تعریف وکتور منفی استفاده می نماییم. عملیه $A-B$ را طوری تعریف می نماییم که در حقیقت وکتور $-B$ با وکتور A جمع شده است، یعنی: $(A-B=A+(-B))$

ساختمان هندسی برای تفریق کردن دو وکتور در شکل (2-6) نشان داده شده است.

$$A - B = A + (-B) \dots\dots\dots$$



ضرب یک سکالر با یک وکتور: اگر با وکتور A یک کمیت مثبت سکالری m ضرب گردد، حاصل ضرب mA وکتوری است که دارای جهت مشابه به A و مقدار mA میباشد، و اگر m یک کمیت منفی باشد، وکتور mA دارای جهت مخالف A میباشد.

2-4: اشتباه در اندازه گیری

هر کار تجربی از اشتباه خالی نمیشد، مگر مهم اینست که این اشتباه به کوچکترین حد برسد تا یک نتیجه صحیح حاصل گردد.

گاهی انسانها آله اندازه گیری را غلط میخوانند و گاهی هم ضبط (نتیجه) را غلط میمانند و بالاخره سبب اشتباه می گردند.

اشتباه یا به وسیله انسانها به وجود می آید و یا ذریعه وسایل اندازه گیری ایجاد می

شود. اشتباهی که توسط انسانها به وجود می آید، ذریعۀ تکرار زیاد اصلاح شده میتواند، گاه گاه انسانها برای اندازه کردن یک شی از روش های مختلف استفاده مینمایند. این نوع اشتباه را به نام اشتباه میتودی یاد مینماید و این اشتباه زمانی اصلاح می گردد که یک میتود معیاری به وجود آید. طور مثال، وقتیکه ذریعۀ یک خط کش طول را اندازه مینماییم، پس در وقت خواندن باید دید خود را طور عمودی و مستقیم حفظ نماییم و اگر در وقت خواندن از یک طرف و یا طرف دیگر برایش نگاه کنیم اشتباه به میان می آید. اشتباهی که ذریعۀ آله اندازه گیری به وجود می آید، به نام اشتباه ابزاری (Instrumental error) یاد می شود، و هر زمانی که این آله مورد استفاده قرار می گیرد این اشتباه همراهیش میباشد. این نوع اشتباه یک جانبه میباشد، به این معنی که اگر اندازه گیری توسط این آله صورت بگیرد و یک کمیت فیزیکی را بیشتر نشان بدهد، پس همیشه آنرا زیاد نشان خواهد داد. طور مثال، اگر سرعت حرکت یک ساعت زیاد باشد همیشه وقت را بیشتر نشان می دهد و اگر فرضاً حرکت آن کند باشد، همیشه وقت را به عقب نشان می دهد. وسایلی که در لابراتوار مورد استفاده قرار می گیرد باید همیشه طور درست کار نمایند و اگر چنین نباشد، پس همیشه در اندازه گیری اشتباه به وجود می آورد. دیده خواهید بود گاه گاه ترازویی که در لابراتوار مورد استفاده قرار می گیرد و دسته آن درست کار نکند سبب اشتباه می گردد.

سوالات

- 1- به صورت عمومی اشتباه یا توسط و یا ذریعۀ به وجود می آید.
- 2- اشتباه میتود به وسیلۀ ایجاد اصلاح شده میتواند.
- 3- اشتباهی که به سبب نقص آله به وجود می آید میباشد.
- 4- هر کار تجربی از خالی نمیشد، مگر باید به حالت خود آورده شود.

2-5: تحلیل و تجزیه ابعاد

مقادیر کمیات فیزیکی باید توسط واحداتی نشان داده شود که در مطابقت با بعد آن کمیت باشد. طور مثال، اندازه طول نمیتواند توسط کیلوگرام نشان داده شود زیرا که واحد کیلوگرام برای ارایۀ بعد کتله میباشد. بسیار مهم است که مطمئن شویم مقادیر توسط واحداتی نشان داده شده است که مطابقت به بعد مربوط نماید.

یک تکنیک خیلی عالی که به صورت عمومی در حل سؤالات فزیک از اشتباه جلوگیری مینماید اینست که در جواب سؤال، واحداث درست باشد و دیده شود که در مطابقت به ابعاد بکاربرده شده باشد. مسئله مهم دیگر اینست که نه تنها باید واحداث با ابعاد در مطابقت باشند، بلکه عین واحد باید بکاربرده شود. غرض روشنی بیشتر موضوع، مثال ذیل را در نظر می گیریم:

دو شاگرد مساحت یک اتاق را دریافت مینمایند. یک شاگرد طول را توسط متر و شاکرد دیگر عرض را به سانتی متر پیدا می کند، یعنی: $20.35m$ و $1250cm$ مگر زمانی که آنها مساحت را دریافت مینمایند، طول را در عرض ضرب می کنند. توضیح و بیان این واحد جواب یعنی به (m.cm) خیلی مشکل است. ولی اگر هر دو شاگرد طول و عرض را از جنس متر دریافت نمایند، یعنی $20.35m$ و $12.5m$ و بعداً برای پیدا کردن مساحت سطح، طول و عرض را باهم ضرب نمایند، جواب از جنس m^2 حاصل خواهد شد و توضیح و بیان این جواب خیلی آسان است.

وضاحت دارد	وضاحت ندارد
$\begin{cases} 20.35m \\ 12.5m \\ 254.375m^2 \end{cases}$	$\begin{cases} 20.35m \\ \times 1250cm \\ \hline 25437.5m.cm \end{cases}$

با وجود این هم اگر اندازه گیری توسط واحداث مختلف صورت گرفته باشد، چنانچه در مثال فوق یک اندازه گیری توسط m و دیگر آن توسط cm انجام شده است، مگر میتوانند این ها با آسانی به یکدیگر تبدیل گردند. زیرا که m و cm هر دو واحداث طول اند. این را نیز باید به خاطر داشته باشیم که هرگاه واحداث از سیستم های مختلف مثلاً متر (meters) و فت (fetes) داده شده باشند، آن را نیز باید قبل از اینکه به حل کردن سؤال آغاز نماییم، واحداث را به یکدیگر تبدیل نماییم و در یک سیستم بیاوریم.

مثال: کتله یک بکتریای مخصوص $2.0fg$ (فمتوگرام) است. این مقدار را به g و kg دریافت نمایید، (در کتاب فزیک در مورد واحداث جدول داده شده است).

a) اگر خواسته باشیم این کتله را به g نشان دهیم مطابق به جدول از

$$\frac{1fg}{1 \times 10^{-15}g} = 1fg \quad \text{استفاده می نماییم:}$$

b) به عین ترتیب میتوانیم با استفاده از جدول، گرام را به کیلوگرام اینطور تبدیل نماییم:

$$2.0fg \left(\frac{1 \times 10^{-15}g}{1fg} \right) = 2.0 \times 10^{-15}g$$

$$2.0 \times 10^{-15}g \left(\frac{1kg}{1 \times 10^3g} \right) = 2.0 \times 10^{-18}kg$$



سؤال:

اگر یک قوه را که توسط نیوتن یا $\text{Kg } m/s^2$ رایه شده باشد بالای سرعت تقسیم نمایید، جواب آن کدام واحد را می دهد؟

سؤالات اخیر فصل

- 1- واحد طول در سیستم SI عبارت است از:
a. انچ c. متر
b. فوت d. کیلو متر
- 2- یک سال نوری عبارت از فاصله بی است که نور آنرا در زمان یک سال طی می نماید و قیمت عددی آن 9500000000000km میباشد، این فاصله چند متر است؟
a. $9.5 \times 10^{10} \text{ m}$ b. $9.5 \times 10^{12} \text{ m}$
c. $9.5 \times 10^{15} \text{ m}$ d. $9.5 \times 10^{18} \text{ m}$
- 3- اگر در اندازه گیری یک طول نظر خود را طور مستقیم به اندازه گیری خود حفظ نه نمایید، اندازه گیری شما از کدام جانب متاثر خواهد گردید.
a. اندازه گیری شما کمتر دقیق خواهد بود.
b. اندازه گیری شما کمتر صحت خواهد داشت.
c. در اندازه گیری شما تعداد کمتر ارقام قابل ارزش موجود خواهد بود.
d. در اندازه گیری شما توسط آله اندازه گیری اشتباه موجود خواهد بود.
- 4- اگر مطابق شکل، در اندازه گیری، طول یک پنسل را توسط واحد سانتی متر گزارش بدهید، چند رقم قابل ارزش را خواهد داشت؟
a. یک b. دو c. سه d. چهار
- 5- برای یک معادله صحیح فیزیکی کدام یک از جملات ذیل درست است؟
a. هر دو طرف معادله باید دارای عین متحولین باشند؟
b. به هر دو طرف معادله باید متحولین موجود باشند نه اعداد.
c. به هر دو طرف معادله باید عین ابعاد (کمیت فیزیکی) موجود باشند.

d) به هر دو طرف باید اعداد موجود باشند نه متخولین.

6- در مقادیر ذیل چند رقم با ارزش وجود دارد؟

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| a. $300000000 \frac{m}{sec}$ | b. $3.00 \times 10^8 \frac{m}{sec}$ |
| c. $25.030 C^{\circ}$ | d. $0.006070 C^{\circ}$ |
| e. $1.004 j$ | f. $1.30520 MHz$ |

7- سرعت نور $2.99792458 \times 10^8 \frac{m}{s}$ شناخته شده است. سرعت نور را به طریقتهای ذیل نشان دهید.

- a) توسط سه رقم با ارزش.
b) توسط پنج رقم با ارزش.
c) توسط هفت رقم با ارزش.

9- در مقادیر ذیل چند رقم با ارزش وجود دارد؟

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| a. $78.9 \pm 0.2 m$ | b. $3.788 \times 10^9 s$ |
| c. $2.46 \times 10^6 Kg$ | d. $0.0032 mm$ |

9- پیروی یک رقاصه ساده (که دارای بعد واحد وقت است) توسط معادله ذیل داده شده است: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

در این معادله l طول رقاصه و T تعجیل جاذبه زمین است. آیا این معادله از نظر ابعاد درست است؟

10- وسیله تحلیل ابعاد همان بعد را نشان دهید که در نتیجه تقسیم فاصله بالایی سرعت حاصل میشود.

11- حاصل جمع ذیل را بدست آرید و نتیجه را توسط متر نشان دهید. قوانین ارقام قابل ارزش را پیروی نمایید.

$$(25.873 km) + (1024 m) + (3.0 cm) = ?$$



نور و خواص آن

شما در هنگام روز اشیاى اطراف خود را مى بینید، ولی در شب که تاریکی میباشد چیزی را دیده نمی توانید. این چرا؟ در جواب حتمی می گوئید که در هنگام روز به خاطری اشیا را می بینیم که زمین توسط آفتاب روشن می شود. مگر در شب که تاریکی میباشد، هیچ چیزی معلوم نمی شود و اگر مهتاب باشد قسمًا معلوم می گردد. از اینجا واضح می گردد که نور سبب دیدن اشیا می گردد، بنابراین گفته می توانیم که نور عامل طبیعی است که اشیا را قابل رویت میسازد، و اگر نور نباشد هیچ چیز دیده نمی شود. بنابراین سؤال به وجود می آید که نور چیست؟ نور چگونه انتشار مینماید؟ نور به کدام سرعت انتشار مینماید؟ عمل متقابل نور با ماده چگونه است؟ چون در نتیجه عمل متقابل نور با ماده انعکاس نیز صورت می گیرد، پس سؤالات مطرح می گردد، که انعکاس نور چیست؟ قوانین انعکاس کدام ها اند؟ و آشکر است که بعضی اجسام نور را به صورت منظم منعکس مینماید که این نوع اجسام آینه ها نامیده میشوند، پس سؤال می شود که آینه ها چگونه اجسامی اند؟ چند نوع اند؟ تصویر در آینه ها چگونه تشکیل می گردد؟ معادلات آینه چگونه اند و چطور حاصل میشوند؟ به این سؤالات و سؤالات مشابه به آن می توانید با مطالعه این فصل، جواب ارایه نمایید. هم چنان بعضی فعالیت ها نیز به همین رابطه اجرا می گردد، و به مقصد آموزش بهتر و آسان تر فعالیت هایی توسط شاگردان و یا معلم در صنف انجام می شود. مگر آن تجاری که برای حاصل نمودن یک کمیت انجام می شود، در لابراتوارها توسط شاگردان با رهنمائی های لازم اجرا می گردد، و همین طور برای درک این موضوع در آخر فصل سؤال ها با جواب های کوتاه طرح شده است.



خواص نور و انعکاس

اکثریت مردم در مورد حالت ظاهری نور فکر میکنند مانند، جلا و سفیدی نور که توسط منبع نور یا آفتاب تولید میشود. با وجود اینکه در مورد نور مثالهای دیگری نیز وجود دارد. طور مثال، هر گاه شما یک پارچه شیشه سبز یا پلاستیک را در مقابل نور سفید قرار دهید، شما نور سبز را می بینید. این حادثه برای رنگ های نور نیز صدق مینماید. ولی چشمان ما شش رنگ را تشخیص کرده میتوانند که عبارتند از: رنگ های سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی و بنفش. که بعد از عبور نور سفید یا نور آفتاب از یک منشور رنگ های متذکره حاصل می گردد.

خاصیت دیگر نور عبارت از انعکاس است. به خاطر درک مفهوم انعکاس فرض نمایید که شما موهایی سرتان را اصلاح می کنید و آرزو دارید، بدانید که عقب سر شما چگونه معلوم میشود. شما میتوانید این کار به ظاهر ناممکن را با استفاده از دو آینه که نور را از قسمت عقب سر شما به طرف چشمان تان جهت می دهد انجام دهید. چنانچه قبلاً گفته شد، جهت دادن دوباره برای نور توسط آینه ها خاصیت اساسی عمل متقابل نور با ماده را نشان می دهد. در یک ماده منظم مانند هوا، آب یا خلا، نور به امتداد خط مستقیم انتشار می یابد که این هم یک خاصیت نور است. اگر نور با مواد مختلف برخورد نماید، مسیر آن تغییر می نماید. ولی اگر ماده مکدر (تاریک) مانند سطح میز چوبی که صیقلی باشد، نور از آن عبور نخواهد کرد. مگر یک قسمت نور جذب گردیده و باقیمانده آن دوباره منعکس میشود. این تغییر جهت نور یا منعکس شدن آن به نام انعکاس یاد می گردد. تمامی اجسام یک قسمت نور وارده را جذب می کنند و باقیمانده آن را منعکس مینماید. در یک ماده شفاف و نیمه شفاف، نور جذب شده نیز مسیر خود را تغییر می دهد که این حادثه را بنام انکسار یاد مینماید، که این هم یک خاصیت مهم نور است.

سوالات

1. رنگ سفید متشکل از کدام رنگ ها است.
2. چشمان ما چند نوع رنگ ها را تشخیص کرده میتوانند.
3. خواص نور کدام ها و انعکاس چیست؟

3-1: انتشار نور

در وقت آفتاب بر آمده، آن قسمت زمین که به طرف آفتاب واقع است روشن می شود. در هنگام شب ما همان چراغ روشن را می بینیم که از ما به فاصله زیاد قرار دارد. اینکه از آفتاب نور به زمین می رسد و یا نور چراغ به چشمان ما می رسد و آنرا می بینیم، علت آن اینست که از اشیای متذکره نور انتشار می یابد و از هوای آزاد عبور مینماید. محیطی که نور از آن عبور کرده میتواند بنام محیط شفاف یاد میشود، و محیطی که از آن نور عبور کرده نمیتواند بنام محیط غیر شفاف یاد می گردد.

به پرسش ها ذیل جواب بدهید:

1. چرا از طرف بیرون، اشیای داخل یک بکس فلزی با چوبی دیده نمیشود؟
2. نام های چند ماده شفاف و غیر شفاف را بگردید که شما میشناسید.

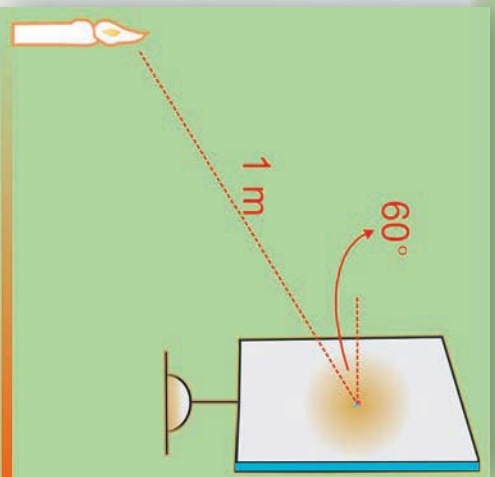


فعایت

چون قبلاً از آفتاب و چراغ بچیت منابع نور یادآوری شد، این بهتر خواهد بود که منبع وسیع و منبع نقطه یی نور را بشناسیم.

مواد مورد ضرورت:

روشنی آفتاب یا چراغ دستی و یا یک شمع روشن، مقوای کاغذی و سوزن.



شکل (1-3)

طرز العمل:

توسط سوزن در مقوای کاغذی سوراخ کوچکی را تشکیل بدهید و آنرا در مقابل آفتاب یا چراغ دستی و یا شمع روشن قرار دهید. شما خواهید دید که نور بعد از عبور از سوراخ کوچک منتشر می گردد. چراغ دستی، شمع روشن به نام منبع وسیع نور یاد میشوند و سوراخ مقوای کاغذی که بحیث یک منبع کوچک نور عمل مینماید به نام منبع نقطه بی نور یاد می گردد. ولی هر گاه چراغ دستی یا شمع روشن از فاصله بی دیده شود که ابعاد چراغ دستی یا شمع با این فاصله قابل مقایسه نباشد، یعنی ابعاد آن به مقایسه فاصله دید قابل صرف نظر باشد. پس چراغ دستی و شمع روشن نیز مانند منابع نقطه بی دیده میشوند.

3-1-1: بسته نوری

برای اینکه بدانیم نور چگونه انتشار می نماید، نخست باید بسته نوری و انشعه نوری را بشناسیم. در شکل (2-3) ذیل شما مسیر نور را در وقتی می بینید که نور از درز بین دروازه و دیوار عبور می کند مسیری نوری که از درز عبور می کند، به روی زمین یک بسته نوری را نشان می دهد. بسته نوری، که دارای مقطع عرضی خیلی کوچکی باشد به نام اشعه یاد میشود. در حقیقت گفته میتوانیم که مجموعه اشعه نوری، یک دسته نوری را تشکیل می دهد. با مشاهده دسته نوری میتوانیم مسیر نور را تشخیص دهیم.

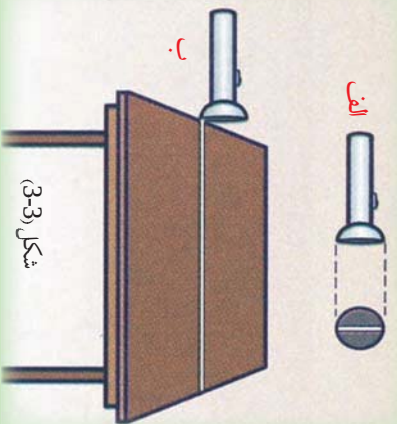


فعالیت

هدف: مشاهده دسته نوری و به اساس آن، تشخیص مسیر نور.
مواد مورد ضرورت:
چراغ دستی، مقوای کاغذی نسبتاً ضخیم، پرکار، قیچی، چاقو، سکاچتیب

طراز العمل:

1. از مقوای کاغذی به اندازه شیشه چراغ دستی دایره بی را قطع نمایید.
2. در مقوای یک درز مطابق شکل (3-3) ذیل با عرض یک دو ملی متر تشکیل دهید.



3. مقوای بروی شیشه چراغ دستی طوری نصب نمایید که آنرا به صورت مکمل ببوشاند و از اطراف آن نور بیرون نه گردد.
4. در محلی که خیلی روشن نباشد چراغ دستی را به کنار میز قرار دهید.
5. چراغ دستی را روشن نمایید، شما بروی میز بسته نوری را خواهید دید.

2-1-3: سرعت نور

قبلاً مطالعه نمودیم که نور آفتاب به زمین می رسد و زمین را روشن مینماید، در شب نور چراغ دستی سبب رویت اشیا می گردد. نتیجه میشود که نور در یک محل از یک منبع پخش می گردد و روشنی آن به فاصله های زیاد می رسد و اشیا را قابل رویت میسازد، پس لازم است بدانیم که نور به کدام سرعت پخش می گردد.

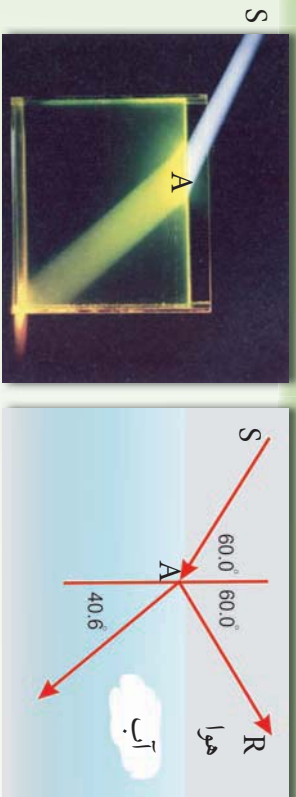
در زمانه های قدیم که تخنیک زیاد انکشاف نه کرده بود، کوشش های تعیین سرعت نور ناکام گردیده بودند. زیرا سرعت نور یگانه سرعت بزرگ است. مگر زمانی که تخنیک انکشاف نمود خصوصاً در قرن بیستم، سرعت نور به دقت بهتری تعیین گردید. در وسط قرن بیستم اشتباه تجربی از 0.001 فی صد نیز کاهش یافت. سرعت قبول شده نور در خلا $2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$ میباشد. سرعت نور در هوا نسبت به این قیمت اندک کوچکتر یعنی $2.99709 \times 10^8 \text{ m/s}$ است. در اینجا در محاسبات برای هر دو حالت قیمت $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ را بکار می برند.

2-3: عمل متقابل بین نور و ماده

برای اینکه چگونگی عمل متقابل بین نور و ماده را درک نماییم فعالیت ذیل را انجام می دهیم.

فعالیت

مواد مورد ضرورت: یک ظرف شیشه‌ی، چراغ دستی، پودر تباشیر.



شکل (3-4)

طرز العمل

فعالیت در یک اتاق نسبتاً تاریک اجرا گردد. ظرف شیشه‌ی را مملو از آب نموده و پودر تباشیر را در آن مخلوط نمایید و آنرا بالای میز بگذارید. چراغ دستی را روشن کرده و نور آنرا بطور مثال در امتداد SA به سطح آب وارد نمایید. مشاهدات خویش را باهم صنفان تان شریک سازید. شما به کمک غبار تباشیر در اتاق و ذرات تباشیر در آب مشاهده خواهید کرد که: اشعه SA بعد از ورود بالای سطح آب به دو قسمت تقسیم می گردد. یک قسمت آن در امتداد AR برگشت کرده و در هوا منتشر می گردد. درین حالت گفته میشود که نور منعکس گردیده است. اشعه SA را اشعه وارده و اشعه AR را اشعه منعکسه می گویند. قسمت دیگر آن داخل آب می گردد، مگر مسیر آن تغییر مینماید. این حالت را انکسار می گویند که بعداً مطالعه خواهید گردید.

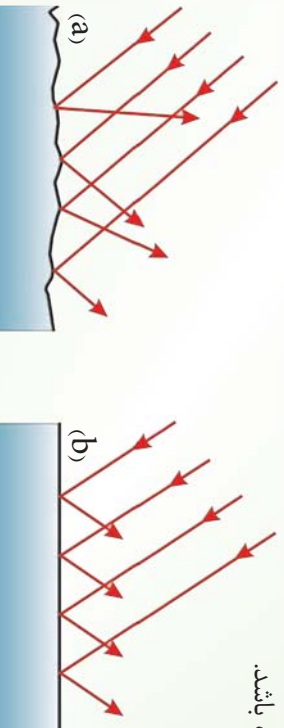


شکل (3-5)

3-3: انعکاس

میدانیم که مهتاب خودش نور ندارد، پس چرا در هنگام شب سطح آن روشن معلوم میشود؟ و یا اگر در هنگام شب به اتاقی داخل شوید که در آن جا هیچ روشنی نباشد. آیا انشای داخل اتاق را می بینید؟ ولی اگر چراغی را در آن روشن نمایید درین صورت چطور؟ واضح است که خواهید گفت درین حالت هر چیز را می بینیم، پس علت آن چیست؟ زمانیکه چراغی در اتاق روشن گردد، به سبب انتشار نور در اتاق و برگشت آن از سطح اشیا و رسیدن آن به چشممان ما اشیا دیده میشود. در شکل (3-5) ذیل برگشت نور از سطح اشیا نشان داده شده است.

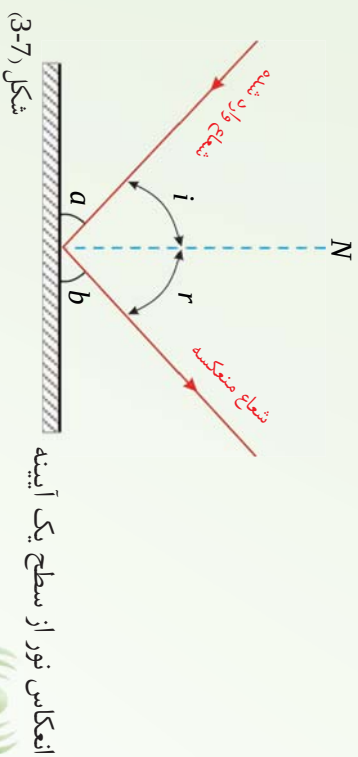
درین حالت نور یک مرتبه از سطح شی برگشت کرده است. بعضی اوقات طوری واقع میشود که یک شی به وسیله دو مرتبه برگشت نور دیده شود، این موضوع قبلاً در دیدن عقب سرتان بیان شده است. اینکه چگونه نور از یک سطح منعکس می گردد، مربوط به همواری سطح میباشد. زمانیکه نور از یک سطح ناهموار یا چوب صیقل ناشده انعکاس مینماید در بسیاری جهات منعکس می گردد، چنانچه در شکل (3-6a) نشان داده شده است. این چنین انعکاس به نام انعکاس غیر منظم یاد میشود. هرگاه نور از یک سطح هموار جلا دار مانند آئینه یا سطح آب یک حوض منعکس گردد، انعکاس تنها در یک جهت صورت می گیرد، چنانچه در شکل (3-6b) نشان داده شده است که این نوع انعکاس را انعکاس منظم گویند. سطح هموار سطحی را گویند که تغییرات آن با مقایسه طول موج نور وارده کوچک باشد.



شکل (3-6)

- a** انعکاس غیر منظم نور عبارت از انعکاس در بسیاری جهات میباشد.
- b** انعکاس منظم نور عبارت از انعکاس تنها در یک جهت میباشد.

در شکل (3-7) ذیل اشعه وارده، اشعه منعکسه، خط عمود بالای سطح و زاویای وارده و منعکسه نشان داده شده اند.



فعالیت

هدف: مطالعه رابطه بین زاویه وارده و زاویه منعکسه.

مواد مورد ضرورت:

مقوای ضخیم، نقاله، آئینه کوچک، چراغ دستی

طرح العمل:

شاگردان را به گروه ها تقسیم نمایید. و به ایشان رهنمایی نمایید که مراحل ذیل را انجام دهند.

1. روی یک مقوای نسبتاً ضخیم و کاملاً هموار مطابق شکل (3-8) یک نقاله را رسم نمایید.

1.1 آئینه

را روی میز

بگذارید.

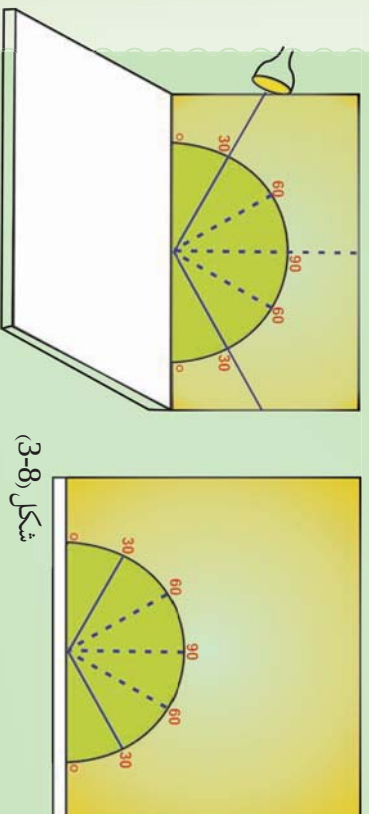
3. مقوای

بالای سطح

آئینه عمود

و به کنار

آن نصب



نمایید.

4. چراغ دستی را روشن کرده و نور آنرا تحت یک زاویه معین بالای آینه وارد نمایید، طوریکه نور منعکسه بالای سطح دیده شود.
 5. در این حالت اندازه زاویه منعکسه را که بالای نقاله آشکار می گردد با زاویه وارده مقایسه نمایید.
 6. مشاهدات خویش با یکدیگر شریک نمایید.
 7. فعالیت را برای زوایائی که در شکل الف مشخص گردیده است انجام دهید.
- اگر فعالیت را به دقت انجام داده باشید، به این نتیجه می رسید که زاویه وارده و زاویه منعکسه با یکدیگر مساوی اند.
- اگر چراغ دستی را طوری بگیرید که اشعه وارده بالای نقاله نباشد، اشعه منعکسه نیز انجام نخواهد بود.

3-3-1: قوانین انعکاس

از فعالیت های فوق نتایج ذیل بدست می آید که بنام قوانین انعکاس یاد میشود:

الف: اشعه وارده، اشعه منعکسه و خط عمود بالای همان نقطه آینه که نور بالای آن وارد می گردد، در یک مستوی واقع اند.

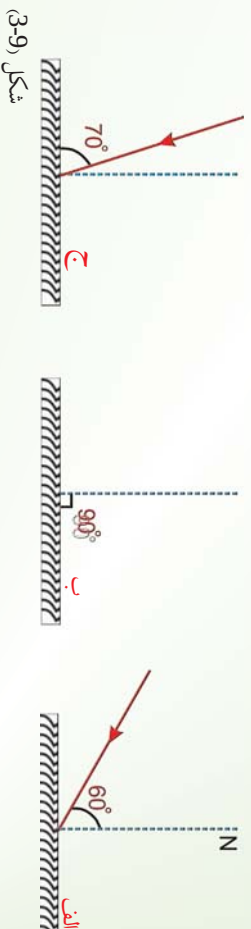
ب: زاویه وارده و زاویه منعکسه با یکدیگر مساوی اند.

زاویه منعکسه $i = r$ (زاویه وارده)



فعالیت

در اشکال ذیل (3-9 الف، ب و ج) برای زاویه وارده هر سطح صیقلی، زاویه منعکسه و اشعه منعکسه آنرا رسم نمایید.



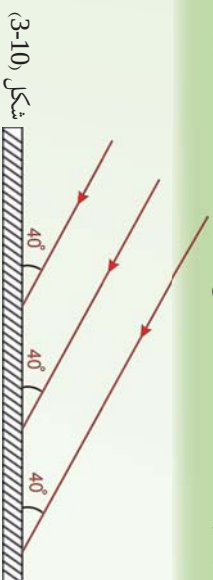
شکل (3-9)

برای ترسیم دلیل ارایه نمایید و توضیحات خویش را با هم شریک نمایید.



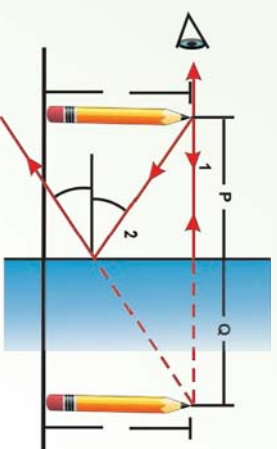
فعالیت

1. در شکل (3-10)، زاویای منعکسه هر اشعه وارده را تعیین نمایید.
2. زوایای مسکور با یکدیگر چگونه اند؟ و چرا؟
3. شعاع های منعکسه را رسم نمایید و بگویید که شعاع های منعکسه با یکدیگر چگونه اند؟ و چرا؟



شکل (3-10)

آینه های مستوی



اندازه و موقعیت یک تصویر مجازی که در آینه مستوی تشکیل می گردد

شما در شکل چه را می بینید؟ پنسل را در آینه چگونه می بینید؟ تصویر پنسل در آینه به کدام نام یاد میشود؟ کدام تصویر را مجازی می گویند؟

واضح است که شما می گویند یک پنسل را در پیشروی آینه ایستاده کرده اند. این کدام نوع آینه است؟ این یک آینه مستوی است و آینه مستوی ساده ترین آینه ها است. هرگاه یک شی مانند پنسل در پیشروی یک آینه مستوی به یک فاصله عمود قرار داده شود از هر نقطه آن اشعه نوری بالای آینه وارد می شود و از سطح آینه منعکس می گردد. مشاهدی که به آینه نگاه می کند طوری برایش معلوم میشود که این اشعه از آن طرف آینه، از یک محل منشأ گرفته است. مناسب است که گفته شود که



تصویر شی در عقب آینه در همین محل واقع است، زیرا طوری معلوم میشود که نور از این نقطه منشأ گرفته است. اگر فاصله شی از آینه (p) و فاصله تصویر از آینه را به (q) نشان بدهیم با منشأ دیگر مساوی اند. هم چنین تصویر شی از نظر بزرگی مساوی به اصل شی میباشد.

تصویری که توسط شعاع های تشکیل شده باشد که فکر میشود از عقب آینه از نقطه تصویر منشأ گرفته است، به نام تصویر مجازی یاد میشود. چنانچه در شکل (3-11a) فوق نشان داده شده است، آینه مستوی همیشه تصویر مجازی تشکیل می دهد، و طوری معلوم میشود که در عقب سطح آینه واقع است. مهم اینست که تصویر مجازی را بالای پرده یا با جسم دیگر فیزیکی نشان داده نمیتوانیم.

حال به پرسش های ذیل جواب دهید:

آیا میتوانید در مورد موقعیت آن پنسل پیش گویی نمایید که در پیشروی آینه مستوی قرار دارد؟ و به کدام طریق میتوانید تصویر آنرا دریافت نمایید؟

به این هر دو پرسش توسط دیاگرام شعاعی که موقعیت تصویر را نشان میدهد، جواب گفته میتوانیم.

طریقه دیاگرام شعاعی در شکل فوق (3-11b) نشان داده شده است. چنانچه شما می بینید در تصویر یک پنسل ایستاده در پیشروی یک آینه مستوی توسط یک ترسیم هندسی ساده در عقب آینه دریافت شده است. برای دریافت تصویر پنسل، نخست موقعیت و وضعیت آینه را وهم چنان موقعیت پنسل را رسم نمایید. در هنگام ترسیم، فاصله شی را از آینه توسط P و فاصله تصویر را از آینه توسط q نشان دهید. به خاطر آسانی موضوع تنها نوک پنسل را در نظر بگیرید.

به خاطر اینکه موقعیت تصویر نوک پنسل را تعیین نمایید، شما در دیاگرام خود از این نقطه دو اشعه را رسم نمایید. اشعه اولی را طوری رسم نمایید که از نوک پنسل بالای سطح آینه عمود باشد.

بنابراین این اشعه با عمود بالای سطح آینه (نارمل) زاویه صفر درجه را تشکیل می دهد، زاویه انعکاس نیز صفر درجه میباشد.

بنابراین اشعه باید واپس روی خودش منعکس گردد. در شکل فوق این اشعه توسط عدد 1 نشانی شده است، و هر دو جهت آن ذریعه وکتورها نشان داده شده است. اشعه دوم را از نوک پنسل بالای سطح آینه طوری رسم نمایید که این مرتبه بالای سطح آینه عمود نباشد بلکه با عمود بالای سطح، زاویه θ را تشکیل بدهد. در شکل فوق اشعه دوم توسط عدد 2 نشان داده شده است. اشعه منعکسه را طوری رسم نمایید که بعد از انعکاس از آینه با نارمل، زاویه θ' تشکیل بدهد. زاویه θ با زاویه θ' مساوی میباشد.



بعداً هر اشعه منعکسه را در عقب آئینه امتداد دهید تا یکدیگر را قطع نمایند. زمانیکه این اشعه ها را رسم می نمایند از خطوط نقطه چین استفاده نمایند. تا این شعاع ها از اشعه حقیقی که در پیشروی آئینه توسط خطوط ضخیم نشان داده شده اند، تمیز گردند. نقطه تقاطع این خطوط نقطه چین در عقب آئینه، تصویر است که درین حالت تصویر، نوک پنسل را تشکیل میدهد، به این ترتیب شما میتوانید تصویر هر نقطه قسمت های دیگر پنسل را ترسیم و تصویر مکمل مجازی پنسل را دریافت نمایید. گفتنی است که فاصله تصویر در عقب آئینه مساوی به فاصله پنسل از آئینه است ($p =$). هم چنان ارتفاع (h) شی مساوی به ارتفاع (h') تصویر میباشد.

دیاگرام شعاعی برای دریافت تصویر هر شی که در مقابل آئینه مستوی قرار داشته باشد بکار برده میشود. تصویر تشکیل شده توسط آئینه مستوی بالای مشاهدهی که در پیشروی آئینه واقع باشد معکوس معلوم میشود. شما میتوانید این اثر را با گذاشتن یک پارچه تحریر شده در پیشروی آئینه ببینید، چنانچه در شکل (3-12) نشان داده شده است. در آئینه هر حرف معکوس دیده میشود. هم چنان شما دیده میتوانید که حرف و تصویر انعکاس آن نسبت به آئینه عین زاویه را تشکیل می دهد.



شکل (3-12)

آئینه های متلاقی

تا اینجا با آئینه های مستوی و چگونگی تصویر در آن ها آشنا شدید. حال پرسش به وجود می آید که هرگاه دو آئینه مستوی با یکدیگر یک زاویه را تشکیل بدهد و یک اشعه بالای یک آئینه وارد گردد، چه واقع میشود؟

به پرسش با ذکر یک مثال جواب می دهیم

مثال:

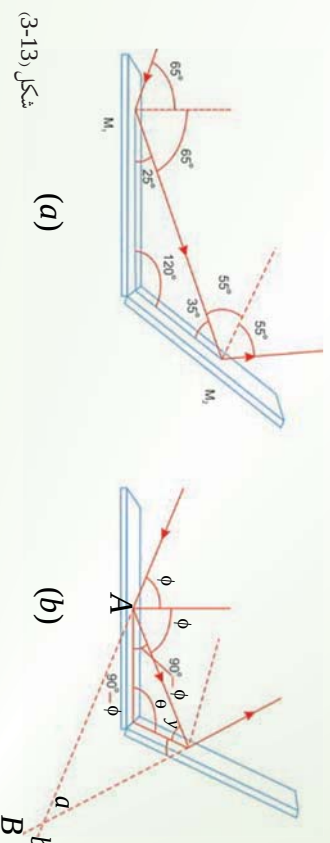
دو آئینه M_1 و M_2 را در نظر می گیریم که مطابق شکل زاویه 120° را با یکدیگر تشکیل می دهند. یک اشعه بالای آئینه M_1 طوری وارد میشود که با عمود بالای آئینه زاویه 60° را تشکیل می دهد. جهت اشعه را بعد از انعکاس از آئینه M_2 دریافت نمایید.

حل:

شکل (3-13) به درک این حالت کمک می کند. اشعه وارده از آئینه اولی منعکس می گردد و اشعه منعکسه به طرف آئینه دومی پخش می گردد. در آنجا توسط آئینه دومی منعکس می شود. بنابراین عمل متقابل اشعه با هر دو آئینه عبارت از انعکاسات ساده است. برای تحلیل مسئله از قانون انعکاس استفاده مینماییم. میدانیم که اشعه منعکسه اولی با عمود زاویه 65° را تشکیل می دهد. از اینجا اشعه با افق زاویه $25^\circ = 90^\circ - 65^\circ$ را تشکیل می دهد. در مثلی که توسط اشعه منعکسه اولی و دو آئینه تشکیل می گردد، دیده میشود که اشعه منعکسه اولی با آئینه M_2 زاویه 35° را تشکیل می دهد، (زیرا مجموعه زوایای داخلی هر مثلث 180° میباشد). بنابراین این اشعه با عمود بالای آئینه M_2 زاویه 55° را تشکیل می دهد. به اساس قانون انعکاس اشعه منعکسه دوم با عمود بالای آئینه M_2 ، زاویه 55° را تشکیل می دهد.

بیاید که تغییرات زاویه بین آئینه ها را مطالعه نماییم.

هرگاه اشعه وارده و اشعه منعکسه خروجی در شکل (3-13a) به عقب آئینه امتداد داده شود، آنها یکدیگر را تحت زاویه 60° قطع مینمایند، زیرا که تغییر مجموعی در جهت اشعه نوری 120° میباشد، و این برابر به زاویه بین آئینه ها میباشد. اگر زاویه بین آئینه ها تغییر



شکل (3-13) (a)

(b)

نماید چه واقع میشود؟ اما تغییر مجموعی در جهت اشعه نوری همیشه برابر با زاویه بین آینه ها میباشد.

جواب: تشکیل یک بیان عمومی به اساس یک قیمت (دیتا) همیشه خطرناک میباشد. پس بیایید که تغییر جهت اشعه نوری را برای یک حالت عمومی مطالعه نماییم. شکل (3-13b)، یک زاویه اختیاری θ را بین آینه ها نشان می دهد. اشعه وارده بالای آینه به زاویه ϕ که در سطح آینه با فارمل تشکیل می دهد، وارد میشود. به اساس قانون انعکاس و مجموعه زوایای داخلی یک مثلث زاویه عبارت است از:

$$180^\circ - (90^\circ - \phi) - \theta = 90^\circ + \phi - \theta$$

در شکل (3-13b)، با در نظر داشت مثلث $\hat{ABC}$ میتوانیم بنویسیم که:

$$\begin{aligned}\alpha + 2\gamma + 2(90^\circ - \phi) &= 180^\circ \\ \alpha &= 2(\phi - \gamma)\end{aligned}$$

تغییر جهت اشعه عبارت از زاویه β میباشد، که قیمت آن با $180^\circ - \alpha$ مساوی است

$$\begin{aligned}\beta &= 180^\circ - \alpha = 180 - 2(\phi - \gamma) \\ &= 180 - 2\phi + 2\gamma \\ \beta &= 360 - 2\theta\end{aligned}$$

گفتی است که β با θ مساوی نیست. برای $\theta = 120^\circ$ $\beta = 120^\circ$ حاصل میشود، که مساوی به زاویه بین آینه ها میباشد. ولی این تنها برای این حالت خاص صدق مینماید. طور مثال هر گاه $\theta = 90^\circ$ باشد، $\beta = 180^\circ$ حاصل می شود. در این حالت نور واپس بالای نور وارده منعکس می گردد. تا حال زاویه بین اشعه وارده و اشعه خروجی منعکسه را در آینه های متلاقی مطالعه کردیم.

هرگاه در بین آینه های متلاقی یک شی واقع گردد، تصاویر آن چگونه تشکیل میشود؟ این پرسش را نیز طی یک مثال توضیح مینماییم.

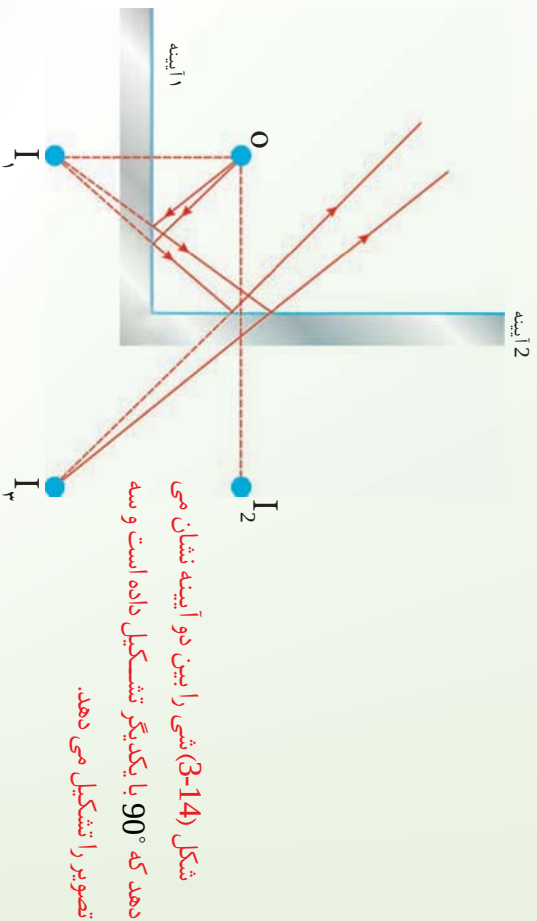


مثال:

دو آئینه مسطوی را در نظر می گیریم که مطابق شکل (14-3) ذیل یکی بالای دیگر عمود بوده و یک شی در نقطه O واقع باشد. در این حالت تعداد زیادی تصاویر تشکیل می گردد. محل های این تصاویر را تعیین می نمایم.

حل:

تصویر شی در آئینه 1 و در آئینه 2 تصویر آن 2 است. و هم چنان تصویر سوم تشکیل می گردد. این تصویر سوم عبارت از تصویر در آئینه 2 با تصویر 1 میباشد. یعنی تصویر 1 یا 2 برای 3 حیثیت شی را دارد. گفتمی است که برای تشکیل تصویر بعد از اینکه اشعه شی را ترک نمایید، دو مرتبه منعکس می گردد.



هرگاه از نقطه متلاقی آئینه ها دایره بی را رسم نمایم، هر سه تصویر و خود شی بالای دایره محیط واقع میشوند. پس مناسب است که بنویسیم $\frac{360}{90} = 4$ اینکه بالای محیط دایره یکی آن خود جسم است. پس برای تعداد تصاویر میتوانیم بنویسیم که $4 - 1 = 3$. در اینجا 3 تعداد تصاویر و 90° زاویه بین آئینه ها است. بنابراین به صورت عمومی برای آئینه های متلاقی میتوانیم بنویسیم که:

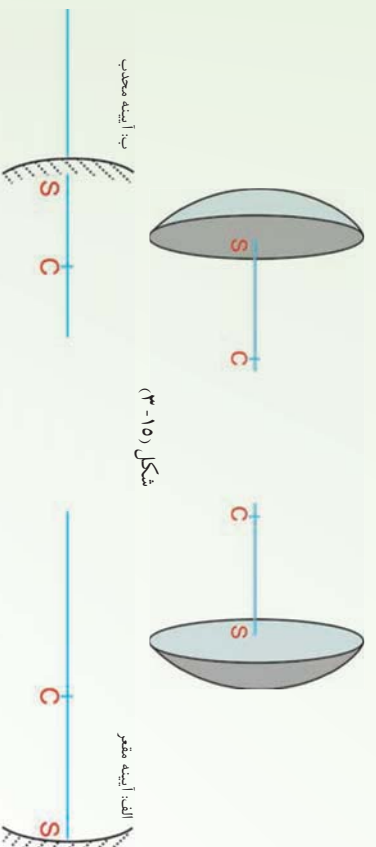
$$n = \frac{360}{\alpha} - 1$$

n ، تعداد تصاویر و α ، زاویه بین آئینه های متلاقی است.

3-4: آینه های کروی

آینه های مستوی را شناختید و با چگونگی تشکیل تصویر در آن ها آشنا شدید. در بعضی تجارب علمی از آینه های نوع دیگر نیز استفاده میشود که به نام آینه های کروی یاد میشوند. آینه های کروی چنانچه از نام آن هودیداست، شکل یک قسمت کره را دارد. یعنی تمام نقاط آینه از یک نقطه که به نام مرکز آینه (وهم مرکز کره که آینه یک قسمت آن است) یاد میشود، عین فاصله را دارند.

اینکه کدام طرف این آینه ها منعکس کننده است، آینه های کروی به دو گروه تقسیم میشوند که به نام آینه مقعر و آینه محدب یاد میشود.

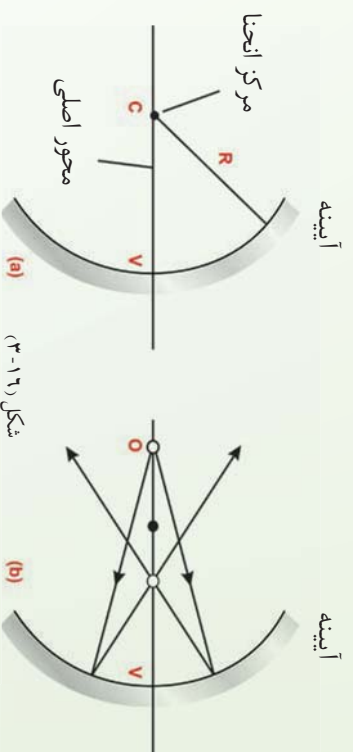


3-4-1: آینه مقعر و محدب

هرگاه سطح داخلی آینه کروی منعکس کننده باشد آنرا به نام آینه مقعر و اگر سطح خارجی آن منعکس کننده باشد به نام آینه محدب یاد میشود. این هر دو نوع آینه ها در شکل ذیل (3-15) نشان داده شده است.

شکل (3-16a) یک آینه مقعر را نشان می دهد، در این آینه نور توسط سطح داخلی آینه منعکس می گردد. شعاع انحنای آینه R و مرکز انحنای آن C است. نقطه V عبارت از مرکز قسمت کروی است، و خطی که از C و V عبور می کند به نام محور اصلی آینه یاد میشود.

قانون انعکاس در مورد آینه های کروی نیز صدق مینماید. یعنی اگر در همان نقطه آینه کروی که نور وارد میشود عمودی بالای سطح رسم گردد، زوایای وارده و منعکسه مشخص میشود. در اینجا نیز زوایای وارده و منعکسه باهم مساوی اند.



فعالیت

هدف: شناخت محراق و فاصله محراقی آینه مقعر.

مواد مورد ضرورت:

آینه مقعر، یک ورق کاغذ

طرز العمل:

1. آینه مقعر را در مقابل آفتاب قرار دهید.
2. ورق کاغذ را در مقابل آینه طوری جابه جا نمایید تا کوچکترین دایره روشن به روی صفحه کاغذ نمایان گردد. توجه نمایید که ورقه کاغذ را باید طوری قرار دهید تا مانع رسیدن اشعه آفتاب به آینه نه گردد. ورقه کاغذ را طوری حفظ نمایید که دایره روشن روی صفحه کاغذ کوچکترین اندازه و روشنترین حالت را دارا باشد. محل تشکیل دایره روشن به نام محراق اصلی آینه یاد میشود.

فاصله از محراق الی آینه به نام فاصله محراقی آینه یاد میشود. در آینه های مقعر محراق حقیقی است. از اندازه کردن فاصله محراقی معلوم شده است که این فاصله نصف فاصله از مرکز الی آینه میباشد. یعنی فاصله محراقی نصف شعاع آینه است. اگر محراق f و شعاع آینه r

$$f = \frac{r}{2} \dots\dots\dots ()$$

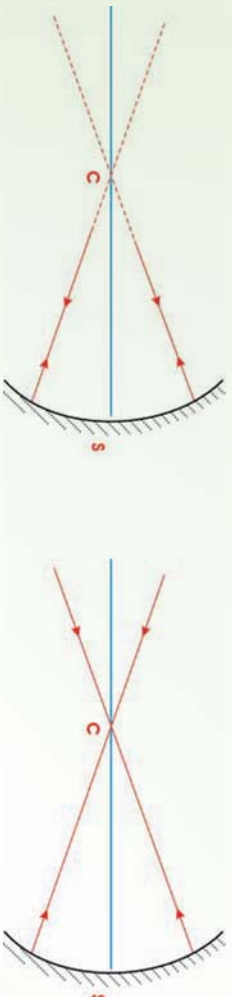
باشد پس داریم که:

تا اینجا دانستیم که در آینه های کروی قانون انعکاس صدق مینماید. هم چنان محور اصلی، شعاع انحناء، مرکز انحناء، محراق و فاصله محراقی آینه مقعر را شناختیم. حال در یک آینه مقعر اشعه وارده و منعکسه را رسم مینمایم.

الف) اشعه بی که از مرکز آینه مقعر عبور کرده و بالای آینه وارد گردد و یا طوری بالای آینه وارد گردد که امتداد آن از مرکز آینه عبور نماید، بالای مسیر اولی خویش منعکس می گردد.

زیرا این اشعه بالای آینه عمود میباشد، پس $\hat{i} = \hat{r} = 0$ (هر خطی که از مرکز کره عبور مینماید بالای کره عمود میباشد). در اشکال (3-18 الف، ب) این نوع شعاع ها در آینه مقعر نشان داده شده است.

(نقطه C مرکز انحنای آینه است).



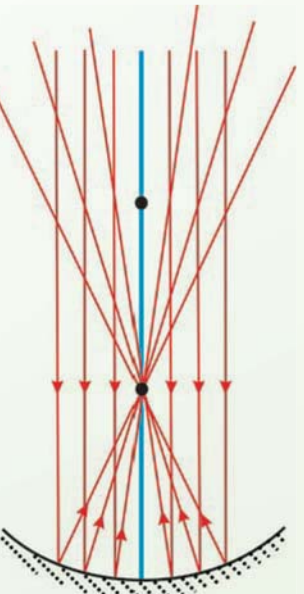
شکل (3-18)

ب، اشعه بی که در امتداد مرکز بالای آینه مقعر بتابد بالای مسیر اولی خود منعکس می گردد

الف، اشعه بی که از مرکز عبور کرده و بالای آینه وارد گردد بالای مسیر اولی خودش منعکس میشود.

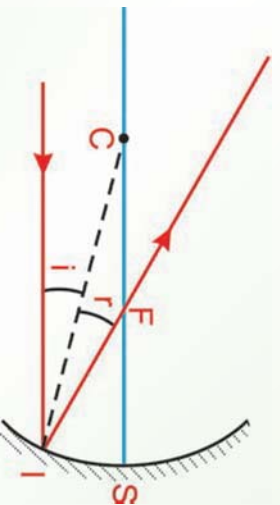
ب: در فعالیت قبلی با در نظر داشت اینکه شعاع آفتاب بی نهایت بالای آینه مقعر می تابد، تمام آن موازی با محور اصلی میباشد، نتیجه میشود که: هر گاه شعاع های نوری موازی با محور اصلی بالای آینه مقعر بتابد، شعاع منعکسه آن از یک نقطه بالای محور اصلی که به نام محراق یاد میشود عبور می نمایند.

شکل (3-19) اشعه وارده و منعکسه را در یک آئینه مقعر نشان می دهد. به این ترتیب هر اشعه بی که موازی با محور اصلی بالای آئینه مقعر بتابد، اشعه منعکسه آن از محراق آئینه عبور مینماید.



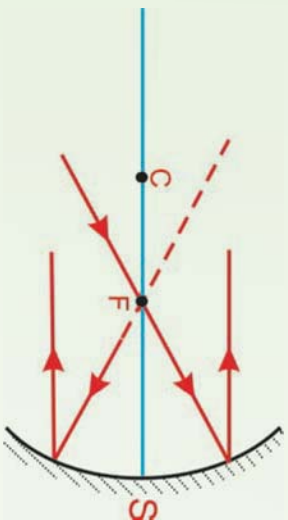
شکل (3-19) شعاعی که موازی با محور اصلی بالای آئینه مقعر می تابند بعد از انعکاس از محراق اصلی عبور مینمایند

در شکل ذیل (3-20) یک اشعه موازی با محور اصلی و اشعه منعکسه آن نشان داده شده است. چنانچه ذکر گردید در این آئینه نیز قانون انعکاس صدق مینماید. یعنی هرگاه بالای سطح آئینه در نقطه I نور وارده، خط عمود (IC) رسم گردد، زاویه وارده و زاویه منعکسه با یکدیگر مساوی اند.



شکل (3-20) اشعه که موازی با محور اصلی بالای آئینه مقعر می تابند بعد از انعکاس از محراق آئینه عبور مینمایند

د: شکل ذیل (3-21) نشان می دهد که هرگاه اشعه وارده از محراق عبور کرده و بالای آئینه مقعر بتابد، و با طوری وارد گردد که امتداد آن از محراق عبور نماید، اشعه منعکسه آن موازی با محور اصلی پخش می گردد.



شکل (21-3) قبل از اینکه به اساس
معلومات فوق تصویر یک شی را در
آئینه مقعر توسط ترسیم دریافت
نماییم، به پرسش های ذیل پاسخ
دهید.

آیا شما تصویر یک شمع روشن را در
آئینه مقعر دیده آید؟
این چگونه تصویر خواهد بود؟

فعالیت

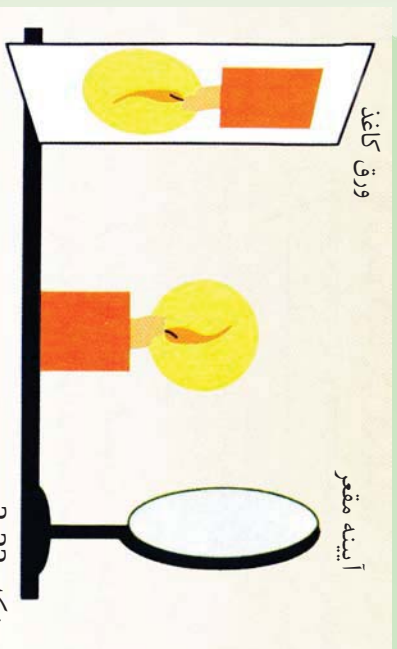
مواد مورد ضرورت:

هدف: دیدن تصویر یک شمع روشن در آئینه مقعر.
آئینه مقعر با پایه، شمع، گوگرد، یک ورق کاغذ

طرز العمل:

1. فعالیت باید در اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.
2. چنانچه در فعالیت قبلی ذکر گردید، محل محراق اصلی را تعیین و فاصله آن را الی آئینه اندازه نمایید.
3. آئینه را بالای پایه نصب نمایید، شمع را روشن کرده و در فاصله بین محراق اصلی و مرکز آئینه در مقابل آئینه قرار دهید. ورق کاغذ را طوری جابجا نمایید تا بالای کاغذ، تصویر روشن و واضح شمع دیده شود.

4. شمع روشن را در فاصله بین محراق و مرکز آئینه در محل های مختلف قرار دهید و در هر محل تصویر آنرا به روی صفحه کاغذ مشاهده نمایید و نتیجه را در گزارشی بنویسید که شما آنرا تهیه مینمایید.

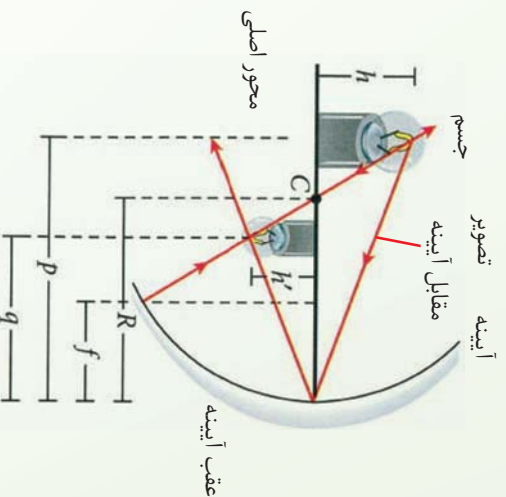


شکل (22-3)

3-4-2: تصویر در آینه های کروی

الف: ابتداء در آینه مقعر تشکیل تصویر یک شمع روشن را به وسیله ترسیم مطالعه می

نماییم شکل زیر را می بینیم:



شکل (3-23)

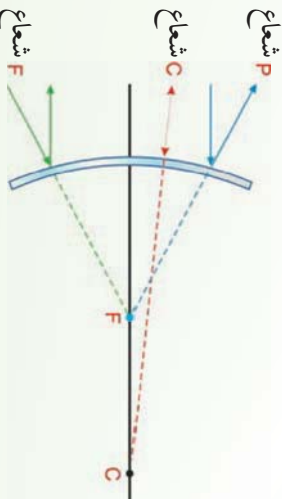
در یافت تصویر یک شمع روشن
توسط ترسیم در آینه مقعر.

چنانچه در شکل بالا نشان داده شده است، شمع روشن خارج از مرکز انحناي مقعر گذاشته شده است قاعده شمع در محور اصلی آینه واقع شده است.

ب: آینه کروی محدب

آینه کروی محدب عبارت از یک قسمت کره ای است که سطح داخلی آن جیوه شده و سطح خارجی محدب آن منعکس کننده باشد. این نوع آینه را آینه متباعد نیز می گویند؛ زیرا شعاع های وارده، بعد از انعکاس از یکدیگر فاصله می گیرند و چنین معلوم میشود که گویا در عقب آینه از یک نقطه منشأ گرفته باشند.

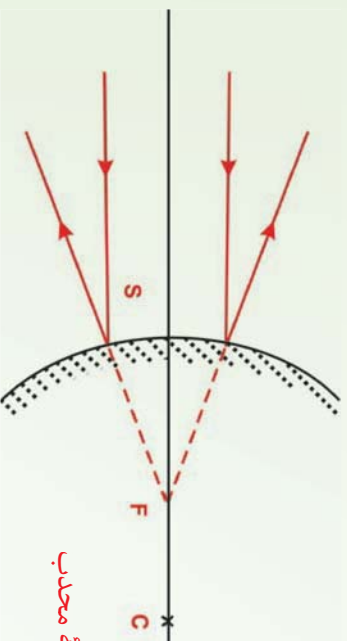
بنابرین تصویر حاصل شده همیشه مجازی و فاصله تصویر منفی میباشد. زیرا سطح انعکاس دهنده آینه در جهت مخالف شعاع انحنا قرار دارد، هم چنین فاصله محراقی آینه کروی محدب نیز منفی است. نقطه محراقی و مرکز انحنا در عقب سطح آینه قرار دارد.



شکل (3-24)

محراق آینه محدب

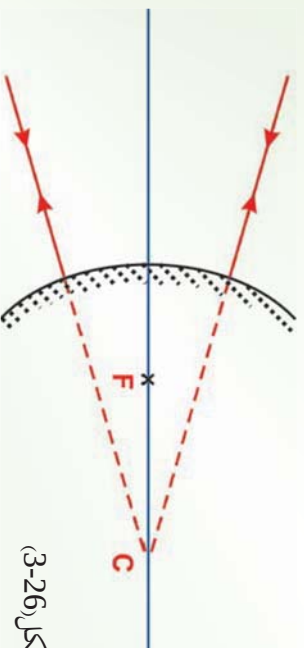
هرگاه شعاع موازی با محور اصلی بالای آینه محدب بتابد، طوری منعکس می گردد که امتداد شعاع منعکسه آن در عقب آینه از یک نقطه بالای محور اصلی عبور مینماید. این نقطه را به نام محراق آینه محدب یاد می کنند. محراق آینه محدب مجازی است. فاصله از محراق آینه الی آینه را فاصله محراقی می گویند. در آینه های محدب نیز فاصله محراقی، نصف شعاع، یعنی $(\frac{r}{2})$ میباشد. شکل ذیل (3-25) شعاع وارده موازی با محور اصلی بالای آینه محدب و چگونگی انعکاس آن را نشان می دهد.



شکل (3-25) محراق آینه محدب

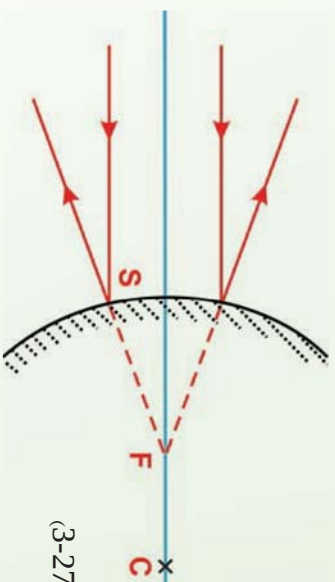
ترسیم اشعه منعکسه در آینه محدب

الف) اشعه ای که بالای آینه محدب طوری بتابد که امتداد آن در عقب آینه از مرکز آینه عبور نماید، بالای خود اشعه منعکس می گردد. در شکل (3-26) شعاع هایی نشان داده شده است که در امتداد مرکز آینه بالای آینه می تابند.



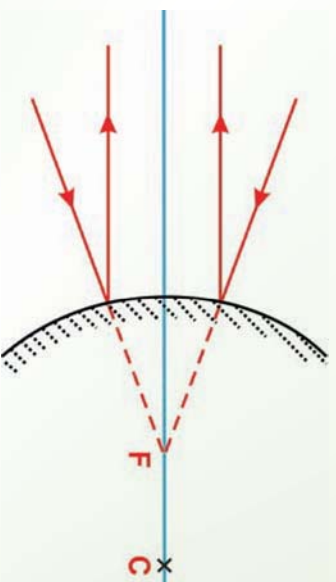
شکل (3-26)

ب) اشعه‌ای که موازی با محور اصلی بالای آینه‌ی محدب بتابد، طوری منعکس می‌گردد که امتداد اشعه‌ی منعکسه‌ی آن از محراق اصلی آینه‌ی محدب (در عقب آینه) عبور مینماید.



شکل (3-27)

ج) هرگاه امتداد شعاع‌های وارده از محراق عبور نماید، شعاع‌های منعکسه‌ی آنها موازی با محور اصلی می‌باشد. این نوع شعاع‌ها در شکل (3-28) نشان داده شده‌اند.



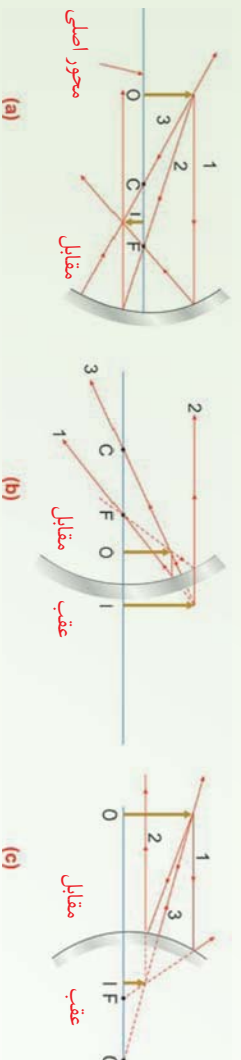
شکل (3-28)

حال که در هر دو نوع آینه‌های کروی با شعاع‌های وارده و چگونگی شعاع منعکسه‌ی مربوط آن‌ها آشنا شدید، بیایید که با استفاده از این دانش در آینه‌های متذکره تصویر یک شی را توسط ترسیم تشکیل بدهیم.



3-4-3: تشکیل تصویر در آینه های کروی

توسط ترسیم شعاع ها میتوانیم محل و اندازه تصاویر را طور مناسب دریافت نماییم. این ساختمان گرافیکی، طبیعت تصویر را نشان می دهد. برای ترسیم لازم است که محل شی (موقعیت)، محراق آینه و مرکز انحنای را بشناسیم. بعداً برای دریافت محل تصویر سه اشعه اساسی را از شی رسم مینماییم، چنانچه در مثال های شکل (29-3) نشان داده شده است.



شکل (29-3) ساختن تصویر در آینه های کروی

a) هرگاه شی در محلی واقع باشد که مرکز انحنای بین شی و سطح آینه مقعر واقع باشد، تصویر حقیقی، معکوس و کوچکتر از اصل شی میباشد.

b) هرگاه شی بین محراق و سطح آینه مقعر واقع باشد، تصویر مجازی، راسته و بزرگتر از اصل شی میباشد.

c) هرگاه شی در پیشروی آینه محدب واقع باشد، تصویر مجازی، راسته و کوچکتر از اصل شی میباشد.

این شعاع ها تماماً از عین نقطه شی آغاز مینماید و ترسیم صورت می گیرد. میتوانیم بالای شی هر نقطه دلخواه را انتخاب نماییم. در اینجا برای آسانی کار نوک جسم را انتخاب کرده ایم. برای آینه مقعر اشکال (29a-3-29b) را مشاهده نمایید، شعاع های اساسی ذیل را رسم مینماییم:

اشعه اول را از نوک جسم موازی با محور اصلی رسم مینماییم که منعکسه آن از محراق F عبور می کند.

اشعه دوم از نوک جسم رسم شده، از محراق عبور مینماید و موازی با محور اصلی منعکس می گردد.

اشعهٔ سوم از نوک جسم رسم، از مرکز انحنا (C) گذشته و بالای خود اشعه منعکس میشود. از جملهٔ این شعاع ها تقاطع دو اشعه، محل تصویر را تعیین مینماید و اشعهٔ سوم برای ملاحظهٔ این ساختمان بکار برده میشود. فاصله یی که برای نقطهٔ تصویر از آینه به این ترتیب حاصل میشود، مساوی با قیمتی است که توسط محاسبه بدست می آید. هرگاه شی به آینهٔ مقعر خیلی نزدیک شود چه واقع میشود؟ زمانیکه در شکل (3-29d) شی به محراق نزدیک شود تصویر حقیقی، معکوس و به طرف چپ حرکت می کند.

وقتیکه شی در محراق واقع شود، تصویر به طرف لایتهای می رود. زمانیکه شی بین محراق و سطح آینه واقع گردد، چنانچه در شکل (3-29b) نشان داده شده است، تصویر مجازی، راسته و بزرگ میباشند. طور مثال هرگاه روی شما به آینه نسبت به محراق نزدیک واقع شود، شما تصویر روی خود را راسته و بزرگ خواهید دید.

برای تشکیل تصویر در آینه های محدب سه شعاع اساسی ذیل را در نظر می گیریم:

اشعهٔ اول را از نوک جسم موازی به محور اصلی رسم کرده و از آینه طوری منعکس می گردد که امتداد آن از محراق F عبور میکند.

اشعهٔ دوم را از نوک جسم به عقب آینه به طرف محراق طوری رسم می نماییم که با محور اصلی موازی منعکس می گردد.

اشعهٔ سوم را از نوک جسم به عقب آینه به طرف مرکز آینه طوری رسم می نماییم که به مسیر اشعه واپس منعکس می گردد.

در آینهٔ محدب تصویر یک شی همیشه مجازی، راسته و نسبت به اصل شی کوچکتر میباشد چنانچه در شکل (3-29c) نشان داده شده است. در این حالت زمانیکه فاصلهٔ جسم یعنی شی به آینه نزدیک میشود تصویر مجازی بزرگ شده و از محراق به طرف آینه می رود.

فعا لیت

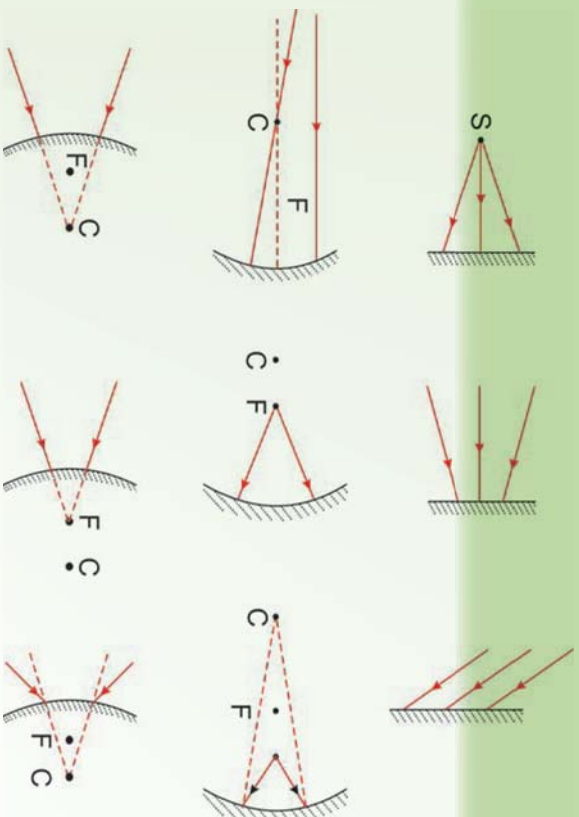
شما دیاگرام های دیگری را تشکیل بدهید و نشان دهید که در آینه های محدب موقعیت تصویر نسبت به موقعیت شی چگونه تغییر مینماید.

همچنان نشان دهید که در آینه های مقعر موقعیت تصویر نسبت به موقعیت شی چگونه تغییر می نماید.



فعالیت

الف) مطابق شکل (3-30)، ذیل اشعه نوری بالای آینه ها می تابند. با استفاده از قانون انعکاس نور در هر یک از اشکال ذیل مسیر اشعه منعکسه را رسم نمایید.



شکل (3-30)

ب) با استفاده از نتایج قسمت الف فوق جدول ذیل را تکمیل نمایید.

نوع آینه	مقارب	شعاع منعکسه	مواری
آینه مستوی		متباعد	
آینه مقعر			
آینه محدب			

3-5: معادلات آینه ها

در شکل (3-31a) مشاهده مینمایید که فاصله شی، فاصله تصویر و شعاع انحنای با یکدیگر رابطه دارند هرگاه فاصله شی از آینه و شعاع انحنای آینه را بشناسیم، میتوانیم پیشگویی نماییم که تصویر در کجا تشکیل میشود. هم چنان میتوانیم با شناخت فاصله شی و فاصله تصویر از آینه، شعاع انحنای آینه را دریافت نماییم. معادله ذیل که رابطه بین فاصله شی P ، فاصله تصویر q و شعاع انحنای R را نشان می دهد، به نام معادله آینه یاد میشود.

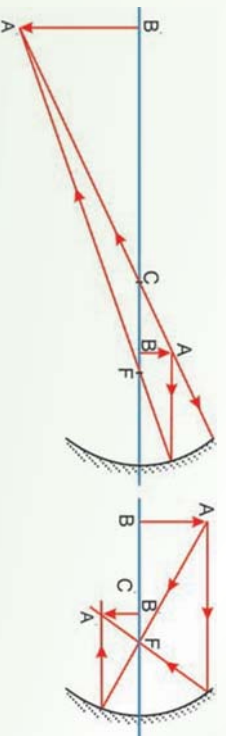
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R}$$

اگر فاصله موقعیت یک شمع از آینه خیلی زیاد باشد، پس فاصله شی P به مقایسه R خیلی بزرگ بوده و $\frac{1}{P}$ تقریباً صفر میشود. در این حالت q تقریباً مساوی به $\frac{R}{2}$ گردیده، بنابراین تصویر در فاصله نصف بین مرکز انحنای و سطح آینه تشکیل می شود. چنانچه در اشکال (a و 3-31b) نشان داده شده است که تصویر، شکل نقطه را داشته و این محل به نام محراق یاد میشود که توسط حرف F نشان داده میشود.

هرگاه منبع نوری در محراق واقع باشد، شعاع منعکسه آن موازی با محور اصلی پخش می گردد و تصویر تشکیل نمی شود. یعنی منبع نوری که از آینه به فاصله خیلی زیاد واقع باشد، شعاع های منبثه آن با یکدیگر موازی بوده و در این حالت تصویر در محراق تشکیل می گردد و فاصله این تصویر به نام فاصله محراقی یاد میشود که توسط f نشان داده میشود. چون در آینه های کروی فاصله محراقی مساوی به نصف شعاع انحنای است، پس معادله، آینه را میتوانیم این طور بنویسیم.

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

$$\frac{1}{\text{فاصله شی}} + \frac{1}{\text{فاصله تصویر}} = \frac{1}{\text{فاصله محراقی}}$$



شکل (3-31)

در وقت استفاده از معادلهٔ آینه باید برای سه متحولین علامات مناسبی به کار برده شود. برای این مقصد آن جانب را که اشعه نوری به آن طرف منعکس شده و تصاویر حقیقی تشکیل می گردد به نام جانب پیشروی آینه یاد میشود. جانب دیگر آینه که در آنجا شعاع نوری وجود ندارد و تصاویر مجازی تشکیل می شوند به نام جانب عقب آینه یاد میشود. هرگاه یک فاصله از مرکز آینه الی هر نقطه دیگری که در پیشروی آینه واقع باشد اندازه گردد، فاصله شی و تصویر علامه های مثبت دارند. برای تصویری که در عقب آینه تشکیل میشوند، فاصله ها علامه های منفی را دارا میشوند. چون سطح صیقلی آینهٔ مقعر به طرف پیشروی آینه واقع است، بنابراین فاصلهٔ محراقی آن همیشه دارای علامهٔ مثبت میباشد.

سوالات

1. اگر منبع نوری در محراق واقع باشد شعاع منعکسهٔ آن از آینه چگونه انتشار می یابد؟

2. در وقت استفاده از معادلهٔ آینه کدام فواصل مثبت و کدام فواصل منفی در نظر گرفته میشود؟

3. فاصلهٔ محراقی با شعاع انحنای آینه چگونه رابطه دارد؟

4. هرگاه شی و تصویر به طرف بالای محور اصلی یا طرف پایین آن واقع باشند، دارای کدام علایم خواهند بود؟



از روابط فوق می‌توانیم بنویسیم که:

$$\frac{h'}{h} = -\frac{R-q}{p-R} \dots\dots\dots (3)$$

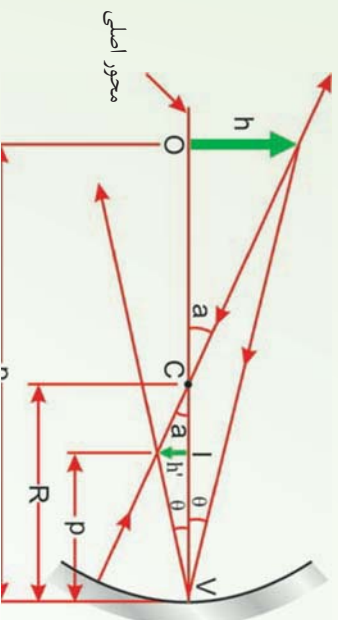
از مقایسه معادلات 2 و 3 داریم که:

$$\frac{R-q}{p-R} = \frac{q}{p}$$

بعد از یک تغییر ساده الجبری حاصل می‌نماییم که:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R} \dots\dots\dots (4)$$

چنانچه قبلاً نیز ذکر گردید، این افاده به نام معادله آینه یاد میشود.



شکل (3-32)

تصویر تشکیل شده توسط آینه کروی مقعر در حالیکه شی 0 خارج از مرکز انحنای واقع باشد این ترسیم هندسی برای ثبوت معادله آینه به کار برده شده است

به اساس معلومات قبلی که فاصله محراقی به اندازه نصف شعاع انحنای است، پس معادله (4)

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (5)$$

را می‌توانیم طور ذیل بنویسیم:

برای مقایسه کردن یک آینه با آینه دیگر از f استفاده میشود.

آیا فاصله محراقی تابع مواد تشکیل دهنده آینه میباشد؟

نه خیر، زیرا تصویر در نتیجه شعاع منعکسه از سطح آینه تشکیل می شود و همچنان از رابطه $f = \frac{R}{2}$ واضح می گردد که فاصله محراقی تنها تابع شعاع انحنای میباشد، نه ماده بی که آینه را تشکیل می دهد.

2-5-3: تطبیقات

الف: محاسبه فاصله تصویر در آینه مقعر:

آیا در آینه مقعر فاصله تصویر مربوط به فاصله جسم میباشند؟

در آینه مقعر تصویر حقیقی میباشند یا مجازی؟

چگونه میتوانیم بدانیم که تصویر حقیقی است یا مجازی؟
چنانچه قبلاً در مورد تصویر یک شی در آینه مقعر دیدیم، واضح می گردد که در آینه مقعر، فاصله تصویر از آینه تابع فاصله شی از آینه است. در بعضی حالات فاصله تصویر از آینه نسبت به فاصله شی از آینه زیاد تر و در بعضی حالات کوچکتر میباشند. در بعضی حالات تصویر حقیقی بوده و در یک حالت مجازی میباشند.

هر گاه فاصله شی از آینه (p) و فاصله محراقی (f) معلوم و فاصله از آینه (q) معلوم نباشد، در معادله $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$ عوض p و f قیمت های شانرا وضع کرده و قیمت q را محاسبه مینماییم. بعد از محاسبه اگر قیمت حاصل شده برای q عدد مثبت باشد، تصویر حقیقی است و اگر قیمت حاصل شده منفی باشد تصویر مجازی است. هر گاه فاصله تصویر از آینه معلوم و تصویر مجازی باشد، درین حالت این فاصله را با علامه منفی عوض q می نویسیم.



فعایت

به خاطر صحت معادله آینه فعالیت ذیل را انجام می دهیم:

مواد مورد ضرورت:

آینه مقعر با پایه، شمع، گوگرد، یک ورق کاغذ

طرز العمل:

محراق آینه مقعر را دریافت و فاصله آنرا الی آینه اندازه نمایید. بعداً با اندازه کردن فاصله جسم از آینه و فاصله تصویر از آینه، صحت معادله آینه را تجربه نمایید و نتیجه آنرا باهم صنفان خود شریک سازید.

مثال:

یک شی از آئینه مقعر به فاصله 20 سانتی متر واقع است. اگر شعاع آئینه 30 سانتی متر باشد. فاصله تصویر را از آئینه و چگونگی تصویر را تعیین نمایید.

$$\text{حل:} \quad f = \frac{R}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{cm} \cdot P = 20\text{cm}$$

به اساس معادله آئینه:

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{15}$$
$$\frac{1}{q} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{4-3}{60}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{60} \Rightarrow q = 60\text{cm}$$

فاصله تصویر از آئینه:

چون q مثبت است بنابراین تصویر حقیقی میباشد.

مثال:

یک شی از آئینه مقعری به فاصله 12 سانتی متر واقع است. فاصله محراقی آئینه 24 سانتی است. فاصله تصویر از آئینه، نوع تصویر و فاصله شی را از تصویر دریافت نمایید.

$$\text{حل:} \quad P = 12\text{cm} \quad , \quad f = 24\text{cm} \quad , \quad q = ?$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{24}$$
$$\frac{1}{q} = \frac{1}{24} - \frac{1}{12} = \frac{1-2}{24} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{24}$$

فاصله تصویر از آئینه: $q = -24\text{cm}$

چون q منفی است پس تصویر مجازی میباشد.

$$P + q = 12 + 24 = 36\text{cm}$$
$$= 36\text{cm}$$

مثال:

یک شی را از آینه به فاصله 9 سانتی متر قرار می دهیم. آینه از این شی تصویر مجازی می دهد که به فاصله 12 سانتی متر در عقب آینه واقع میباشد. شعاع آینه را محاسبه نمایید.

حل:

چون تصویر مجازی است، باید در معادله عوض q قیمت آن را با علامه منفی وضع نماییم.

$$P = 9\text{cm}, \quad q = -12\text{cm}, \quad R = ?$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} : \frac{1}{9} - \frac{1}{12} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4-3}{36} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{36} = \frac{1}{f}$$
$$f = 36\text{cm}, \quad R = 2f = 72\text{cm}$$

ب) محاسبه فاصله تصویر از آینه محدب

برای آینه محدب نیز معادله $\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ صدق مینماید. مگر از اینکه در آینه محدب محراق مجازی است، بنابراین در وقت محاسبه برای فاصله محراقی علامه منفی می نویسیم. اگر فاصله تصویر از آینه معلوم نباشد، در معادله فوق عوض P و f قیمت های عددی آنها را مینویسیم و q را محاسبه مینماییم. و اگر فاصله تصویر (q) الی آینه معلوم باشد، چون در آینه محدب تصویر مجازی میباشد. این فاصله را با علامه منفی در رابطه فوق وضع میکنیم.

مثال:

یک شی از آینه محدبی به فاصله 20 سانتی متر واقع است. اگر شعاع انحنای آینه محدب 10 سانتی متر باشد فاصله تصویر از آینه را معلوم نمایید.

$$\text{حل: } P = 20\text{cm}, \quad R = 10\text{cm} \Rightarrow f = \frac{R}{2} = 5\text{cm}, \quad q = ?$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{5}$$
$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{20} = \frac{-4-1}{20} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{5}{20} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{4}$$

$$= -4\text{cm}$$

فاصله تصویر از آینه:

علامه منفی نشان می دهد که تصویر مجازی است.

3-5-3: بزرگنمایی

اینکه تصویر به نسبت اصل شی به کدام اندازه بزرگ است به نام بزرگنمایی یاد میشود.

نسبت طول تصویر ($A'B'$) بر طول شی (AB) را بزرگنمایی می گویند و آنرا توسط

$$m = \frac{A'B'}{AB}$$

حرف m نشان می دهند.

بزرگنمایی نشان می دهد که طول تصویر چند برابر طول شی است. برای هر دو نوع

آینه های کروی میتوانیم بنویسیم که:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = -\frac{q}{p} \dots\dots\dots 6$$

یعنی نسبت طول تصویر بر طول شی مساوی به نسبت فاصله تصویر از آینه بر فاصله شی از آینه است. در رابطه فوق علامه های P و Q مثبت میباشد.

مثالهای عمومی:

1. از آینه مقعری که دارای فاصله محراقی 12 سانتی متر باشد یک شی به کدام فاصله واقع گردد تا تصویر حقیقی آن از آینه به فاصله 36 سانتی متر تشکیل گردد؟ هرگاه طول شی 4 سانتی متر باشد طول تصویر را در این حالت دریافت نمایید.

حل: $P = ?$, $q = 36\text{cm}$, $f = 12\text{cm}$, $AB = 4\text{cm}$, $A'B' = ?$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{36} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{12} - \frac{1}{36} = \frac{3-1}{36} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{2}{36} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{1}{18}$$

$p = 18\text{cm}$ فاصله جسم از آینه:

طول تصویر:

$$\frac{A'B'}{AB} = -\frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{4} = \frac{36}{18} \Rightarrow \frac{A'B'}{4} = \frac{2}{1} \Rightarrow A'B' = 8\text{cm}$$

مثال دوم: یک شی را که دارای طول 5 سانتی متر است از آینهٔ محدب به فاصلهٔ 15 سانتی متر قرار میدهیم، تصویر مجازی آن از آینه به فاصلهٔ 6 سانتی متر تشکیل می گردد.

فاصلهٔ محراقی آینه و طول تصویر را محاسبه نمایید.

حل: $P = 15\text{cm}$, $q = -6\text{cm}$, $AB = 5\text{cm}$, $f = ?$, $A'B' = ?$

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

$$\frac{1}{15} + \frac{1}{-6} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2-5}{30} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{3}{30} = -\frac{1}{10}$$

$$f = -10\text{cm}$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{-q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{5} = \frac{-(-6)}{15} \Rightarrow \frac{A'B'}{5} = \frac{2}{5} \Rightarrow A'B' = 2\text{cm}$$

شی و تصویر، هر دو در عین جهت قرار دارند.

مثال سوم: یک شی در مرکز آینهٔ مقعری قرار دارد که دارای فاصلهٔ محراقی 6 سانتی متر میباشد. محل تصویر، نوع تصویر و بزرگنمایی آنرا محاسبه نمایید و تصویر آن را رسم کنید.

حل:

چون شی در مرکز آینه قرار دارد، پس فاصلهٔ آن الی آینه به اندازهٔ شعاع آینه یا دو برابر فاصلهٔ محراقی است. یعنی:

$$f = 6\text{cm}, P = 2f = 2 \times 6 = 12\text{cm}, q = ?, m = ?$$

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

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{6} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{2-1}{12} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{12} \Rightarrow q = 12\text{cm}$$

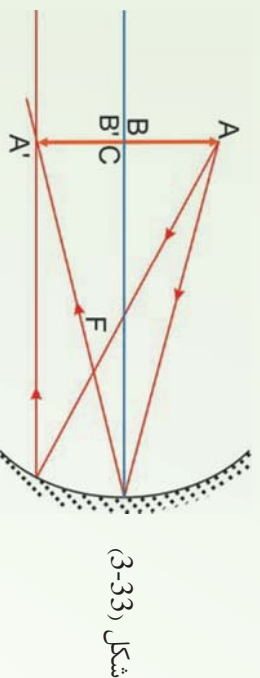
چون q مثبت است بنابراین تصویر حقیقی می‌باشد.

دیده می‌شود که $q = p$ است، از اینجا معلوم می‌شود که هرگاه شی در مرکز آینه واقع

گردد، تصویر آن در مرکز تشکیل می‌گردد:

$$m = \frac{-q}{p} = \frac{12}{12} = 1$$

از محاسبه بزرگنمایی واضح می‌شود که درین حالت طول تصویر برابر با طول شی می‌باشد.



شکل (3-33)

مثال چهارم: یک شی از آینه کروی به فاصله 12 سانتی متر قرار دارد. هرگاه بزرگنمایی

آینه در این حالت $\frac{1}{3}$ و تصویر در عقب آینه واقع باشد. نوع تصویر، نوعیت آینه و فاصله محراقی آنرا دریافت نمایید.

حل:

چون تصویر در عقب آینه واقع است. پس تصویر مجازی می‌باشد. بزرگنمایی از یک کوچکتر است، یعنی طول تصویر مجازی نسبت به طول شی کوچکتر می‌باشد، نتیجه می‌شود که آینه محدب است (در آینه مقعر طول تصویر مجازی نسبت به طول شی زیاد می‌باشد).

$$p = 12\text{cm}, m = \frac{1}{3}, q = ?, f = ?$$

$$m = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{q}{12} \Rightarrow 3q = 12 \Rightarrow q = 4\text{cm}$$

چون تصویر مجازی است، پس باید در معادله $q = -4\text{cm}$ وضع گردد.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} - \frac{1}{4} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1-3}{12} = -\frac{2}{12}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{6} \Rightarrow f = -6\text{cm}$$

علامه منفی برای f نیز نشان می‌دهد که آینه محدب است.

خلاصه فصل:

- مسیر نوری که از یک درز عبور مینماید، بروی زمین یک بسته نوری را نشان می دهد. بسته نوری که دارای مقطع عرضی خیلی کوچک باشد به نام اشعه نوری یاد میشود. در حقیقت گفته میتوانیم که مجموعه اشعه نوری بسته نوری را تشکیل می دهد.

- در نتیجه تابیدن نور بالای یک ماده، یک قسمت نور توسط ماده جذب و قسمت باقیمانده آن واپس برگردانیده میشود.

1 - نور وارده، نور منعکسه و خط عمود بالای همان نقطه آینه که نور بالای آن وارد می گردد، در یک مستوی واقع اند.

2 - زاویه وارده و زاویه منعکسه با یکدیگر مساوی میباشد.

- آینه مستوی ساده ترین آینه بی است که همیشه تصویر مجازی را تشکیل میدهد.

- تعداد تصاویر در آینه های متلاقی توسط فرمول ذیل حاصل می گردد.

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1$$

در اینجا n، تعداد تصاویر a، زاویه بین آینه ها است.

- آینه های کروی شکل یک قسمت کره را دارا است، یعنی تمام نقاط آینه از یک نقطه بی که به نام مرکز آینه یاد میشود عین فاصله را دارند.

- هرگاه شعاع موازی با محور اصلی بالای آینه مقعر وارد گردد، طوری منعکس می گردد که در پیشروی آینه بالای محور اصلی از یک نقطه عبور مینماید. این نقطه را به نام محراق اصلی آینه مقعر یاد می کنند.



- هر گاه شعاع موازی با محور اصلی بالای آئینهٔ محدب وارد گردد، طوری منعکس می گردد که امتداد شعاع منعکسه در عقب آئینه بالای محور اصلی از یک نقطه عبور می نماید. این نقطه را به نام محراق آئینهٔ محدب یاد می کنند، محراق آئینهٔ محدب مجازی میباشد.

معادلهٔ آئینه عبارت است از:

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

در اینجا:

p فاصلهٔ شی از آئینه، q فاصلهٔ تصویر از آئینه و f فاصلهٔ محراقی آئینه می باشند.

نسبت طول تصویر (AB) بر طول شی ($A'B'$) را بزرگنمایی می گویند و آنرا

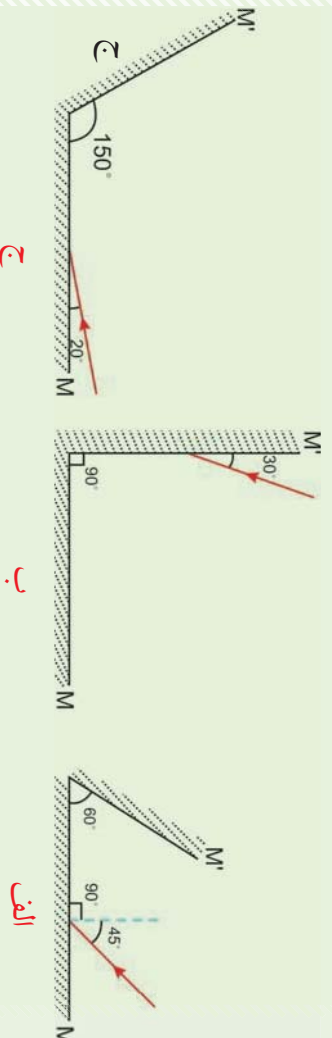
توسط حرف m نشان می دهند.

$$m = \frac{A'B'}{AB}$$

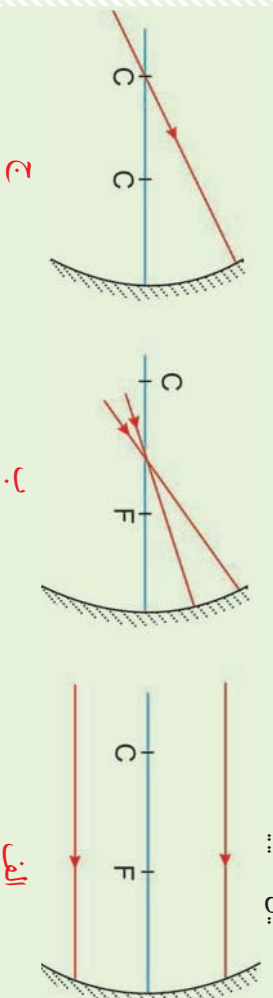
یا: $m = \frac{q}{p}$ است.

سوالات اخیر فصل:

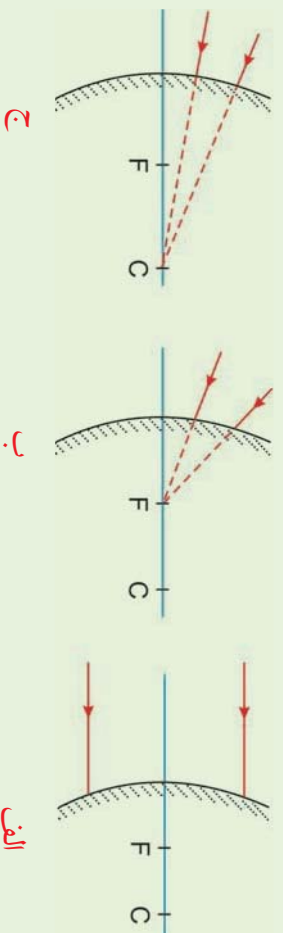
1. در اشکال ذیل مسیر اشعه نوری را در دو آئینه M و M' تکمیل نمایید.



2. در اشکال ذیل مسیر اشعه نوری را بعد از تابیدن بالای آئینه توسط رسم تکمیل نمایید.



3. در اشکال ذیل برای اشعه وارده، اشعه منعکسه را رسم نمایید.



4. شخصی در پیشروی آینهٔ مستوی ایستاده است.

الف) هرگاه این شخص به اندازهٔ 50 سانتی متر به آینه نزدیک شود به تصویر خود چند سانتی متر نزدیک میشود؟

ب) اگر این شخص به موقعیت خود باشد و آینه به اندازهٔ 10 سانتی از آن دور گردد، تصویر آن نسبت به حالت اول چقدر تغییر می کند؟

5. هرگاه جسمی از یک آینه به فاصله‌های 10 سانتی متر و 5 سانتی متر واقع باشد، تصویر و بزرگنمایی آنرا دریافت نمایید. آیا تصویر حقیقی است یا مجازی؟ آیا تصاویر راسته میباشند یا معکوس؟ به خاطر تأیید نتیجه دیاگرام هر حالت را ترسیم نمایید.

6. فاصلهٔ محراقی یک آینهٔ مقعر 33 سانتی متر است. هرگاه جسمی در پیشروی آینه به فاصلهٔ 93 سانتی متر واقع باشد، موقعیت تصویر و بزرگنمایی تصویر را پیدا نمایید و آنرا محاسبه نمایید. آیا تصویر حقیقی است یا مجازی؟ آیا تصویر راسته است یا معکوس؟ با ترسیم دیاگرام نشان دهید که تصویر به کجا تشکیل می شود و بزرگی آنرا نسبت به شی دریافت نمایید؟

7. یک قلم از آینهٔ کروی مقعری به فاصلهٔ 11 سانتی متر قرار دارد و از آینه به فاصلهٔ 13.2 سانتی متر تصویر حقیقی را تشکیل می دهد. فاصلهٔ محراقی آینه و بزرگنمایی آینه را محاسبه نمایید؟ اگر جسم از آینه به فاصلهٔ 72 سانتی متر قرار گیرد، محل جدید تصویر را محاسبه نمایید؟ بزرگنمایی جدید تصویر را حساب کنید؟ آیا تصویر جدید حقیقی است یا مجازی؟ به خاطر صحیح نشان دادن نتایج، دیاگرام (نمودار) آنرا رسم نمایید؟

8. تصویر یک پנסل در عقب آینهٔ محدب به فاصلهٔ 23 سانتی متر از آینه تشکیل میشود و 1.7 سانتی متر طول دارد. اگر فاصلهٔ محراقی آینه 46 سانتی متر باشد، موقعیت پנסل را در پیشروی آینه و بزرگنمایی تصویر را دریافت نمایید؟ آیا

تصویر مجازی است یا حقیقی؟ آیا تصویر راسته است یا معکوس؟ طول پنسل را دریافت نمایید.

9. آئینه محدبی که دارای فاصله محراقی 0.25 متر است، تصویر موتری را در عقب آئینه به فاصله 0.24 متر تشکیل می دهد که طول آن 0.08 متر میباشد. بزرگنمایی تصویر ، موقعیت و ارتفاع موتر را دریافت نمایید؟ آیا تصویر حقیقی است یا مجازی؟ آیا تصویر راسته است یا معکوس؟

10. آئینه کروی محدبی دارای قطر 6 سانتی است. اگر یک شی به فاصله 10.5 سانتی متر از آئینه قرار داشته باشد. موقعیت تصویر و بزرگنمایی آنرا محاسبه نمایید؟ آیا تصویر حقیقی است یا مجازی؟ آیا تصویر راسته است یا معکوس؟
سؤالات ذیل را بخوانید به هر سؤال چار جواب داده شده است. جواب صحیح آنرا دریافت و نشانی نمایید.

1. یک بدل شعاع نوری به طور موازی بالای آئینه مستوی می تابد. این شعاع بعد از انعکاس از آئینه:

a (تصویر حقیقی تشکیل می دهد. b) تصویر مجازی تشکیل می دهد.
c) تصویر تشکیل نمی دهد. d) دو تصویر حقیقی و یک تصویر مجازی تشکیل می دهد.

2. برای اینکه از یک آئینه مقعر و یک منبع نوری شعاع موازی تشکیل بدهیم، منبع نوری به کدام فاصله در پیشروی آئینه مقعر گذاشته شود؟

3. تصویر تشکیل شده توسط آئینه مستوی دارای یکی از خواص ذیل نمیشد:
a) حقیقی است b) مجازی است c) جسم با تصویر مشابه میباشد.

d) فاصله جسم و تصویر از آئینه برابر اند.
4. از اجسامی که نور عبور نمی کند به نام:

a) شفاف b) نیمه شفاف c) کدر d) شفاف و نیمه شفاف یاد میشود.



5. اگر اشعه وارده بالای آینه مستوی با عمود بالای آینه، زاویه 45° را تشکیل

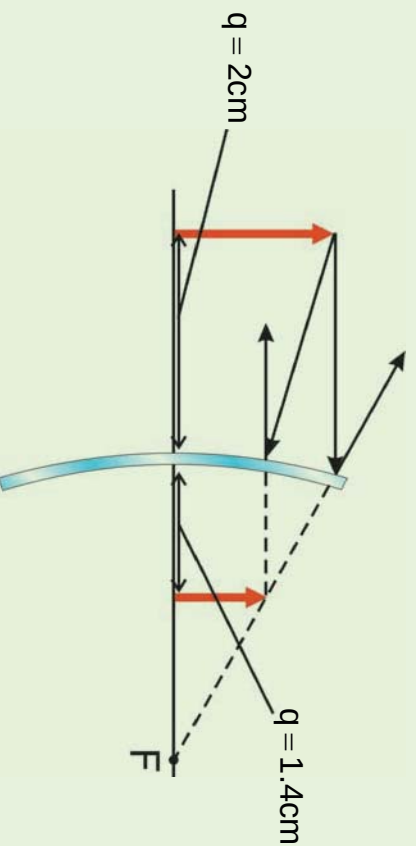
بدهد، اشعه منعکسه کدام زاویه را تشکیل می دهد؟

a) 25° b) 60° c) 45° d) 90°

6. برای دریافت محراق یک آینه کروی کدام معادله صحیح است.

a) $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{q}$ b) $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$ c) $\frac{1}{p} = \frac{1}{f} + \frac{1}{q}$ d) $\frac{1}{q} = \frac{1}{f} + \frac{1}{p}$

7. الف) به خاطر ارایه جوابات بر سؤالات ذیل از دیاگرام(نمودار) ذیل استفاده نمایید.



ب) در دیاگرام(نمودار) کدام نوع آینه نشان داده شده است؟

a) مستوی b) محدب
c) مقعر d) از ترسیم معلومات مکمل قابل دسترس نمیشاند.

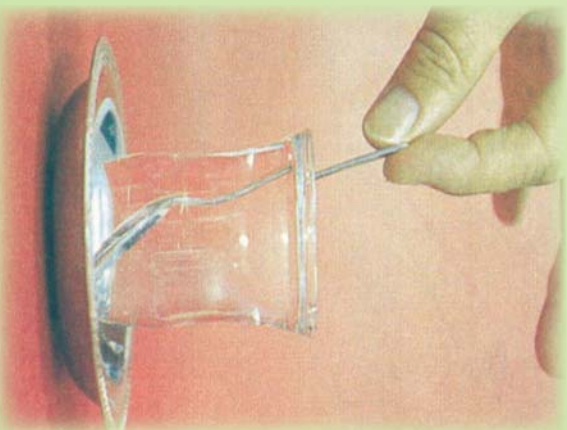
8. توسط آینه محدب کدام نوع تصویر تشکیل می شود؟

a) مجازی راسته و کوچک b) حقیقی، معکوس و کوچک
c) مجازی، راسته و بزرگ d) حقیقی، معکوس و بزرگ

انکسار

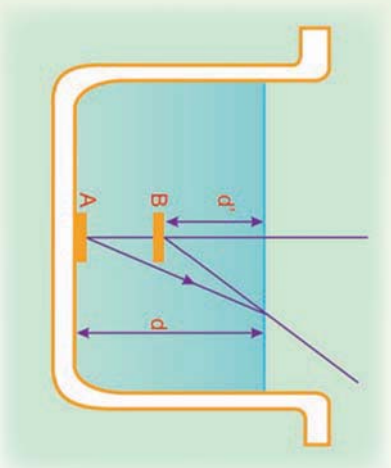
در فصل گذشته دیدیم که نور در یک محیط شفاف به خط مستقیم منتشر می گردد. هم چنان با قوانین انعکاس نور نیز آشنا شدیم و واضح گردید که انعکاس نور سبب رویت اشیا می گردد. حال پرسش بوجود می آید: که هر گاه نور از یک محیط شفاف داخل محیط شفاف دیگر می شود، آیا باز هم به خط مستقیم انتشار می کند؟ یک تجربه ساده این کار اینست که شما یک قسمت قلم پنبسل را داخل گیلان مملو از آب نمایید. اگر این عمل را انجام دهید، چه چیز را خواهید دید؟

واضح است که شما می گوید پنبسل در آب شکسته معلوم میشود. اگر اشعه نوری از هوا در یک ظرف شیشه ای بالای آب طوری وارد گردد که عمود بالای سطح آب باشد و بعداً به این اشعه از یک طرف ظرف بنگرید، چه فکر میکنید آیا مسیر اشعه نوری در آب تغییر کرده خواهد بود یا خیر؟ اگر در مسیر نور تغییر رخ می دهد پس این واقعه بنام چه یاد میشود؟ این واقعه تابع کدام قوانین است؟ یا اینکه شما در آسمان، رنگین کمان (کمان رستم) را دیده خواهید بود، آیا گفته میتوانید که سبب تشکیل رنگین کمان چیست؟ به این پرسش ها بعد از حاصل کردن معلومات در مورد انکسار جواب داده میتوانید که این همه فقط در نتیجه همان عمل نور واقع میشود وقتی که نور از یک محیط شفاف داخل محیط شفاف دیگر میشود که چگونگی آن در همین فصل مطالعه می گردد. هم چنان منشور و واقعات اپتیکی (دیداری) را که با انکسار یکجا میباشد مطالعه خواهید کرد. شما خواهید دانست که آلات اپتیکی (دیداری) چگونه کار می کنند. این همان مباحثی است که در اخیر این فصل با آن آشنا خواهید شد.



4-1: انکسار چیست؟

چنانچه قبلاً نیز یاد آوری گردیده است، زمانیکه یک قلم پنسل را داخل آب نماییم، شکسته معلوم میشود. چرا؟ حال به خاطر توضیح این موضوع فعالیتی را انجام می دهیم، در بین یک ظرف خالی یک سکه را بگذارید و آنرا از امتداد کنار ظرف طور مثال از نقطه O بنگرید. شما سکه را نخواهید دید. ولی اگر اندکی سر خود را بالا نمایید سکه را دیده میتوانید. عوض اینکه سر خود را بالا کنید در ظرف به آهسته گی آب بریزید. در بنحالت شما میتوانید سکه را ببینید. (1-4) علت دیدن سکه اینست که شعاع سکه حین عبور از آب به هوا انکسار مینماید و سکه عوض نقطه A در نقطه B دیده میشود.



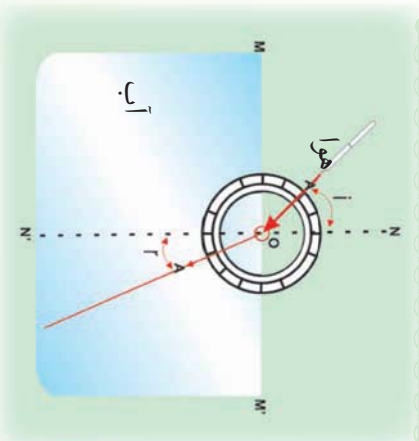
شکل (4-1) مشاهده سکه در آب

فعالیت

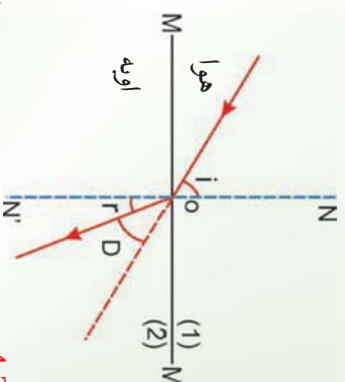
هدف : شناخت انکسار
مواد مورد ضرورت:
کاغذ مقوایچی، تختۀ چوبی، پرکار، پنسل، خط کش

طراز العمل:

1. در کاغذ مقوا، دایره بی با مرکز O رسم نمایید.
 2. در دایره دو خط مستقیم را طوری رسم نمایید که در نقطه O یکی بالای دیگر عمود باشند، و به این ترتیب دایره را به چار حصه مساوی تقسیم نمائید.
 3. دایره را بالای یک تخته نصب نمایید.
 4. تخته را الی خط مستقیم افقی داخل آب نمائید تا اینکه نصف دایره داخل آب و نصف دیگر آن خارج از آب باشد.
 5. در نقطه A محیط همان نصف دایره که داخل آب است یک سنجاق را داخل نمایید.
 6. یک سنجاق را در نقطه O داخل نمایید.
 7. هم چنان یک سنجاق را در نقطه A' محیط نصف دایره بی که خارج از آب است داخل نمایید. حال که به سنجاق های نقاط A و B بگردید هر سه سنجاق در امتداد یک خط مستقیم دیده میشوند.
 8. تخته را از آب بیرون نمایید.
 9. نقطه A را با A' وصل نمایید. در بنحالت خواهید دید که سنجاق ها در بالای یک خط مستقیم واقع نیستند (شکل 3).
- از فعالیت نتیجه گرفته میشود که:
- هر گاه نور از یک محیط شفاف (آب) بصورت مایل داخل محیط شفاف دیگر (هوا) گردد، مسیر آن تغییر می نماید.
- این واقعه بنام انکسار نور یاد میشود (شکل 4)



شکل (3-4)



شکل (2-4)

در فعالیت فوق اشعه نوری از آب داخل هوا می گردد. اشعه AO را اشعه وارده و اشعه A' را اشعه منکسره می گویند.

خط عمود ' را بالای سطح جدایی در محیط شفاف بنام خط نارمل یاد مینمایند.

زاویه بین نارمل و شعاع وارده را بنام زاویه وارده (θ) و زاویه بین اشعه منکسره و خط ' را زاویه منکسره (θ') می نامند.

زمانیکه نور از یک محیط شفاف داخل محیط شفاف دیگر میشود، بین زاویه وارده و زاویه منکسره چگونه رابطه وجود دارد؟ نسبت ساین های زاویه وارده و زاویه منکسره بنام چه یاد میشود؟ برای دریافت جوابات به این پرسش ها فعالیت ذیل را انجام می دهیم.



فعالیت

هدف: در یافت ضریب انکسار بین دو محیط.

مواد مورد ضرورت:

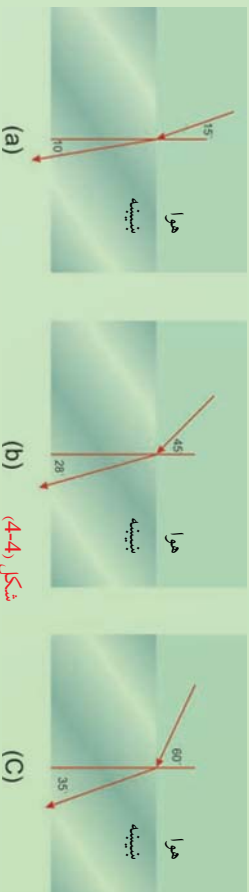
مواد فعالیت قبلی به این تفاوت که در اینحالت مقوای دایروی درجه بندی شده است.

طرز العمل:

در این فعالیت نور از یک محیط شفاف رفیق مانند هوا داخل محیط شفاف غلیظ مانند شیشه می گردد. زوایای وارده ومنکسره را در حالات مختلف اندازه مینماییم. طور مثال در شکل ذیل در سه حالت این زوایا اندازه گردیده و در یک جدول تحریر شده است.

θ		θ'		—
15°	0.26	10°	0.1	1.53
45°	0.1	28°	0.45	1.51
60°	0.86	35°	0.5	1.5





(a)

(b)

(c)

شکل (4-4)

دیده میشود که با بزرگ شدن زاویه وارده زاویه منکسره نیز بزرگ میشود، مگر — در همه حالات ثابت باقی میماند. این قیمت ثابت را بنام ضریب انکسار محیط دوم نسبت به محیط اول یاد می کنند و آنرا چنین مینویسند.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

این نسبت ضریب انکسار نسبی بین دو محیط را نشان می دهد و به نام قانون سنل یاد میشود.

رابطه فوق را میتوانیم طور ذیل نیز بنویسیم:

تجارب نشان داده است که ضریب انکسار شیشه نسبت به هوا $n_{21} = 1.5$ است. هرگاه نور از شیشه داخل هوا گردد در این حالت: یعنی: در پندورت i زاویه وارده و r زاویه منکسره خواهد بود.

برای ثبوت قانون سنل با استفاده از نظریه هیوگز فرض میکنیم که در یک لحظه، اشعه اولی (1) مطابق شکل (5 4) بالای سطح جدایی دو محیط در نقطه (A) وارد می شود. لحظه یی بعد اشعه دومی (2) بالای سطح وارد میشود. در این مدت اشعه وارده در نقطه (A) به مسیر (D) انکسار می کند.

در همین مدت اشعه دومی (2) از نقطه (B) گذشته و به مسیر (C) حرکت میکند. به این اساس این دو شعاع در دو محیط مختلف حرکت نموده، فواصل مختلف را طی می کنند. اشعه که در نقطه (A) وارد گردیده، فاصله $\overline{AB} = \overline{A_2B_2}$ را طی میکنند. در اینجا (2) سرعت اشعه در محیط دوم است. فاصله یی که اشعه (2) در محیط اول از نقطه (B) تا نقطه (C) طی می کند $\overline{BC} = \overline{B_1C_1}$ است که در اینجا V_1 سرعت

انشعده، در محیط اول است.

از مثلث های ABC و $\hat{A}BC$ دریافت می نمایم که:

$$\theta_1 = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{1 \cdot \Delta t}{AC} \dots ()$$

و

$$\theta_2 = \frac{\overline{A}}{\overline{AC}} = \frac{2 \cdot \Delta t}{AC} \dots ()$$

هرگاه معادله (I) را به معادله (II) تقسیم نمایم حاصل میکنیم که:

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{1}{2}$$

چون میدانیم که: $\frac{C}{\text{سرعت نور در محیط}} = \frac{\text{سرعت نور در محیط}}{C}$ است، پس میتوانیم بنویسیم که:

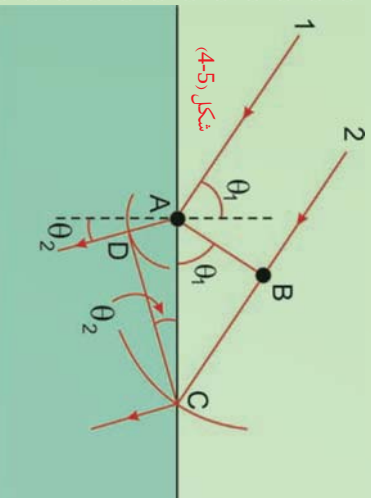
$$\frac{C}{n_2} = \frac{C}{n_1} \quad \text{و} \quad \frac{2}{n_2} = \frac{1}{n_1} \quad \text{به این اساس:}$$

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \quad \theta_1 = n_2 \quad \theta_2$$

و این رابطه همان قانون سنل

برای انکسار است



سوال: قوانین انکسار کدام ها اند؟

جواب: در روشنی تجارب فوق، قوانین انکسار را طور ذیل توضیح مینماییم:

1 1 4: قوانین انکسار

با استفاده از نتایج تجرب فوق قوانین انکسار را طور ذیل بیان مینماییم:

1. نور وارده ، نارمل و نور منكسره در يك مستوی واقع اند.
2. برای شعاعی که از یک محیط شفاف (محیط A) وارد محیط شفاف دیگر (محیط B) می گردد، نسبت ساین (SIN) زاویه وارده بر ساین (SIN) زاویه منكسره يك مقدار ثابت است. این مقدار ثابت را ضریب انکسار محیط A نسبت به محیط A میگویند و آنرا توسط حرف n نشان می دهند. ضریب انکسار n تابع نوعیت هر دو محیط هایی است که نور از یکی آن وارد دیگری می شود. ضریب انکسار یک محیط را نسبت به خلا (یا بصورت تقریبی هوا) بنام ضریب انکسار مطلقه یاد مینمایند یعنی:

$$\text{ضریب انکسار مطلقه محیط} = \frac{\text{در هوا}}{\text{در محیط شفاف}} = \dots\dots(1)$$

مثال:

شعاع نوری مطابق شکل ذیل که زاویه 30° را با افق تشکیل می دهد، بالای سطح آب وارد میگردد. اگر ضریب انکسار آب 1.33 باشد ، زاویه انکسار را محاسبه نمائید.

حل: مطابق به شکل ، $\hat{A} = 60^\circ$ است.

با استفاده از قانون انکسار میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{i}{r} = n \Rightarrow \frac{60^\circ}{r} = 1.33$$

$$r = \frac{60^\circ}{1.33} = 0.65$$

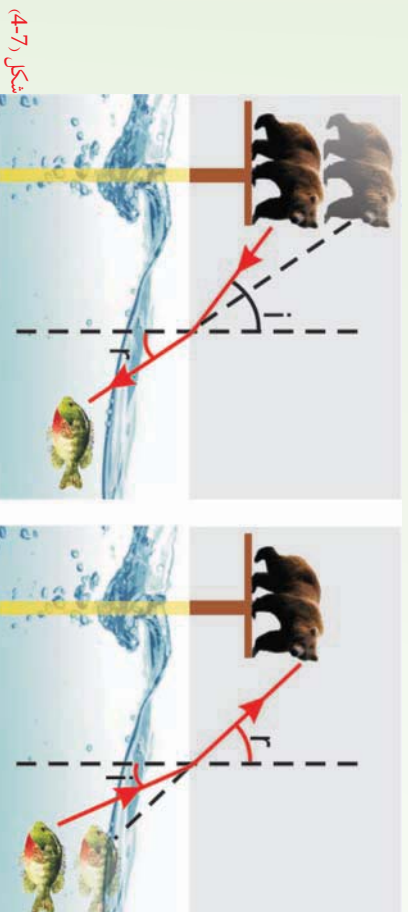
$$r = 40.5^\circ$$

فعالیت

هرگاه نور از یک محیط شفاف که دارای ضریب انکسار n_1 باشد وارد محیط شفاف دیگری که ضریب انکسار آن n_2 است داخل گردد، در حالیکه $n_2 > n_1$ باشد، رابطه (1-4) را چگونه میتوانیم بنویسیم.

تفاوت‌ها بین ظاهری و حقیقی

آیا در شکل ذیل، یک پشک، ماهی را در آب در محل حقیقی خود می بیند؟
و هم چنان آیا ماهی که در آب است پشک را در محل حقیقی اش می بیند؟



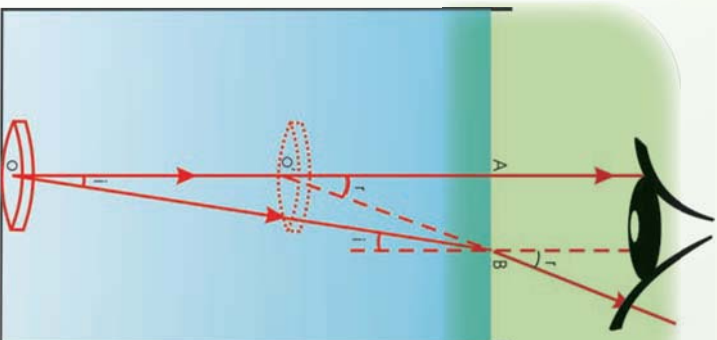
- (a) برای پشکی که بالای یک پایه قرار دارد یک ماهی در آب نسبت به محل حقیقی آن نزدیک به سطح آب معلوم میشود.
- (b) برای ماهی در آب، پشکی که بالای پایه موقعیت دارد نسبت به سطح آب به فاصله بیشتر معلوم می شود.

چنانچه در شکل دیده میشود، ماهی برای پشک از محل واقعی آن بلند تر یعنی نزدیک به سطح آب معلوم میشود، و پشک توسط ماهی از محل واقعی آن به فاصله بیشتر یعنی دور تر از سطح آب دیده میشود. شما می دانید که زمانیکه نور از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر میگردد، در سطح مشترک دو محیط انکسار می نماید و به همین سبب است که ماهی توسط پشک بلندتر و پشک توسط ماهی دور دیده میشود.

فعالیت

اقلاً با ترسیم دو شعاع از یک نقطه نشان دهید که چرا ماهی توسط پشک نزدیک به سطح آب و پشک توسط ماهی به فاصله بیشتر یعنی دورتر از سطح آب دیده میشود.

فعالیت



در شکل (4-8) موقعیت یک سکه را در ظرف مملو از آب نشان دهید.

دو شعاع را از نقطه O که به سطح آب وارد میشود رسم مینماییم. اشعه OA بدون انکسار داخل هوا می گردد. مگر اشعه OB در سطح جدایی دو محیط انکسار نموده و از عمود بالای سطح آب فاصله می گیرد $r > i$. با استفاده از قوانین انکسار و در نظر داشت زوایای وارده و منکسره میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = 1$$

شکل (4-8) دیدن سکه از یک سطل پر از آب

با توجه به شکل واضح می گردد که زاویه $\hat{A}OB$ مساوی به زاویه وارده $\hat{i}$ و زاویه $\hat{A}'OB$ با زاویه منکسره مساوی میباشد. به اساس تعریف ساین در مثلث های قائم الزویه $\hat{A}OB$ و $\hat{A}'OB$ میتوانیم بنویسیم که:

$$\begin{aligned} \frac{AB}{B} &= \frac{A'B'}{B} \\ \frac{AB}{B} &= \frac{A'B'}{B} \end{aligned}$$

$$\frac{AB}{B} = \frac{A'B'}{B}$$

در نتیجه داریم که:

اگر زاویه منکسره r به اندازه کافی کوچک باشد، یعنی بتوانیم به سکه طور عمودی ببینیم، پس $A' = B$ و $A = B$ میباشد.

از اینجا داریم که :

$$\frac{A'}{A} = \frac{A}{A}$$

با در نظر داشت رابطه (2) میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{A'}{A} = 1$$

و یا (2)..... $\frac{\text{عمق واقعی}}{\text{عمق ظاهری}} = \frac{A}{A} = \text{ضریب انکسار محیط شفاف}$

مثال:

عمق ظاهری یک حوض 1.5m متر است. اگر ضریب انکسار آب 1.3 باشد، عمق واقعی حوض رامحاسبه نمایید.

حل:

$$A' = \frac{A}{A}$$

$$1.5 = \frac{A}{1.3}$$

$$A = 2m$$

در اینجا A' عمق ظاهری و A عمق واقعی حوض میباشد.

4-1-2. مسیر نور در یک تیغه متوازی السطوح



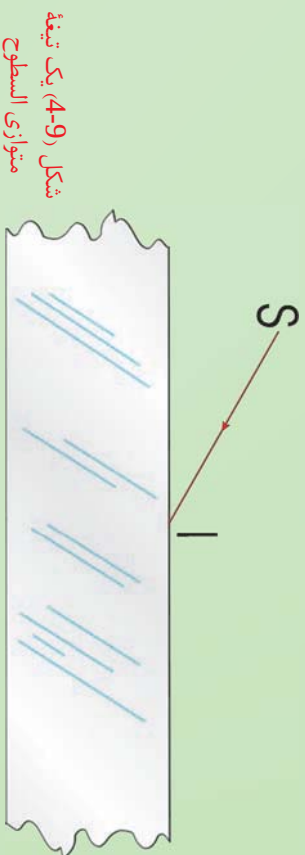
مواد مورد ضرورت:

یک تیغه (متوازی السطوح)، منبع تولید کننده یک اشعه باریک نور، مقوا، خط کش،
پنسل و پنسل پاک

طرز العمل:

1. مطابق شکل ذیل (4 9) یک تیغه متوازی السطوح را بالای مقوا بگذارید و یک اشعه باریک نور را طوری بالای این تیغه متوازی السطوح وارد نمایید که مسیر نور بالای مقوا دیده شود. مسیر نور وارده S را بالای این محیط شفاف و میسر نور خروجی از این محیط را رسم نمایید.

2. نور وارده بالای شیشه و نور خروجی از شیشه چگونه با همدیگر واقع میشوند.

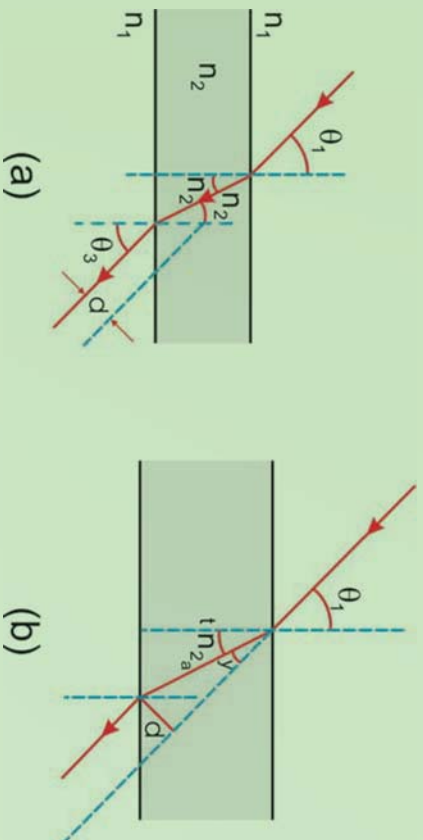


در نتیجه ترسیم، شما خواهید دید که نور خروجی از تیغه متوازی السطوح نسبت به نور وارده به اندازه فاصله d تغییر مکان کرده است. فورمول مربوطه این تغییر مکان را پیدا مینماییم.

برای این مقصد اشعه نوری را در نظر می گیریم که مطابق شکل (4 10) از محیط 1 با ضریب انکسار n_1 به محیط 2 که دارای ضخامت e و ضریب انکسار n_2 است، وارد میگردد.

برای مپت اول با استفاده از قانون انکسار سبل میتوانیم بنویسیم که :

$$\theta_2 = \frac{1}{2} \theta_1 \dots \dots \dots (1)$$



(a) زمانیکه اشعه نوری از یک تیغه متوازی السطوح عبور می نماید، اشعه خروجی از تیغه، موازی با اشعه ورودی می باشد، بنابراین $\theta_1 = \theta_3$ می باشد.

(b) در داخل تیغه متوازی السطوح بزرگسای مساحت مسیر نوری قرار دارد.

هم چنان برای سطح تختانی تیغه میتوانیم بنویسیم که :

$$\theta_3 = \frac{2}{1} \theta_2 \dots \dots \dots (2)$$

با وضع کردن معادله (1) در معادله (2) حاصل می نمایم که :

$$\theta_3 = \frac{2}{1} \left(\frac{1}{2} \theta_1 \right) = \theta_1$$

بنابراین $\theta_3 = \theta_1$ می باشد و تیغه جهت نور را تغییر نمی دهد. مگر نور خروجی از آن با نور وارده موازی و به فاصله d تغییر مکان می نماید، چنانچه در شکل (4 10) نشان داده شده است. اگر ضخامت تیغه دو برابر گردد، کدام تغییر بوجود می آید و چه واقع می شود؟ آیا فاصله تغییر مکان (d) بین اشعه خروجی و وارده نیز دو برابر می شود؟

برای حل این موضوع بزرگمای مساحت مسیر نوری را در داخل تیغه مطالعه مینماییم. در شکل، a وتر دو مثلث قائم الزاویه را نشان می دهد. از مثلث $\hat{ABC}$ میتوانیم بنویسیم که :

$$a = \frac{c}{\theta_2}$$

و با استفاده از مثلث $\hat{A}$ میتوانیم بنویسیم که:

$$d = a \quad \gamma = a \quad (\theta_1 - \theta_2)$$

از ترکیب این دو معادله حاصل مینماییم که :

$$d = \frac{1}{c} \frac{1}{\theta_2} (\theta_1 - \theta_2)$$

درجه زاویه وارده داده شده θ_1 و زاویه منکسره θ_2 تنها توسط ضریب انکسار تعیین می گردد، بنابراین فاصله تغییر مکان (d) متناسب با t میباشد. اگر ضخامت تیغه دو برابر شود، تغییر مکان اشعه نیز دو برابر میشود.

تمرین

1. اشعه نوری از هوا داخل تیغه متوازی السطوح می شود. اگر ضریب انکسار تیغه 1.52 و زاویه منکسره در آن 45° باشد. زاویه وارده را معلوم نمایید.
2. اشعه نوری از تیغه متوازی السطوح با ضریب انکسار 1.61 وارد هوا می گردد. اگر زاویه وارده 15° باشد، زاویه منکسره را دریافت نمایید.

سوالات

1. شعاع نور از هوا داخل شیشه ضخیم می شود. هرگاه ضریب انکسار شیشه 1.52 و زاویه انکسار آن 45° باشد. زاویه وارده را معلوم کنید.
- 2- شعاع نور از یک آینه ضخیم با ضریب انکسار 1.6 داخل هوا می شود. هرگاه زاویه وارده 15° باشد، زاویه انکسار را دریافت نمایید.

3- انعکاس و انکسار چه فرق دارند، توسط شکل نشان دهید.

4- هر هرگاه زاویه وارد 90° باشد ($i = 90^\circ$)، با استفاده از فورمول $n = \frac{i}{r}$ ثبوت

نمایید که : $r = \frac{1}{n}$ است.

5- شعاع نور تحت زاویه 45° بالای یک ظرف پر از گلسیرین وارد می شود. هرگاه زاویه منکسره 29° باشد، ضریب انکسار گلسیرین را دریافت نمایید.

6- ضریب انکسار پترول 1.50 است، سرعت نور در پترول گلسیرین را دریافت نمایید.

7- زیر ستون های A و B سوال ها و جوابات مانند ذیل نوشته شده است:
برای تکمیل درست عبارت، حروف مناسب را از ستون B انتخاب و به مقابل شماره مربوط در ستون A قرار دهید:

A

B

(a) زاویه است که آن معکوس ضریب انکسار است.

(b) زاویه وارد و زاویه منکسره با هم مساوی است.

1. انکسار
2. سرآب
3. زاویه بحرانی
4. انعکاس کلی

(c) در روز های گرم تابستان صورت می گیرد.

(d) هرگاه نور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر داخل می شود، عبارت از تغییر در مسیر نور است.

(e) در روز های بارانی دیده می شود.

(f) وقتی واقع می شود که زاویه وارد از زاویه حاده بزرگتر باشد.

4-2: زاویه بحرانی

قبلاً دیدیم که هرگاه نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق گردد (طور مثال از آب داخل هوا شود)، شعاع منکسره نسبت به نارمل فاصله می گیرد، و زاویه منکسره نسبت به زاویه وارده بزرگتر می شود. اگر زاویه منکسره به 90° برسد یعنی که اشعه منکسره مماس با سطح جدائی دو محیط باشد، در اینحالت زاویه وارده را زاویه حدی یا بحرانی می گویند. در شکل (11) زاویه حدی یا بحرانی نشان داده شده است.

مثال:

زاویه بحرانی را برای سطح جدائی دو محیط آب - هوا در صورتی دریافت نمائید که ضریب انکسار آب 1.33 باشد.

حل: $1.33 = 1.00$ ،

قیمت مجهول : $\theta_c = ?$

برای دریافت زاویه بحرانی داریم که:

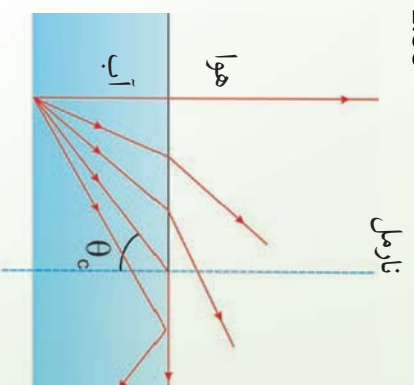
در اینجا $\theta_i = \theta_c$ ، $\theta_r = 90^\circ$ بوده پس

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{1}{1.33}$$

$$\theta_c = 48.6^\circ$$



(a)



(b)

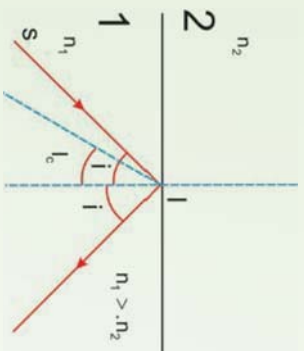
شکل (11) در زاویه بحرانی θ_c اشعه نوری منکسره مماس با سطح جدائی دو محیط می باشد.

سوال:

اگر زاویه وارده نسبت به زاویه بحرانی بزرگتر شود چه واقع می شود؟
به این پرسش تحت عنوان انعکاس کلی جواب ارایه میگردد.

4-2-1: انعکاس کلی

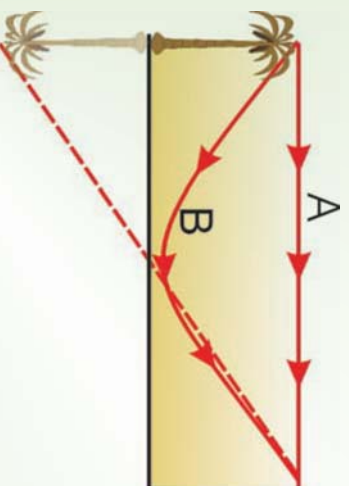
اگر اشعه نوری از محیط غلیظ طوری وارد محیط رقیق شود که زاویه وارده بزرگتر از زاویه بحرانی یعنی $(\theta_c > \theta_i)$ شود، در اینحالات اشعه وارده از محیط اولی خود خارج نمیشود و سطح جدایی دو محیط بحيث یک آئینه مستوی عمل می کند و اشعه وارده را دوباره به محیط اولی منعکس می سازد. این حادثه را بنام انعکاس کلی یاد مینمایند و در شکل ذیل (4-12) نشان داده شده است.



شکل (5-12): اشعه S به زاویه بزرگتر از زاویه حدی بالای سطح جدائی دو محیط وارد شده و در نتیجه، انعکاس کلی واقع گردیده است.

سراب:

اگر در روزهای گرم تابستان در صحراهای بزرگ یا سرک های اسفالت شده شاهراه ها، سفر داشته باشید، البته واقعه یی را خواهید دید که بنام سراب یاد میشود ، که آنرا طور ذیل توضیح مینماییم:



شکل(4-13): سراب به سبب انکسار شمع نوری، زمانی تولید میشود که تفاوت درجه حرارت بین زمین و هوا زیاد باشد.

وقتیکه در روز های گرم تابستان سطح زمین گرم میشود، درجه حرارت طبقات هوای نزدیک به آن نسبت به اقشار بالاتر بلند شده و در نتیجه کثافت آن کم و ضریب انکسار آن کوچک می گردد. بنابراین طبقات هوا در ارتفاعات مختلف دارای کثافت های گوناگون و ضریب انکسار متنوع میباشند. این اثر میتواند یک تصویری مطابق شکل (13) بوجود آورد. دراینحالت یک مشاهد یک درخت را از دو مسیر مختلف می بیند.

یک اشعه به چشمان مشاهد از طریق مسیر مستقیم A می رسد، و چشمان ازهمین مسیر، درخت را بصورت نورمال می بیند. اشعه دوم از طریق مسیر B به چشمان می رسد، این اشعه اولاً به طرف زمین می رود و بعداً در نتیجه انکسار شکسته و بالاخره به سبب این اشعه است که مشاهد، یک تصویر معکوس درخت را می بیند. در اینحالت طبقات هوای نزدیک به زمین که نور را منعکس مینماید مانند سطح آب دیده میشود.

مثال ها:

1 - اشعه نوری که دارای طول موج (نانومتر) $550nm$ باشد در هوا حرکت کرده و بالای یک ماده شفاف ضخیم وارد می گردد. اشعه وارده با نارمل زاویه $40^\circ.0$ را تشکیل می دهد و اشعه منکسره با نارمل زاویه $26^\circ.0$ را میسازد، درین حالت ضریب انکسار ماده را دریافت نمائید.

حل: با استفاده از قانون سنل و در نظر داشت اینکه در هوا $n = 1.00$ میباشند داریم که :

$$\begin{aligned} n_1 \theta_1 &= n_2 \theta_2 \\ n_2 &= \frac{n_1 \theta_1}{\theta_2} = (1.00) \frac{40^\circ.0}{26^\circ.0} \\ &= \frac{0.643}{0.438} = 1.47 \end{aligned}$$

2 - اشعه نوری که دارای طول موج $589nm$ است در هوا حرکت کرده و بالای یک شیشه ضخیم وارد می گردد طوری که با نارمل زاویه $30^\circ.0$ را تشکیل میدهد، چنانچه در شکل ذیل نشان داده شده است. دراینصورت زاویه انکسار را درشیشه دریافت نمائید؟

حل: از قانون سنل برای انکسار حاصل میشود که :

$$\theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \theta_1$$

چون برای هوا، $n_1 = 1$ و برای شیشه $n_2 = 1.52$ است، پس

$$\theta_2 = \frac{(1.00)}{(1.52)} 30^\circ = 0.329$$

این زاویه نسبت به زاویه وارده کوچکتر است، یعنی اشعه منکسره به نارمل نزدیک میشود.

4-2-2 منشور

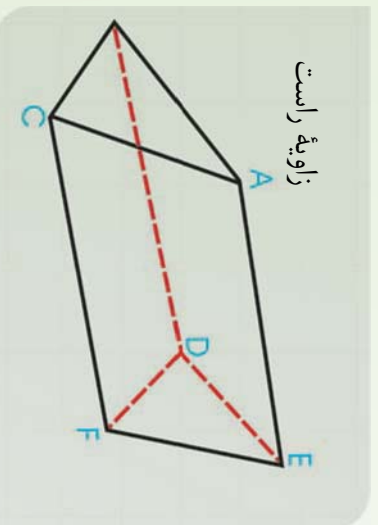
در توضیح خاصیت نور گفته شد که نور سفید در حقیقت ترکیبی از هفت رنگ مختلف است. حال

پرسش بوجود می آید که چگونه میتوانیم بدانیم که اشعه سفید ترکیبی از هفت رنگ اشعه میباشد؟

طور ذیل توضیح مینماییم:

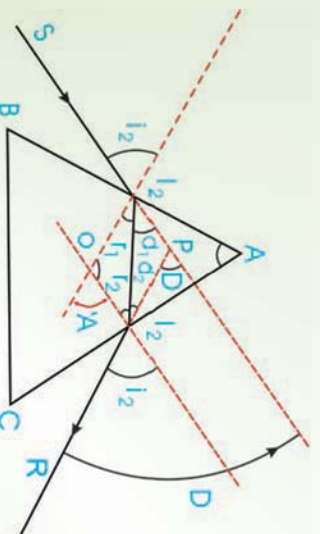
منشور عبارت از جسم شفاف است که توسط دو سطح غیر موازی که با یکدیگر زاویه دو وجهی را تشکیل بدهند محدود شده است. خط مشترک این دو سطح عبارت از خط میباشد که بنام ضلع انکسار یاد میشود. سطح که در مقابل این زاویه واقع است، بنام قاعده منشور یاد میشود. زاویه که توسط دو سطح غیر موازی تشکیل می گردد، بنام زاویه رأس منشور یاد میشود. این زاویه را زاویه انکسار منشور نیز می گویند، شکل (4-14).

زاویه بی که از امتداد شعاع وارده به منشور و شعاع خروجی از منشور حاصل میشود، بنام زاویه انحراف یاد شده که در اینجا توسط D نشان داده شده است. زاویه انحراف مربوط به زاویه رأس، ضریب انکسار منشور و زوایای ورودی و خروجی منشور میباشد، شکل (4-15).



زاویه راست

شکل (4-14) یک منشور را نشان میدهد. اگر نور سفید وارد منشور گردد، نور آبی نسبت به نور رنگ سرخ بیشتر منکسر می گردد و منشور، نور سفید را به اجزای مختلف تجزیه مینماید.



شکل (4-15) نمایش زاویه انحراف در منشور

زاویه انحراف عبارت است از:

$$= 1 + 2 - A$$

و در صورت انحراف اصغری باید $1 = 2$ و $1 = 2$ باشد.

یعنی در یک منشور، زاویه انحراف زمانی اصغری میباشند که زاویه ورودی مساوی به زاویه خروجی شود. پس داریم که:

$$m = 2 - A$$

$$m + A = 2$$

یا

$$= \frac{m + A}{2}$$

$$= \frac{A}{2} \quad \text{یا} \quad A = 2 \quad \text{است پس} \quad 1 = 2 \quad \text{و} \quad A = 1 + 2 \quad \text{چون}$$

اگر قیمت های 1 و 1 را در رابطه 1 و 1 و 1 وضع نماییم، میتوانیم بنویسیم که :

$$= \frac{m + A}{2} = \frac{1/2 (m + A)}{A/2}$$

با استفاده از رابطه فوق، ضریب انکسار جسم شفاف را میتوانیم اندازه نماییم. اگر زاویه منشور کوچک باشد، زاویه انحراف اصغری نیز کوچک می باشد و میتوانیم عوض sin زاویه خود زاویه دیگری را بنویسیم. بنابراین داریم که :

$$= \frac{1/2 (m + A)}{A/2}$$

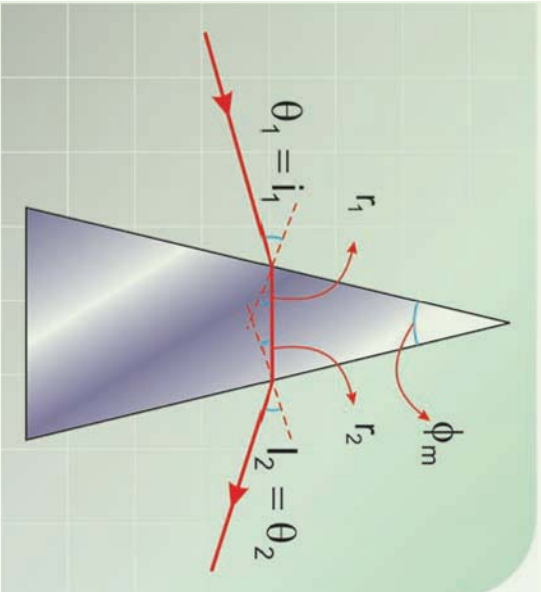
$$= \frac{m + A}{A} \Rightarrow m = A (-1)$$

مثال:

زاویه انحراف اصغری (m) در یک منشور زمانی صورت می گیرد که اشعه نوری بالای منشور تحت زاویه θ_1 وارد و بعد از انکسار در منشور از وجه دیگر منشور به عین زاویه خارج گردد، چنانچه در شکل ذیل (4-15) نشان داده شده است شما ضریب انکسار را برای ماده منشور دریافت نمایید.

$$\theta_2 = \frac{\phi}{2}$$

شکل (4-16)



حل: با استفاده از هندسه که در شکل

(4-15) نشان داده شده است، پیدا کرده می‌توانیم که $\theta_2 = \frac{\phi}{2}$ در حالیکه در اینجا ϕ زاویه رأس منشور است. و

$$\theta_1 = \theta_2 + \alpha = \frac{\phi}{2} + \frac{m}{2} = \frac{\phi + m}{2}$$

با در نظر داشت اینکه $n = 1$ است، زیرا محیط اول هوا میباشد، از قانون سنل داریم که :

$$\theta_1 = \theta_2$$

$$\left(\frac{\phi + m}{2}\right) = (\phi/2)$$

$$= \frac{\left(\frac{\phi + m}{2}\right)}{\phi/2}$$

از اینجا با داشتن زاویه رأس منشور (ϕ) و اندازه کردن m می‌توانیم ضریب انکسار ماده منشور را محاسبه نماییم.

4-3: تجزیه نور

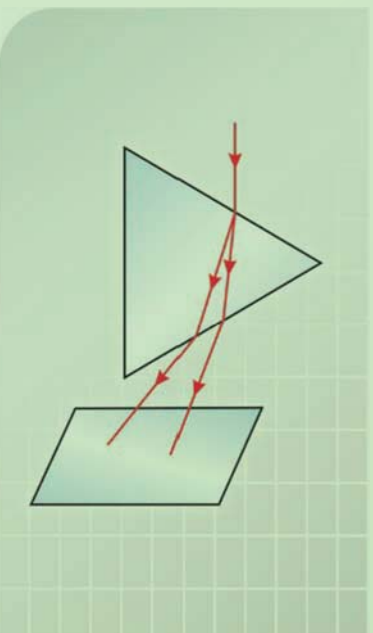


هدف: تجزیه نور

مواد مورد ضرورت: منبع نور، منشور، ورق سفید کاغذ

طرح العمل:

تجربه در یک اتاق نسبتاً تاریک اجرا گردد. نور را بالای یک صفحه منشور وارد نمائید. در جانب دیگر منشور، در مقابل نور خروجی ورق سفید کاغذ را قرار دهید. اگر تجربه را به دقت انجام دهید، بروی صفحه کاغذ شما نور های رنگارنگ را مشاهده خواهید کرد. در شکل ذیل طریقه اجرای تجربه نشان داده شده است.



شکل (4-16)

الف: نام این رنگ ها را به ترتیب بنویسید.
ب : از این تجربه چه نتیجه می گیرید؟

4-3-1: تجزیه نور چیست؟

تجزیه فوق یک خاصیت مهم ضریب انکسار را نشان می دهد و آن اینکه ضریب انکسار هر شی تابع طول موج است.

قانون سنل نشان می دهد که نوری که دارای طول های موج مختلف باشد در بین ماده انکسار کننده، به زوایای مختلف انکسار مینماید. این حادثه را تجزیه نور می گویند. ضریب انکسار با تراید طول موج کاهش می یابد. طور مثال زمانی که نور آبی $\lambda = 400 \text{ m}$ و نور سرخ $\lambda = 6500 \text{ m}$ از بین ماده انکسار دهنده عبور می نمایند، نور آبی نسبت به نور سرخ بیشتر انکسار مینماید.

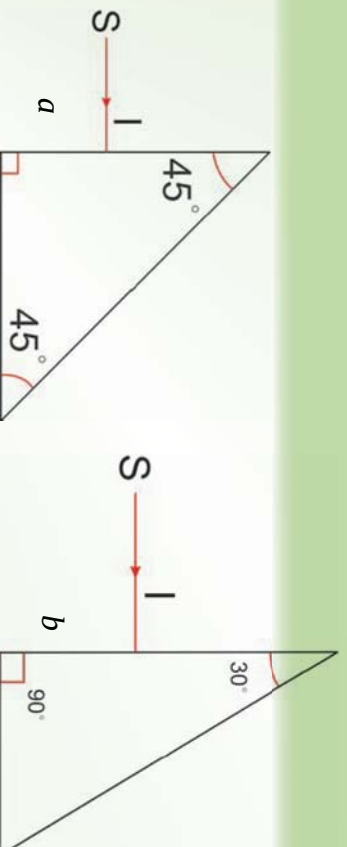
فعالیت

1 - در شکل (4-17a) ذیل مقطع یک منشور قائم الزاویه متساوی الساقین داده شده است. زاویه حده این منشور 45° است. اشعه نور یک رنگ بالای صفحه منشور طور عمود وارد می گردد.

الف: مسیر این اشعه نوری را الی صفحه دیگر منشور ترسیم نمایید.

ب : زاویه انتشار اشعه نوری را در داخل منشور معلوم نمایید.

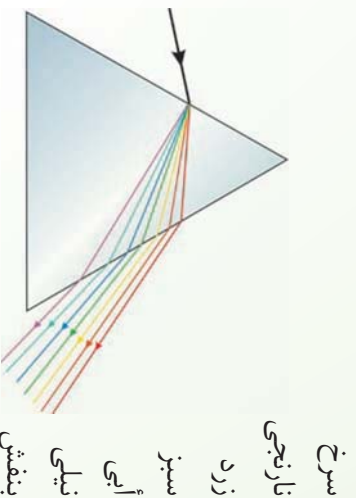
این زاویه را با زاویه حده منشور مقایسه نمایید و مسیر اشعه را تکمیل نمایید. در شکل (4-17b) زاویه حده منشور 42° است. مسیر اشعه نوری S را که دارای یک رنگ میباشد تکمیل نمایید.



شکل (4-17)

2-3-4: تجزیه نور سفید در منشور

هرگاه نور سفید بالای یک صفحه منشور بتابد چه واقع میشود؟
به این پرسش توسط تجزیه نور سفید در منشور جواب گفته میشود.
با عبور دادن نور آفتاب از یک منشور، مرتبه اول نیوتن نشان داد که نور سفید یک ترکیبی از رنگ های مختلف است. سبب تجزیه نور توسط منشور اینست که ضریب انکسار منشور برای رنگ های مختلف متفاوت میباشد. شکل (18-4) تجزیه نور سفید و رنگ های حاصله از آن را نشان می دهد. این سلسله رنگ ها بنام نور قابل دید یاد می شود. این رنگ ها به ترتیب کاهش طول موج عبارت اند از: رنگ سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش.
رنگ های حاصل شده از تجزیه نور توسط منشور بنام طیف نوری یاد میشود.



شکل (18-5): تجزیه نور سفید توسط منشور

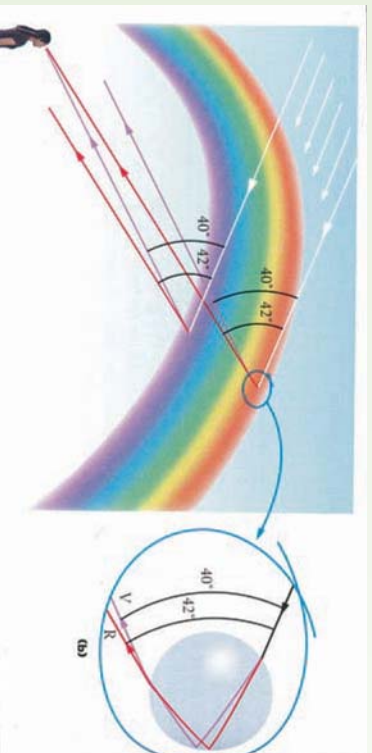


3-3-4: رنگین کمان (Rainbow)

شما دیده باشید که در روز های بهار بعد از ریزش باران در آسمان یک قوس از رنگ های مختلف تشکیل میشود که بنام رنگین کمان (یا کمان رستم) یاد می گردد. تشکیل رنگین کمان تجزیه نور را در طبیعت بصورت واضح ثابت مینماید. رنگین کمان چگونه تشکیل می شود؟

زمانیکه شعاع آفتاب در هوا بالای یک قطره آب بتابد اولاً در سطح قدامی قطر، انکسار میماید، طوری که انکسار نور بنفش بزرگ و انکسار نور سرخ کوچک میباشد. بعداً همین

نور منکسره بالای سطح عقبی قطره وارد می شود و از آن منعکس شده دو باره به سطح قدامی بر می گردد، که از آن مجدداً انکسار نموده این مرتبه از آب داخل هوا می شود. این شعاع از قطره طوری خارج میشود که بین نور وارده سفید و شعاع منعکسه بنفش زاویه 40° و با شعاع رنگ سرخ زاویه 42° را تشکیل میدهد. چنانچه در شکل (19 4) نشان داده شده است.



شکل (19 4)

(a) تشکیل رنگین کمان در قطرات باران به وسیله تجزیه نور.
(b) انعکاس داخلی در سطح عقبی قطره باران.

یک مشاهده رنگین کمان را چگونه می بینید؟

به این پرسش با در نظر داشت شکل (13a) پاسخ می گوئیم. زمانیکه یک مشاهده قطره باران را در بلندی (آسمان) می بینید، نور با رنگ سرخ به مشاهده می رسد، مگر نور بنفش مانند رنگ های دیگر از بالای سر مشاهده عبور می کند. زیرا که انحراف نور بنفش نسبت به نور رنگ سرخ از مسیر نور سفید بیشتر است. بنابراین مشاهده این قطره را به رنگ سرخ می بیند. به طور مشابه، قطره های که در آسمان خیلی پایین واقع است نور بنفش را به مشاهده منعکس مینماید و آن قطره بنفش دیده میشود (از این قطره نور بارنگ سرخ به زمین می رسد و دیده نمیشود) رنگ های دیگر هم از قطرات به مشاهده می رسد که بین موقعیت های این دو انتها (نور سرخ و نور بنفش) واقع اند.

گفتنی است که رنگین کمان معمولاً از افق بلند تر دیده میشود، چنانچه که انجام های رنگین کمان در زمین از بین می رود. اگر یک مشاهده به یک ارتفاع مناسب بلند برده شود مانند طیاره، موصوف رنگین کمان را بشکل یک دایره مکرمل خواهد دید.

خلاصه فصل:

- هر گاه نور از یک محیط شفاف (آب) بصورت مایل داخل محیط شفاف دیگر (هوا) گردد، مسیر آن تغییر نمی‌یابد. این حادثه بنام انکسار یاد میشود.
- زمانی که نور از یک محیط شفاف داخل محیط شفاف دیگر میشود، نسبت ساین هلی زاویه وارده (i) و زاویه منکسره (r)، ضریب انکسار نسبتی بین دو محیط را نشان میدهد و بنام قانون سنل یاد میشود یعنی:
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_2}{c_1} = n_{2,1}$$

- نسبت سرعت انتشار نور در محیط اول (c_1) بر سرعت انتشار نور در محیط دوم (c_2) مساوی به ضریب انکسار محیط دوم نسبت به محیط اول است یعنی:

$$\frac{c_1}{c_2} = n_{2,1}$$

- تغییر مکان نور خروجی نسبت به نور وارده در یک تیغه متوازی السطوح از رابطه ذیل حاصل می شود:

$$d = \frac{t}{\cos \theta_2} (\theta_1 - \theta_2)$$

- در اینجا: d ، تغییر نور خروجی، t ضخامت تیغه متوازی السطوح، θ_1 زاویه وارده و θ_2 زاویه نور خروجی از تیغه متوازی السطوح میباشد.

- هر گاه نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق گردد، طوری که زاویه منکسره به 90° برسد یعنی اشعه منکسره مماس به سطح جدائی دو محیط باشد، در اینحالت زاویه وارده را زاویه حدی یا بحرانی می گویند.

- اگر شعاع نوری از محیط غلیظ طوری وارد محیط رقیق شود که زاویه وارده بزرگتر از زاویه بحرانی گردد، یعنی ($\theta_i > \theta_c$). در اینحالت شعاع وارده از محیط اولی خود خارج نمیشود و سطح جدائی دو محیط بحيث یک آیینة مستوی عمل می کند و شعاع وارده را دو باره به محیط اولی منعکس مینماید. این حادثه را بنام انعکاس کلی یاد مینمایند.
- منشور عبارت از جسم شفافی است که توسط دو سطح غیر موازی که بایکدیگر زاویه دو وجهی تشکیل بدهد محدود می باشد. خط مشترک این دو سطح بنام ضلع انکسار یاد

میشود. زاویه بی که توسط این دو سطح غیر موازی تشکیل می گردد بنام زاویه رأس منشور یاد میشود.

- زاویه بی که از امتداد شعاع وارده به منشور و شعاع خروجی از منشور حاصل میشود بنام زاویه انحراف یاد میشود و آنرا توسط D نشان می دهند.

سؤالات فصل چهارم:

1. سه شرط برای وقوع حادثه انکسار کدام ها اند؟
2. چگونگی رابطه بین سرعت نور و ضریب انکسار یک محیط شفاف وجود دارد؟
3. نور از هوا تحت زاویه 42.3° وارد آب می گردد. زاویه انکسار را در آب دریافت نمائید.
4. اشعه نوری بالای گیلان مملو از آب طوری وارد می گردد که با نارمل زاویه را تشکیل می دهد. زاویه بین اشعه منکسره و نارمل را دریافت نمائید.
5. آیا اشعه نوری که از یک محیط وارد محیط دیگر میشود همیشه به نارمل نزدیک می گردد.

6. زمانیکه نور در خلا ($n=1$) وارد محیط مانند شیشه می شود، آیا طول موج آن تغییر مینماید؟ آیا سرعت آن تغییر میکند؟ آیا فریکوئنسی آن تغییر می نماید؟

7. زاویه بحرانی را برای اشعه بی دریافت نمائید که از آب وارد یخ می گردد.

8. در کدام حالت ذیل سراب دیده میشود؟

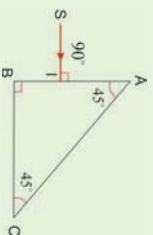
a. بالای دریای گرم در روز گرم. b. در روز خیلی گرم بالای سرک سفالت شده.

c. در روز سرد بالای محل مایل سکی. d. در روز خیلی گرم بالای سنگچل های کنار دریا.

e. در روز آفتابی بالای موتر سیاه.

9. زمانیکه نور سفید از یک منشور عبور می نماید نور رنگ سرخ زیاد انکسار می نماید یا نور سبز؟ چرا؟

10. اشعه نوری از هوا بالای یک طرف منشور شیشه ای $1.52 =$ مطابق شکل ذیل وارد می گردد. آیا نور از طرف دیگر منشور خارج می شود یا در بین منشور انعکاس کلی مینماید؟ با نمایش فعالیت خود را مطمئن سازید.



11. رنگین کمان چرا طوری دیده میشود که رنگ های سرخ آن بالا و رنگ های بنفش آن بطرف پائین می باشد؟

عدسیه ها (Lenses)



آیا شما از ذره بین استفاده کرده اید؟ شما میدانید که در عقب ذره بین اشیای خیلی کوچک بزرگ معلوم میشوند؟ شما می بینید که کهن سالان به خاطر خواندن روز نامه یا کتاب از عینک که یک نوع ذره بین است استفاده مینمایند. همین طور بعضی از هم صنفیان شما نیز که نمیتوانند فواصل نسبتاً زیاد یا نزدیک را خوب ببینند، از عینک استفاده مینمایند. اگر انشیا به اندازه یی کوچک باشند که نه تنها به چشم دیده شده نتوانند، بلکه ذره بین نیز نتواند آنها را قابل دید بسازد، در اینحالت از کدام وسیله استفاده خواهد شد؟ واضح است که در اینحالت از میکروسکوپ استفاده میشود. آیا شما میکروسکوپ رامیشناسید؟ در میکروسکوپ و دیگر اشیای متذکره از عدسیه ها استفاده میشود. اینکه عدسیه چیست؟ چند نوع است؟ تصویر چگونه در آن تشکیل میشود؟ فورمول عدسیه ها چگونه حاصل میشود، بزرگ نمایی و فورمول آن و ترکیب عدسیه ها به تفصیل در این فصل تشریح میشود. هم چنان چشم انسان ، کمره، پروجکتور و تلسکوپ نیز در همین فصل مطالعه می گردد.

تعریف

محیط شفافى مانند شیشه که توسط دو سطح محدود شده و کم از کم یک سطح آن منحنى باشد بنام عدسیه یاد میشود. به صورت عموم سطوح عدسیه کروی میباشد مگر میتواند یکی از آن ها مستوی نیز باشد، که بحیث سطح کروی مدنظر گرفته میشود و شعاع آن در لایتناهی است.

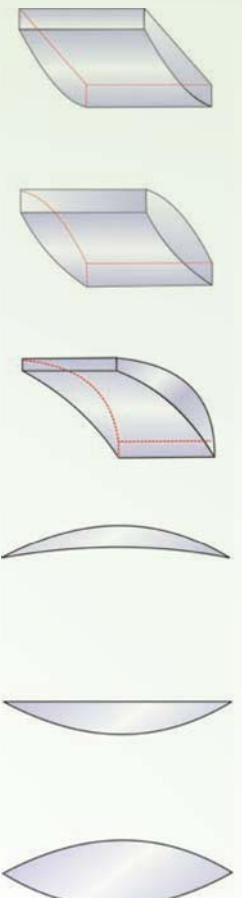
5-1: عدسیه های باریک

عدسیهٔ باریک عدسیه بی را گویند که ضخامت آن به مقایسهٔ شعاع انحنای عدسیه یا به مقایسهٔ فاصلهٔ شی از عدسیه کوچک باشد.

عدسیه ها را به دو گروه تقسیم مینمایند که عبارت از عدسیه های مقعر و عدسیه های محدب میباشد.

عدسیه های محدب

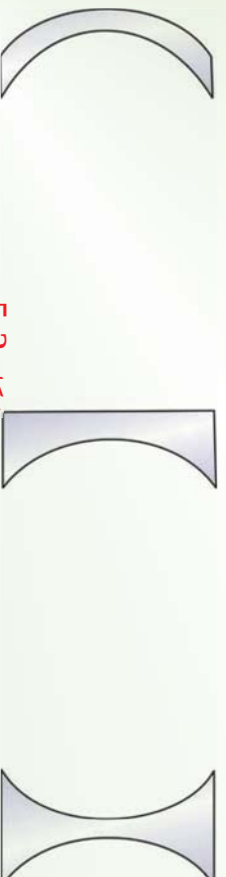
در عدسیه های محدب شعاع نوری بعد از عبور از عدسیه با یکدیگر نزدیک میشوند. کنار های عدسیهٔ محدب نسبت به قسمت وسطی آن نازک میباشند و برای مقاصد مختلف آن را طوری میسازند که هر دو طرف آن محدب (محدب الطرفین)، یا یک طرف آن محدب و طرف دیگر آن مستوی باشد و یا هم یک طرف آن مقعر و طرف دیگر آن محدب باشد. این عدسیه ها در شکل ذیل نشان داده شده اند. تمامی این عدسیه ها عدسیه های محدب اند.



شکل (5-1)،

عدسیه های مقعر:

در عدسیه های مقعر شعاع نوری بعد از عبور از عدسیه از یکدیگر دور میشوند. کنار های این عدسیه نسبت به قسمت وسط آن ضخیم میباشند و طوری میسازند که هر دو طرف آن مقعر (مقعرالطرفین) یا یک طرف آن مقعر و طرف دیگر آن مستوی می باشد و یا یک طرف آن مقعر و طرف دیگر آن محدب میباشند. چنانچه در اشکال ذیل نشان داده شده است. علاوه بر آن عدسیهٔ محدب توسط سمبول ($\nearrow$) و عدسیهٔ مقعر توسط سمبول ($\nwarrow$) نشان داده میشود.

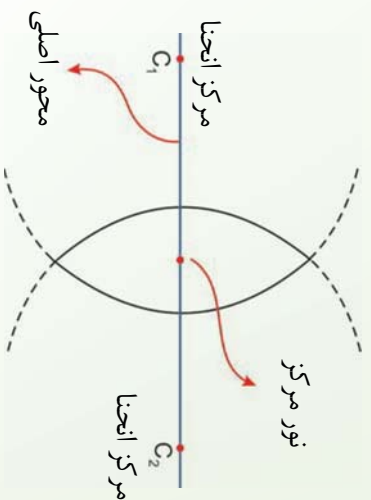


شکل (5-2)،

فعالیت

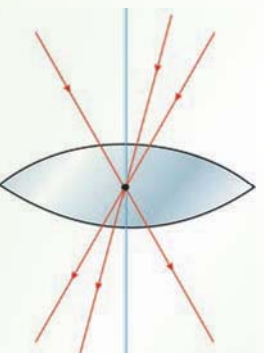
عدسیه‌هایی را که هر دو طرف آن‌ها محدب و یا مقعر باشد بحیث مجموعه منشور ها رسم نمائید. چگونگی عبور اشعه نوری را در آنها مقایسه کرده و نتایج آنرا با هم صنفان خود شریک سازید.

محور اصلی، مرکز نوری: خطی که از مرکز هر دو سطح کروی عدسیه عبور کند و یا از مرکز و یا رأس سطح منحنی عدسیه بگذرد و بالای سطح مستوی آن عمود باشد، بنام محور اصلی عدسیه یاد میشود. نقطه‌ای که در مرکز کره عدسیه بالای محور اصلی واقع است، بنام مرکز نوری عدسیه یاد میشود. در شکل (5-3) محور اصلی عدسیه و مرکز نوری نشان داده شده است.



شکل (5-3)

تجربه نشان میدهد که هرگاه اشعه نوری بالای مرکز نوری عدسیه بتابد، بدون انحراف از عدسیه خارج میشود. در شکل ذیل این گونه شعاع نوری که بالای عدسیه محدب الطرفین وارد گردیده است نشان داده شده است.



شکل (5-4)

محراق عدسیه محدب الطرفین:

برای دریافت و شناخت محراق عدسیه محدب الطرفین تجربه ذیل را انجام دهید.

فعالیت

مواد مورد ضرورت:

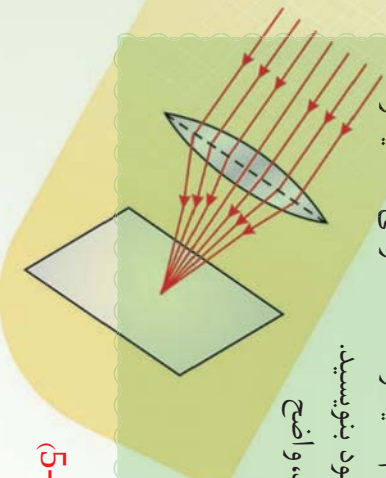
عدسیه محدب الطرفین، یک ورق کاغذ

طرز العمل:

1. یک عدسیه محدب الطرفین را در مقابل آفتاب طوری قرار دهید که در شکل ذیل نشان داده شده است و ورقه را مقابل عدسیه طوری جابجائید که یک نقطه روشن به روی آن تشکیل گردد. این نقطه را بنام محراق عدسیه یاد مینمایند. فاصله بین محراق و مرکز نوری عدسیه را بنام فاصله محراقی عدسیه یاد کرده و آنرا توسط حرف f نشان می دهند.

2. همین تجربه را به طرف دیگر عدسیه انجام دهید و فاصله محراقی عدسیه را اندازه نمائید و نتیجه حاصله را در گزارش کار خود بنویسید.

اگر تجربه درین مرتبه به صورت دقیق اجرا گردد، واضح خواهد شد که این مرتبه نیز نقطه روشن در عین فاصله تشکیل میشود. و این نشان می دهد که عدسیه در هر دو طرف دارای محراق میباشد.



شکل (5-5)

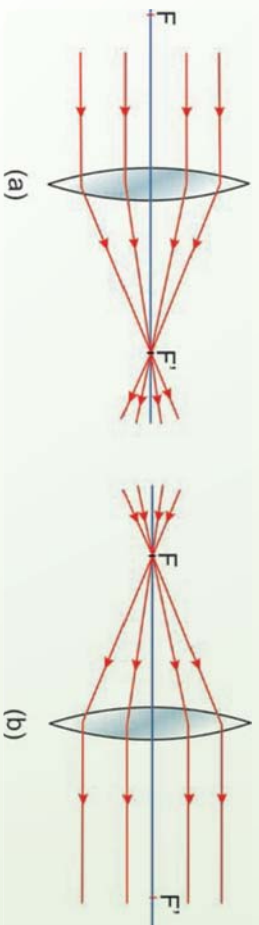
سوالات:

1. عدسیه های باریک کدام نوع عدسیه ها اند؟
2. چند نوع عدسیه های محدب را میشناسید؟
3. چند نوع عدسیه های مقعر را میشناسید؟
4. محور اصلی و مرکز نوری را تعریف نمائید.

5-2: ترسیم اشعه در عدسیه های محدب

چون افتاب از ما به فاصله زیادی واقع است، بنابراین شعاعهایی که از آفتاب بالای یک عدسیه میتابد با یکدیگر موازی میباشند. از شکل (5-5) و تجربه فوق نتیجه می گیریم که هر گاه نور موازی به محور اصلی بالای عدسیه محدب الطرفین بتابد، بعد از عبور از عدسیه از محراق عدسیه می گذرد. شکل ذیل (5-6a) و تجربه فوق نتیجه می گیریم که هر گاه نور موازی به محور اصلی بالای عدسیه محدب الطرفین بتابد، بعد از عبور از عدسیه از محراق عدسیه می گذرد. شکل ذیل (5-6b) را ببینید. اگر شعاع نوری از محراق عدسیه گذشته و بالای عدسیه بتابد چگونه پخش می گردد؟

چنانچه در شکل (5-6) دیده میشود شعاعی که از محراق عدسیه عبور و بالای عدسیه بتابد موازی با محور اصلی عدسیه از عدسیه خارج میشود شکل (5-6).



شکل (5-6)

فعالیت

عدسیه های محدب الطرفین و مقعر الطرفین را بحیث یک مجموعه منشور ها در نظر بگیرید و مسیر های موازی شعاع را در آن رسم و به این ترتیب عدسیه و منشور را با یکدیگر مقایسه نمایید.

در مورد موضوع روشنی می اندازیم:

در بحث منشور دیدیم، زمانی که یک دسته شعاع از منشور عبور مینماید، منشور آن را به طرف قاعده (قسمت ضخیم) نزدیک مینماید. در اینجا نیز میتوانیم یک عدسیه محدب یا مقعر را بحیث یک ترکیب یک تعداد منشور ها قبول نماییم، چنانکه از قسمت وسط به طرف کنار ها می رویم زاویه انحراف آهسته آهسته زیاد میشود. بنابراین هر اندازه که به کنار های عدسیه نزدیک میشویم انحراف اشعه نوری زیاد می گردد. از این جا واضح می شود که زمانی

اشعه موازی از عدسیه محدب عبور مینماید و در محراق اصلی جمع میشوند بعد از عبور از عدسیه مقعر از یکدیگر دور و دوری معلوم میشود که گویا یا از محراق عدسیه که مجازی میباشد پخش می گردد. عدسیه مقعر بعداً مطالعه خواهد شد.

فعالیت

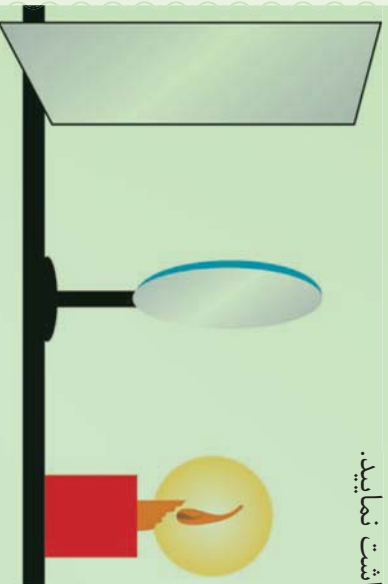
هدف: تشکیل تصویر توسط عدسیه محدب.

مواد مورد ضرورت: عدسیه محدب الطرفین با پایه آن، شمع، گوگرد و یک ورق کاغذ تجربه را در یک اتاق نسبتاً تاریک اجرا نمایید.

طرز العمل:

1. چنانچه در فعالیت قبلی توضیح شد فاصله محراقی عدسیه را اندازه نمایید.
2. عدسیه را بالای پایه آن نصب کرده و شمع را روشن نمائید و آنرا مطابق شکل (5-7) در فاصله بیشتر از فاصله محراقی در مقابل عدسیه قرار دهید. ورق کاغذ را در جانب دیگر عدسیه طوری جابجا نمائید که بالای آن تصویر واضح شمع دیده شود.
3. شمع روشن را به محراق عدسیه نزدیک یا از آن دور نمائید و در هر حالت تصویر را بالای کاغذ دیده و نتیجه را یاد داشت نمایید.

شکل (5-7)

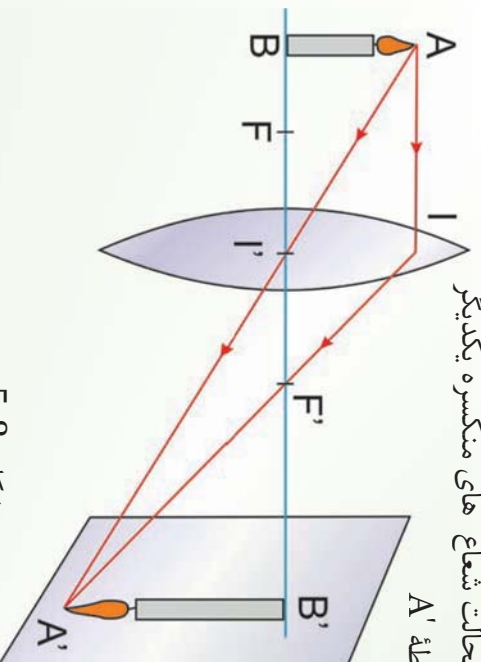


4. در کدام فاصله از عدسیه، اندازه تصویر مساوی به اندازه جسم میباشند؟ این فاصله را با فاصله محراقی مقایسه نمایید.

5-3: تشکیل تصویر در عدسیه های باریک

یک شمع روشن را در مقابل یک عدسیه محدب در فاصله یی در نظر بگیرید که نسبت به فاصله محراقی بیشتر باشد، شکل (5-8) دیده شود. از هر نقطه شمع مانند نقطه A اشعه زیادی بالای عدسیه میتابد. از جمله این شعاع ها دو شعاع آنرا در نظر میگیریم، یکی آن اشعه (موازی به محور اصلی) و دیگر آن اشعه A' (اشعه که از مرکز نوری عدسیه عبور مینماید). بعداً هر اشعه ای را که از عدسیه خارج میشود چنانچه گفته شد رسم مینماییم. شعاع منکسره این دو شعاع در نقطه یکدیگر را قطع می نمایند. هر گاه شعاع نوری نیز از نقطه A بالای عدسیه بتابد، شعاع منکسره آنها نیز از نقطه A' عبور خواهد کرد، بنابراین برای حاصل کردن نقطه A' (که تصویر نقطه A است)، دو اشعه کفایت می کند. چنانچه در مورد آینه ها گفته شده است تصویر نقاط دیگر شمع را نیز به همین ترتیب بدست آورده میتوانیم. تجربه نشان میدهد که تصویر یک شی عمود بالای محور اصلی عدسیه بالا محور اصلی عمود میباشد و تصویر نقطه ای که بالای محور اصلی واقع باشد نیز بالای محور اصلی واقع میباشد. با حاصل کردن نقطه A' (تصویر نقطه A) میتوانیم تصویر یک شی را که بالای محور اصلی عمود باشد تشکیل بدهیم.

تصویری که در اینحالت تشکیل می گردد بنام تصویر حقیقی یاد میشود. چنانچه در شکل (5-8) دیده میشود، این تصویر بالای کاغذ یا پرده یی که در محل تصویر واقع باشد، تشکیل می گردد. در اینحالت شعاع های منکسره یکدیگر



شکل (8-5)

را قطع مینمایند. در حقیقت نقطه A' یک نقطه روشن واقعی است و هر گاه چشمان در امتداد مسیری که این شعاع از آن عبور مینماید واقع گردد، نقطه روشن A دیده میشود.

سوال:

آیا میتوانید توسط عدسیه های محدب الطرفین تصاویر حقیقی و مجازی اشیای حقیقی را تشکیل بدهید؟ این کار را با اجرای یک فعالیت انجام دهید.

فعالیت

هدف: برای چگونگی تصویر، یک شمع روشن در فاصله های مختلفی از یک عدسیه محدب الطرفین.

مواد مورد ضرورت:

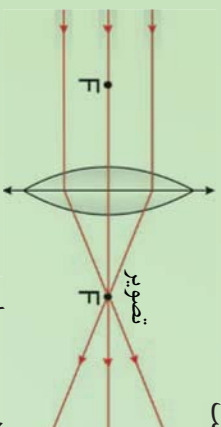
عدسیه محدب الطرفین، شمع و گوگرد

طرح العمل:

طریقه ترسیم تصویر یک شی AB را در عدسیه محدب الطرفین در حالات ذیل بررسی نمائید:

1. هر گاه یک شی AB از عدسیه خیلی دور (در لاتیناهی) واقع باشد، شما خواهید دید که تصویر آن مانند نقطه در محراق تشکیل میشود.

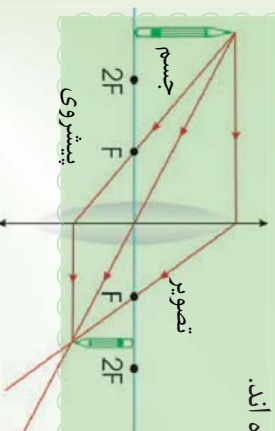
چنانچه در شکل ذیل نشان داده شده است



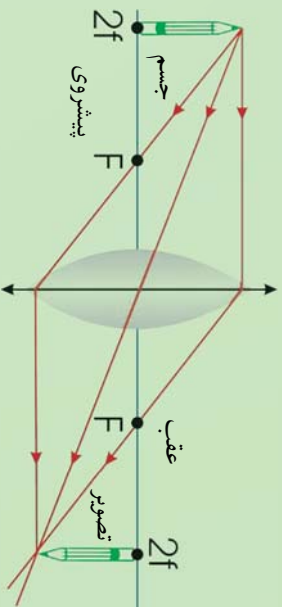
(5-9a) شیء در لاتیناهی ، تصویر آن مانند یک نقطه در F

2. این تصویر حقیقی است یعنی میتواند بالای پرده بتابد.

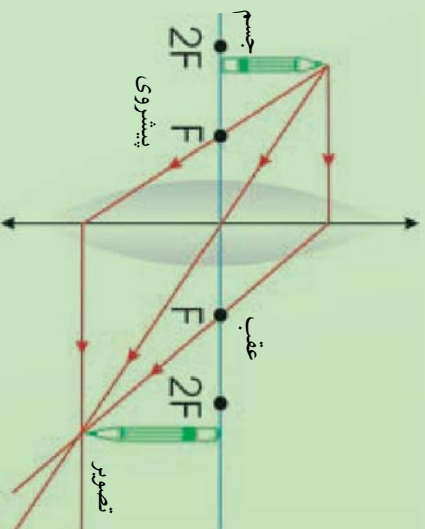
اگر فاصله شیء به محراق نزدیک گردد، تصویر بزرگ شده و دور میشود، چنانچه تصاویر در اشکال دوم، سوم و چارم نشان داده شده اند.



(5-9b) شکل

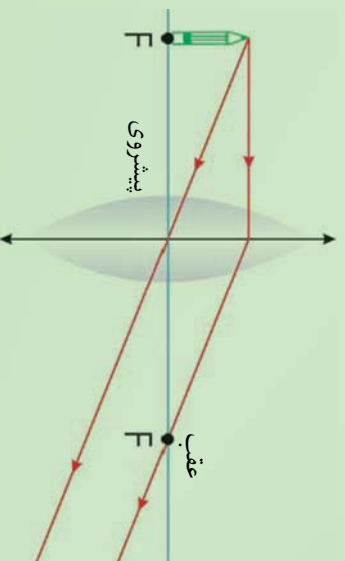


(5-9c) شی در $2f$ واقع است.
تصویر حقیقی، مساوی به اصل شی
و در $2f$ واقع است.



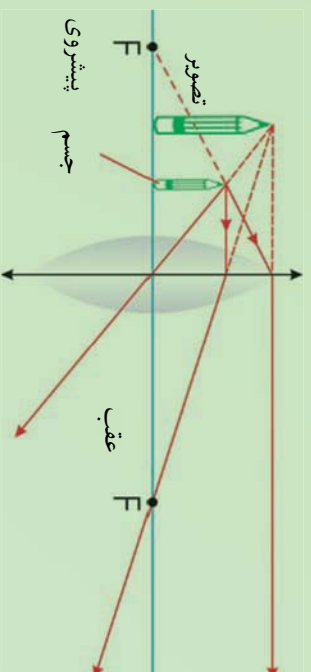
(5-9) شی بین f ، $2f$ واقع است.
تصویر حقیقی، بزرگتر از اصل شی و
خارج از $2f$ واقع میباشد.

3. اگر شی در محراق واقع باشد چنانچه در شکل پنجم نشان داده شده است، اشعه نوری وارده از شی بعد از عبور ازعدسیه با یکدیگر طور موازی انتشار میکنند.



(5-9) شی در F واقع است.
تصویر در لاینهای تشکیل میشود.

4. اگر شی بین عدسیه محدب و محراق آن واقع باشد، شعاع نوری که از شی به عدسیه می رسد، بعد از عبور از عدسیه مطابق شکل 5-9 پخش می گردد. این تصویر را یک مشاهد در عقب عدسیه می بیند یعنی آن جانب عدسیه دیده میشود که شی واقع است.



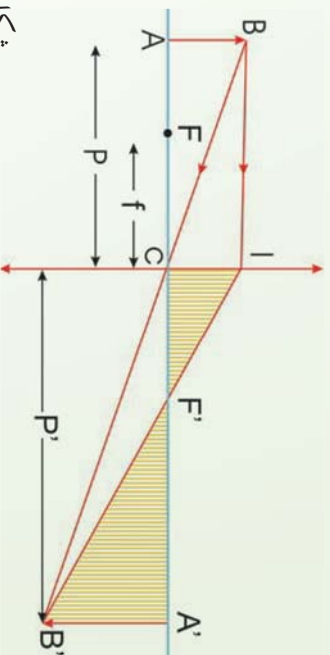
(5-9) شی در محراق واقع است.
تصویر آن بزرگ، مجازی و به آن جانبی از عدسیه واقع است که شی موقعیت دارد.

به سوالات ذیل جواب دهید:

1. برای ترسیم تصویر در یک عدسیه به چند شعاع ضرورت میباشد؟
 2. اگر یک شیء از عدسیه به اندازه فاصله دو چند محراق واقع باشد، تصویر آن را رسم و چگونگی آنرا بیان نمایید.
 3. اگر شی در محراق عدسیه واقع باشد، تصویر آن در کجا تشکیل می گردد؟
 4. جاهای خالی جمله ذیل را با کلمه مناسب پر نمایید.
- الف: اگر شی در بین محراق عدسیه محدب و $2f$ واقع باشد، تصویر آن،
و خارج از..... تشکیل می گردد.

5-4: معادله عدسیه باریک و بزرگنمایی

برای اینکه تصویر یک جسم AB را توسط عدسیه باریک تشکیل بدهیم، از هر نقطه جسم دو اشعه را بالای عدسیه رسم طوری مینماییم که یک اشعه موازی با محور اصلی عدسیه بوده و بعد از عبور از عدسیه از محراق F می گذرد، و اشعه دوم با بالی مرکز عدسیه می تابد، چنانکه که از عدسیه عبور و در مسیر همین اشعه دو باره برگشت می نماید. تقاطع این دو اشعه تصویر نقطه مورد نظر را تشکیل میدهد. در شکل ذیل دیده شود.



شکل (5-10)

فرض مینمایم که جسم AB به فاصله P از عدسیه محدب الطرفین که دارای فاصله محراقي f میباشد واقع است. عدسیه متذکره تصویر $A'B'$ این جسم را تشکیل میدهد که از عدسیه به فاصله P' واقع میباشد.

اگر فاصله محراقي عدسیه را توسط f نشان دهیم، از تشابه مثلث های $\triangle A'B'P'$ و $\triangle ABP$ میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'P'}{AP}$$

اگر طول جسم و تصویر را به ترتیب با O ، I نشان دهیم، داریم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = - \dots\dots\dots (4)$$

یا:

$$\frac{P'}{P} = - \dots\dots\dots \text{است.}$$

هم چنان از تشابه مثلث های $\triangle A'B'$ و $\triangle A'B$ میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'B'}{AB}$$

$$\text{یا:} \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{A'B'}{AB}$$

در رابطه فوق عوض A' و A' قیمت های شان را وضع کرده، داریم که:

$$\frac{P - f}{f} \dots\dots\dots (2)$$

از مقایسه معادلات (1) و (2) میتوانیم بنویسیم که:

$$\frac{P'}{P} = \frac{P' - f}{f}$$

یا:

$$P'f = pP' - pf \dots\dots\dots (3)$$

از تقسیم نمودن اطراف معادله (3) بالای f حاصل می نماییم که:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \dots\dots (4)$$

اگر بزرگنمایی عدسیه را توسط γ نشان دهیم، پس از معادله (1) میتوانیم بنویسیم که:

$$\gamma = \frac{P'}{P} \dots\dots\dots (5)$$

معادلات 4 و 5 عبارت از معادلات عدسیه محدب میباشد. در این نوع عدسیه همیشه مثبت ولی γ ، در صورت مجازی بودن شی و تصویر، منفی میباشد.



فرمول نیوتن:

اگر X و X' بالترتیب فواصل شی و تصویر از محراق های F ، F' باشد، از تشابه مثلث های AB و $A'B'$ می توانیم بنویسیم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{AB}{AB} = \frac{B}{B}$$

یا:

$$\frac{f}{f'} = \dots\dots\dots (1)$$

همچنان از تشابه مثلث های $A'B'$ و $A'B'$ داریم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'}{A}$$

و یا:

$$\frac{f}{f'} = \dots\dots\dots (2)$$

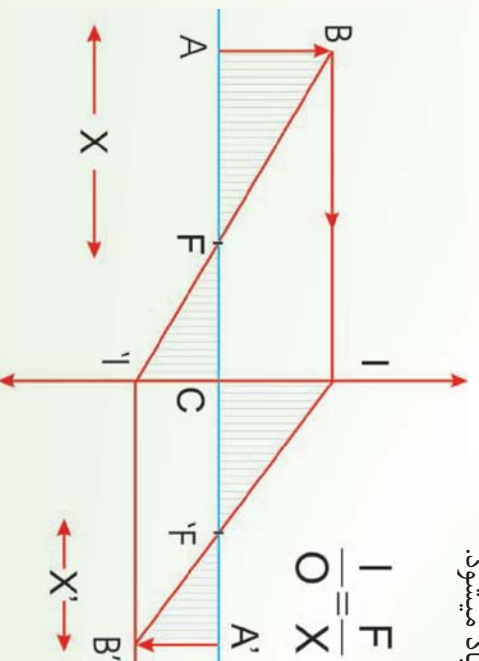
از مقایسه معادلات (1) و (2) دریافت می نماییم که:

$$\frac{f}{f'} = \frac{f}{f'}$$

و یا:

$$f^2 = f' \dots\dots\dots (3)$$

رابطه (3) بنام فرمول نیوتن یاد میشود.



شکل (5-11)

مثال:

جسمی که دارای طول 8 سانتی می باشد از عدسیه محدب که دارای فاصله محراقی 20 سانتی است به فاصله 30 سانتی متر قرار دارد. فاصله تصویر را از عدسیه و طول تصویر را در یافت نمایید.

$$\begin{aligned} & \left. \begin{aligned} &= 8\text{cm} \\ &= 30\text{cm} \\ &f = 20\text{cm} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \\ &\frac{1}{20} = \frac{1}{30} - \frac{1}{v} \\ &= ? \end{aligned} \end{aligned}$$

حل:

به همین ترتیب:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{v} = \frac{1}{30} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{20} = \frac{2 - 3}{60} = -\frac{1}{60}$$

مثال:

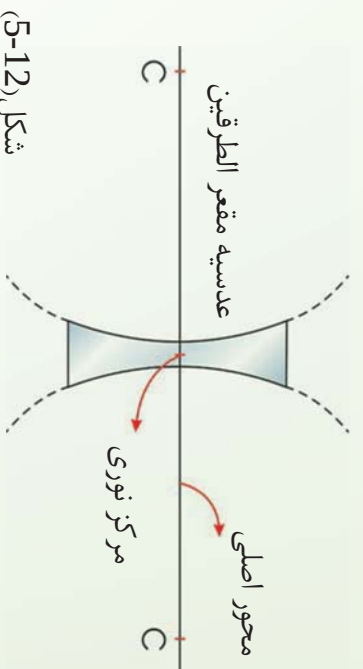
اگر محراق بچیت مبدأ قبول گردد و فاصله جسم 25 سانتی متر و فاصله تصویر 4 سانتی متر باشد، فاصله محراقی را در یافت نمایید.

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{25} + \frac{1}{4} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4 + 25}{100} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{29}{100} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{100}{29} \approx 3.45\text{cm}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \\ & \frac{1}{25} + \frac{1}{4} = \frac{1}{f} \\ & \frac{4 + 25}{100} = \frac{1}{f} \\ & \frac{29}{100} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{100}{29} \approx 3.45\text{cm} \end{aligned}$$

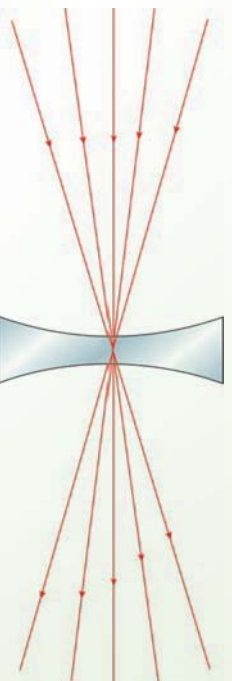
5-5: خصوصیات عدسیه های مقعر

1. **محور اصلی، مرکز نوری:** چنانچه در عدسیه های محدب دیده شد، محور اصلی عدسیه های مقعر نیز خطی است که سطوح مرکز کروی عدسیه را باهم وصل مینماید. نقطه بین عدسیه بی که بالای محور اصلی واقع است، بنام مرکز نوری عدسیه یاد میشود. در شکل (5-12) محور اصلی و مرکز نوری عدسیه نشان داده شده است.



شکل (5-12)

در عدسیه های مقعر نیز اشعه بی که بالای مرکز نوری عدسیه وارد میشود، بدون انحراف از عدسیه خارج می گردد. در شکل (5-13) ذیل، این نوع اشعه که بالای عدسیه می تابد نشان داده شده است.

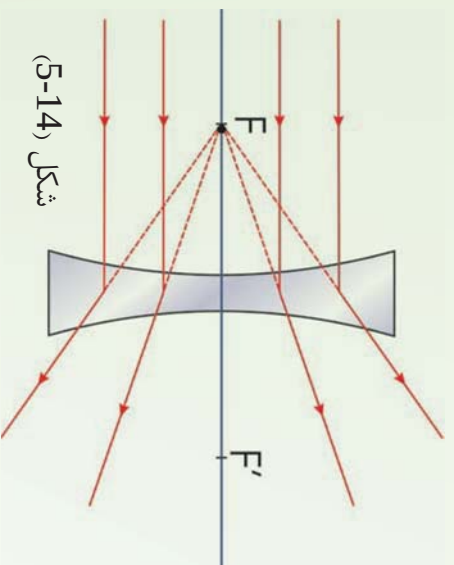


شکل (5-13)

2. **محرقات عدسیه های مقعر** اگر شعاع نوری موازی با محور اصلی بالای عدسیه مقعر وارد گردد، شعاع نوری بعد از انکسار و عبور از عدسیه طوری از یکدیگر دور می شوند که امتداد شان در عقب از یک نقطه بالای محور اصلی میگردد. این نقطه را بنام محراق عدسیه مقعر یاد مینمایند. فاصله بین محراق و مرکز نوری را بنام فاصله محراقي یاد کرده و آنرا توسط f نشان می دهند.



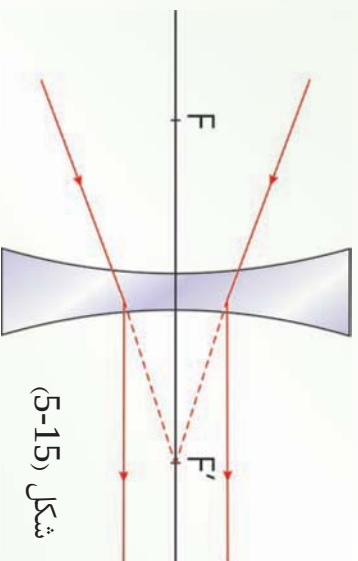
در شکل (5-14) شعاع نوری وارد موازی با محور اصلی و شعاع منکسره مربوط آن نشان داده شده است. در عدسیه های مقعر محراق مجازی میباشند.



اگر شعاع نوری بالای عدسیه مقعری طوری وارد گردد که بعد از اصابت با عدسیه امتداد شان از محراق عبور نمایند، پس شعاع منکسره با محور اصلی موازی خواهد بود. در شکل (5-15) این گونه شعاع نوری نشان داده شده است.

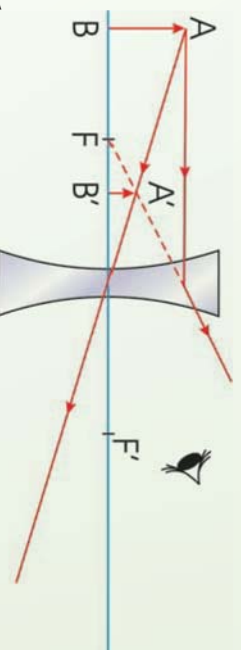
تصویر در عدسیه های مقعر

در این نوع عدسیه ها نیز تصویر یک شی عمود بالای محور اصلی عدسیه را توسط ترسیم تصویر یک نقطه آن در یافت می نماییم، طوریکه از تمامی اشعه نوری که بالای عدسیه



وارد میشود، دو شعاع معین که یکی آن موازی با محور اصلی بوده و دیگر آن شعاع نوری است که بالای مرکز نوری عدسیه میتابد یا شعاع نوری که امتداد آن از محراق عبور

مینمایید، ترسیم و شعاع نوری موازی منکسره آن را نیز چنانچه گفته شده است رسم میکنیم مینماییم تا اینکه تصویر نقطه مورد نظر تشکیل گردد. در شکل (5-16)، تصویر یک شی AB در عدسیه مقعر نشان داده شده است.



شکل (5-16)

اگر در این عدسیه از استقامت اشعه منکسره دیده شود، شی $\overline{AB}$ در $A'B'$ مشاهده می گردد. این تصویر مجازی است. یک شیء به هر فاصله ای که در مقابل عدسیه مقعر گذاشته شود، تصویر آن همیشه نسبت به اصل شی کوچک، مجازی و مستقیم می باشد، و در فاصله کوچکتر از فاصله محراق مشاهده می شود.

فعالیت

با استفاده از دروس گذشته و بعد از مشوره بین هم تجربه یی را طرح نمائید که به کمک آن بتوانید محراق عدسیه مقعر را تعیین نمائید.

5-6: فورمول عدسیه های مقعر

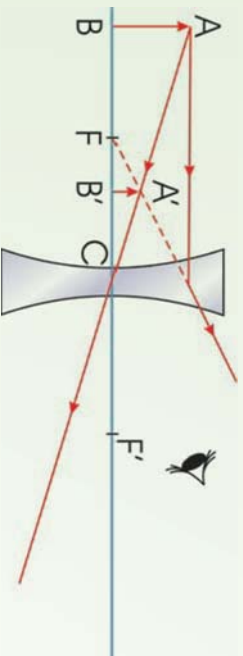
برای دریافت فورمول عدسیه مقعر، شکل (5-17) را که در عدسیه مقعر تصویر شی AB را نشان می دهد در نظر می گیریم.

در شکل (5-17) از تشابه مثلث های 'A'B' و AB می توانیم بنویسیم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'}{B}$$

یا:

$$-\frac{p'}{p} = \dots\dots\dots(1)$$



شکل (5-17)

همچنان از تشابه مثلث های 'A'B' داریم که:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{B'}{B}$$

$$-\frac{f-p'}{f} = \dots\dots\dots(2)$$

از مقایسه معادلات (1) و (2) دریافت می نماییم که :

$$\frac{f-p'}{f} = \frac{p'}{p} \dots\dots\dots(3)$$

بعد از اجرای عملیه های لازم حاصل مینماییم که:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$$

نکات ذیل را باید همیشه در نظر داشته باشیم.

1. اگر عدسیه محدب باشد، فاصله محراقی مثبت است.
2. اگر عدسیه مقعر باشد، فاصله محراقی منفی میباشد.
3. P و P' در صورت مجازی، منفی میباشد.

پس رابطه فوق شکل ذیل را دارد:

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = -\frac{1}{f}$$

هم چنان بزرگمایی عدسیه از رابطه $\frac{P'}{P} = -\gamma$ حاصل می گردد.

مثال:

جسمی در مقابل عدسیه مقعری که دارای شعاع انحنای 14 سانتی متر است به فاصله 6 سانتی متری واقع است. فاصله تصویر را از عدسیه در یافت نمایید.

حل: چون شعاع انحنای $R = 24\text{cm}$ است، پس $f = \frac{R}{2} = \frac{24}{2} = 12\text{cm}$ میباشد. هم چنان $P = 6\text{cm}$ است، بنابراین با استفاده از فرمول داریم که :

$$\begin{aligned}\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} &= -\frac{1}{f} \\ \frac{1}{6} + \frac{1}{P'} &= -\frac{1}{12} \\ \frac{1}{P'} &= -\frac{1}{12} - \frac{1}{6} = -\frac{1-2}{12} = -\frac{3}{12} = -\frac{1}{4} \\ P' &= -4\text{cm}\end{aligned}$$

علامه منفی نشان می دهد که تصویر مجازی است.



مثال:

شی مجازی که دارای طول 10cm سانتی متر است اگر به فاصله 20 سانتی متر از عدسیه مقعری که دارای فاصله محراقی 30cm سانتی متر میباشد واقع گردد، نوع تصویر را معلوم نمایید.

حل: چون عدسیه، مقعر و شی مجازی است. پس فاصله شی و فاصله محراقی هر دو

منفی میباشد. یعنی:

$$\begin{aligned}-\frac{1}{20} + \frac{1}{p'} &= -\frac{1}{30} \\ \frac{1}{p'} &= -\frac{1}{30} + \frac{1}{20} \\ \frac{1}{p'} &= \frac{-2+3}{60} \\ \frac{1}{p'} &= \frac{1}{60} \\ p' &= 60\text{cm} \\ \gamma = -\frac{p'}{p} = \frac{60}{30} &= 2\end{aligned}$$

قبلاً دیدیم، زمانی که اشعه نوری از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر شود، اشعه نوری انکسار مینماید.

آیا در نتیجه انکسار تصویر تشکیل شده میتواند؟

با استفاده از دیاگرام ذیل رابطه بین فاصله بین شی و تصویر را نسبت به یک سطح انکسار کننده در یافت نمایید. رابطه عبارت است از :

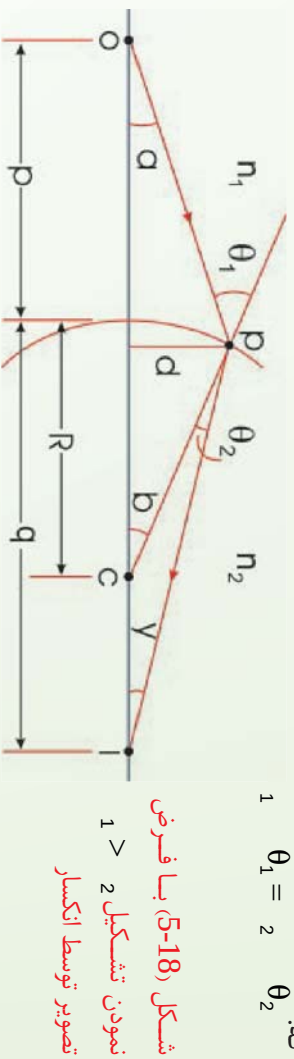
$$\frac{1}{p} + \frac{2}{q} = \frac{2}{R}$$

برای حل هر دو مسئله دو محیط شفاف را در نظر بگیرید که دارای ضرایب انکسار 1 و 2 شدند. در حالیکه سطح جداکننده بین دو محیط، یک سطح کروی با شعاع باشد،



شکل (5-18) در شکل دیده میشود که یک اشعه از نقطه O منشأ گرفته و توسط سطح کروی در نقطه I انکسار مینماید. برای این اشعه از تطبیق قانون انکسار سنل حاصل میشود

که: $\theta_1 = \theta_2$



چون θ_1 و θ_2 خیلی کوچک فرض شده است، پس با استفاده از تعریف زاویه کوچک میتوانیم بنویسیم که: $\theta_1 = \theta_2$

از حقیقتی استفاده مینماییم که بیان می کند: زاویه خارجی هر مثلث مساوی به مجموع دو زاویه داخلی غیر مجاور آن مثلث است. با تطبیق این قاعده در مثلث های $\triangle P$ و $\triangle C$ حاصل مینماییم که:

$$\theta_1 = \alpha + \beta$$

$$\beta = \theta_2 + \gamma$$

اگر از این سه معادله θ_1 و θ_2 حذف گردد، در یافت مینماییم که:

$$\alpha + \gamma = (\alpha + \beta) \quad (1)$$

از شکل میتوانیم بنویسیم که:

$$\alpha \approx \frac{d}{p}$$

$$\beta \approx \frac{d}{R}$$

$$\gamma \approx \frac{d}{q}$$

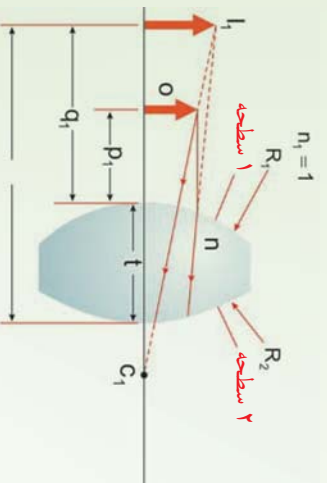
با وضع کردن افاده های فوق در معادله (1) و تقسیم آن بالای d حاصل مینماییم که:

$$\frac{1}{p} + \frac{2}{R} = \frac{1}{q} \quad \dots\dots\dots(4)$$

این افاده رابطه بین فاصله های شیء و تصویر و نسبت به یک سطح انکسار کننده نشان میدهد. چون عدسیه ها تصویر را توسط انکسار تشکیل میدهند، پس میتوانیم با استفاده از رابطه فوق معادله ساختن عدسیه را دریافت نمائیم، ولی قبل از اینکه به بحث ساختن معادله عدسیه ها بپردازیم، بهتر است در باره قدرت عدسیه معلومات حاصل نماییم.

5-7: معادله ساختن عدسیه (فورمول ساختن عدسیه)

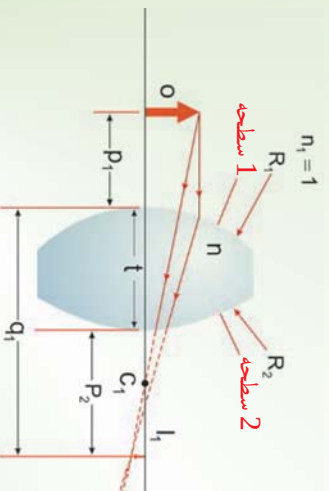
قبلاً ذکر گردید که از عدسیه ها در ساختن آلات اپتیکی استفاده میشود پس باید بدانیم که عدسیه چگونه ساخته میشود؟ واضح است که می گوئید اولاً باید فورمول ساخت عدسیه را دریافت کرد. برای دریافت فورمول ساخت عدسیه باید بدانیم که عدسیه توسط کدام حادثه، تصویر تشکیل می دهد؟ برای پاسخ به این سوال یک بار دیگر به تعریف عدسیه توجه می نمائیم و خواهیم دید که برای تشکیل تصویر یک شیء، باید به یک طرف عدسیه نور شی بالایی عدسیه بتابد و از طرف مقابل آن خارج گردد. چون عدسیه یک محیط شفاف است، شعاع نوری در وقت عبور از عدسیه در دو سطح انکسار را متحمل میشود.



(a)

در اینحالت تصویر تشکیل شده توسط یک سطح انکسار دهنده، برای سطح دیگر حیثیت شیء را دارد. حالا یک عدسیه ضخیم را در نظر می گیریم که دارای ضریب انکسار باشد (چنانچه در شکل نشان داده شده است).

¹ شعاع همان سطح عدسیه است که در مرتبه اول نور از شیء به آن می رسد، و R_2 شعاع انحنای سطح دیگر عدسیه است. یک شیء را در مقابل سطح 1 در فاصله P_1 در نقطه O بگذارید.



(b)

با استفاده از معادله (2) و فرض کردن $= 1$ ، زیرا عددسیه توسط هوا احاطه گردیده است. برای تصویر تشکیل شده توسط سطح 1 معادله ذیل را دریافت مینماییم.

$$(1) \quad \frac{1}{P_1} + \frac{-1}{q_1} = \frac{-1}{R_1} \dots\dots\dots$$

در اینجا q_1 موقعیت تصویر توسط سطح 1 است. اگر تصویر تشکیل شده توسط سطح 1 تصویر مجازی باشد شکل (4 18) q_1 منفی است، و اگر تصویر حقیقی باشد موقعیت آن مثبت میباشد شکل (b_2) .

حالا معادله (2) را بالای سطح 2 با در نظر داشت $= 1$ و $= 1$ تطبیق مینماییم n ضریب انکسار ماده داخل عدسیه است). فرض مینماییم که P_2 فاصله شیء از سطح 2 و q_2 فاصله تصویر از آن باشد.

$$-\frac{1}{P_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{R_2}$$

تصویر تشکیل شده توسط سطح اول برای سطح دوم چپیت شیء را دارد. در شکل (2)، فاصله اندازه شده از سطح 2 است که با q طور ذیل رابطه دارد.

$$\text{شکل (5-18a)} \quad \text{تصویر مجازی از سطح 1:} \quad 1 = -q_2 + q_1 \quad (\text{منفی است})$$

$$\text{شکل (5-18b)} \quad \text{تصویر حقیقی از سطح 2:} \quad 2 = -q_1 + q_2 \quad (\text{مثبت است})$$

L ضخامت عدسیه است. برای عدسیه باریک یعنی عدسیه بی که ضخامت آن با مقایسه شعاع انحنا کوچک و قابل صرف نظر باشد میتوانیم بنویسیم:

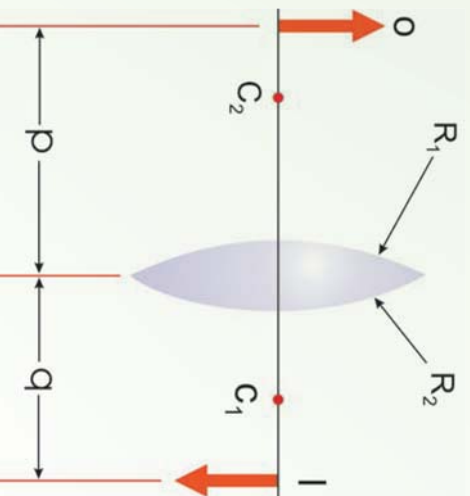
برای تصویر سطح 1، $= -q_2$ (اگر از سطح 1 تصویر حقیقی باشد، تصویر بچپت یک شی مجازی عمل می کند، بنابراین q_2 مثبت میباشد). ازینرو معادله را میتوانیم چنین بنویسیم:

$$(2) \quad -\frac{1}{q_1} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{R_2} \dots\dots\dots$$

از جمع کردن معادلات (3) و (4) در یافت مینماییم که:

$$\frac{1}{P_1} + \frac{1}{q_2} = (-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots \dots (3)$$

برای عدسیه باریک میتوانیم فاصله شی را P و فاصله تصویر را q بگوییم، و با در نظر داشت شکل (19 5) معادله فوق را طور ذیل بنویسیم:



شکل (5-20)

شکل ساده هندسی برای عدسیه باریک

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = (-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots \dots (4)$$

چون فاصله محراقی یک عدسیه باریک عبارت از فاصله تصویری است که باید شی آن در لاتینا هی واقع باشد. پس در رابطه فوق باوضع کردن ∞ به عوض q, P مساوی به f میشود. برای یک عدسیه باریک معکوس فاصله محراقی عبارت است از:

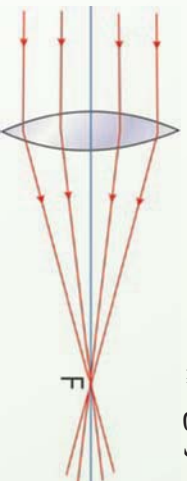
$$\frac{1}{f} = (-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

رابطه فوق بنام معادله ساختن عدسیه یاد میشود، زیرا از این معادله برای در یافت قیمت های 1 ، 2 استفاده کرده میتوانیم، در حالیکه ضریب انکسار و فاصله محراقی f معلوم باشد.

5-8: قدرت عدسیه ها

در اشکال ذیل (5-20 الف و ب) دو عدسیهٔ محدب الطرفین که دارای فاصله های محراقی مختلف میباشد نشان داده شده است. دستهٔ شعاع نوری موازی با محورهای اصلی دو عدسیه بالای عدسیه ها وارد گردیده است و عدسیه ها این دسته های شعاع نوری را باهم نزدیک مینمایند. بگوئید که قدرت کدام یک از این دو عدسیه در نزدیک ساختن شعاع نوری بیشتر است؟

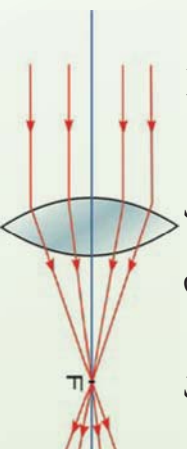
چنانچه از اشکال دیده میشود، عدسیه بی که دارای فاصلهٔ محراقی کوچکتر است در مقارب ساختن (نزدیک کردن) شعاع نوری قدرت بزرگتر را دارد. یعنی که قدرت عدسیه در مقارب ساختن معکوساً متناسب به فاصلهٔ محراقی میباشد.



عدسیه که دارای فاصله محراقی بزرگتر

است دارای قدرت کوچکتر نزدیک کردن

شعاع نوری میباشد.



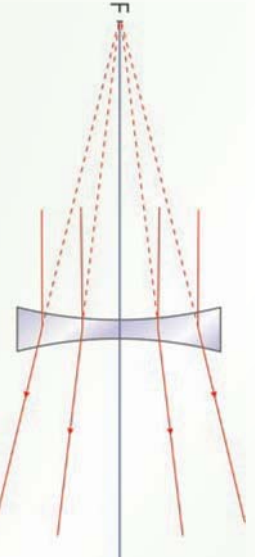
عدسیه با داشتن فاصله محراقی کوچکتر

دارای قدرت بزرگ در نزدیک کردن شعاع

نوری میباشد.

شکل (5-21)

هم چنان در اشکال (5-21 الف و ب) دو عدسیهٔ مقعر با فاصله های محراقی مختلف نشان داده شده اند. یک دسته اشعهٔ نوری موازی با محورهای اصلی عدسیه ها بالای عدسیه ها وارد گردیده اند که عدسیه ها این شعاع نوری را از یکدیگر دور (متباعد) مینمایند. در اینجا نیز دیده میشود که قدرت عدسیه با فاصلهٔ محراقی عدسیه رابطهٔ معکوس دارد.

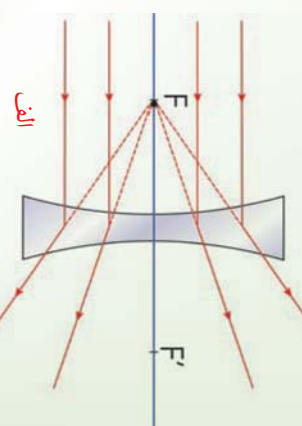


ب) شکل (5-22)

عدسیهٔ مقعری که دارای فاصلهٔ

محراقی بزرگتر است در دور کردن

شعاع نوری قدرت کوچکتر را دارد.



الف)

عدسیهٔ مقعری که دارای فاصلهٔ محراقی

کوچکتر است در دور کردن شعاع نوری

قدرت بزرگتر را دارد.

معکوس فاصله محراقی یعنی $(\frac{1}{f})$ را قدرت عدسیه می گویند و آنرا توسط D نشان می دهند یعنی:

$$\frac{1}{f}$$

چون فاصله محراقی به متر اندازه میشود، پس واحد قدرت عدسیه معکوس متر $(\frac{1}{m})$ میباشد، که بنام دیوپتری یاد میشود و آنرا توسط d نشان می دهند. گفتنی است که قدرت عدسیه های محدب مثبت و قدرت عدسیه های مقعر منفی میباشد.

5-9: ترکیب عدسیه های باریک

برای تشکیل یک تصویر از دو عدسیه استفاده مینماییم که آنرا طور ذیل توضیح می کنیم:

نخست تصویر عدسیه اول طوری محاسبه می گردد که گویا عدسیه دوم موجود نباشد. (نور برای عدسیه دوم طوری می رسد که گویا از تصویر تشکیل شده آمده است) بنابراین تصویر تشکیل شده توسط عدسیه اولی برای عدسیه دومی مانند شیء عمل می کند. تصویری که توسط عدسیه دومی تشکیل می شود عبارت از تصویر نهایی سیستم میباشد. بزرگنمایی مجموعی سیستم عدسیه ها مساوی به حاصل ضرب بزرگنمایی هر کدام از عدسیه ها است. اگر تصویر تشکیل شده توسط عدسیه اولی در عقب عدسیه دومی قرار داشته باشد، این تصویر برای عدسیه دومی حیثیت شیء مجازی را دارد، (یعنی در این حالت P منفی است). به عین ترتیب یک سیستم سه یا بیشتر عدسیه ها را تشکیل داده میتوانیم.

فنایت

هدف: محاسبه فاصله محراقی یک عدسیه.

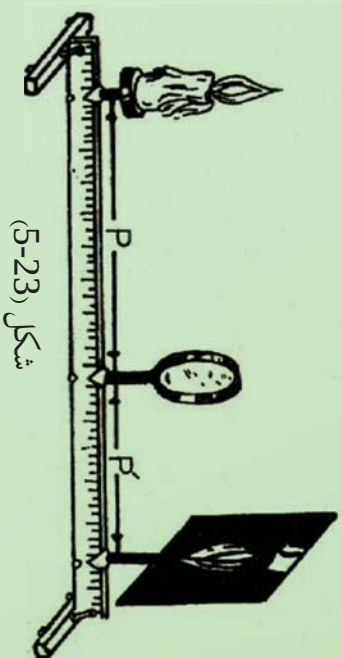
مواد مورد ضرورت:

شمع، گوگرد، پرده، پایه های لغزنده بالای یک خط کش و خط کش.

طراز العمل:

شمع، پرده و عدسیه را مطابق شکل ذیل (4) بالای خط کش که بالای میز ایستیکی قرار دارد طور عمودی بگذارید. شمع را ورشن نمایشید و پرده را تا زمانی تغییر مکان دهید که بالای پرده تصویر واضح تشکیل گردد. در اینحالت دیده میشود که تصویر نیز بالای محور اصلی عمود میباشد. حال فاصله شمع (شی) و پرده (تصویر) را از خط کش بخوانید و در فورمول $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ آنرا وضع نمائید.

اگر p فاصله شمع از عدسیه و q فاصله پرده از عدسیه باشد، پس از رابطه فوق با آسانی میتوانیم f یعنی فاصله محراقی عدسیه را محاسبه نماییم.



5-10: تطبیقات:

1. یک شیء را در مقابل عدسیه محدب که دارای فاصله محراقی 8 cm است یک مرتبه به فاصله 12 cm و مرتبه دیگر به فاصله 4 cm قرار دهید. در هر حالت موقعیت تصویر و چگونگی آنرا در یافت نمایید. برای هر دو حالت شکل آنرا ترسیم نمایید.

برای مرتبه اول: $P = 12\text{cm}$, $q = ?$, $f = 8\text{cm}$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8}, \quad \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{3-2}{24} = \frac{1}{24} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{24}$$

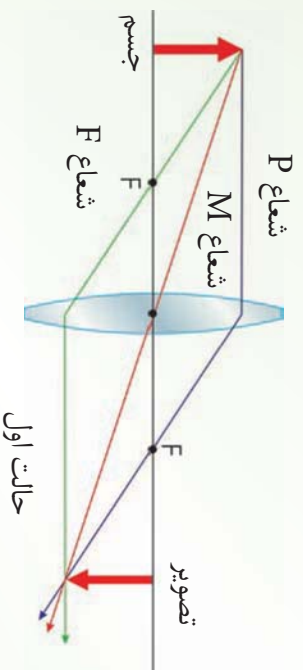
پس فاصله تصویر از عدسیه 24cm = و چون q مثبت است بنابراین تصویر حقیقی می باشد.

برای حالت دوم:

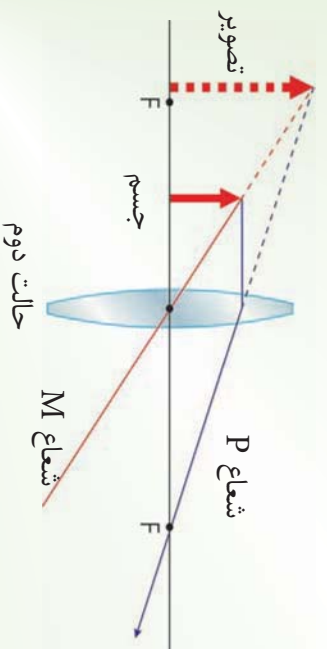
$P = 4\text{cm}$, $f = 8\text{cm}$, $q = ?$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8}, \quad \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4} = -\frac{1}{8}$$

فاصله تصویر از عدسیه: -8cm , چون در این حالت q منفی است بنابراین تصویر مجازی می باشد.



حالت اول



شکل (5-24)

حالت دوم

2. اگر یک شیء در مقابل عدسیهٔ مقعری که دارای فاصلهٔ محراقی 6 cm است به فاصلهٔ 18 cm قرار داشته باشد، فاصلهٔ تصویر از عدسیه را دریافت نمایید.

حل: چون عدسیه، مقعر است پس فاصلهٔ محراقی آن منفی میباشد.

$$P = 18\text{ cm}, f = 6\text{ cm}, q = ?$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{18} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{6}, \quad \frac{1}{q} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{-3-1}{18}$$

فاصلهٔ تصویر از عدسیه: 4.5 cm ، $-\frac{18}{4}$ ، $-\frac{4}{18}$ ، علامهٔ منفی نشان

می دهد که تصویر مجازی است.

3. اگر شیء مجازی با طول 10 cm از عدسیهٔ مقعری که دارای فاصلهٔ محراقی 30 cm است. به فاصلهٔ 20 cm واقع باشد، چگونگی تصویر را مشخص نمایید.

حل: چون شیء مجازی و عدسیه مقعر است، پس فاصلهٔ شیء و فاصلهٔ محراقی هر دو منفی در نظر گرفته میشوند . یعنی:

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}, \quad -\frac{1}{20} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{-2+3}{60} = \frac{1}{60}, \quad q = 60\text{ cm}$$

چون q مثبت است پس تصویر حقیقی میباشد و از عدسیه به فاصلهٔ 60 cm قرار دارد، هم چنان

$$\gamma = - = \frac{q}{p} = \frac{60}{20} = 3$$

چون $3 = -$ است، پس 30 cm میشود.



4- اگر آروز داشته باشیم با استفاده از یک عدسیهٔ محدب، ازشی بی که دارای طول 0.5cm باشد، تصویر مجازی به طول 2cm تشکیل بد هیم در صورتی که که فاصلهٔ شی از عدسیه 6cm باشد، فاصلهٔ تصویر را از عدسیه و فاصلهٔ محراقی عدسیه را محاسبه نمایید.

حل: $f = ?$, $q = ?$, $A'B' = 2cm$, $AB = 0.5cm$, $P = 6cm$,

فاصلهٔ تصویر از عدسیه : $q = \frac{12}{0.5} = 4cm$

$$\frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| , \quad \frac{2}{0.5} = \left| \frac{q}{6} \right| , \quad 0.5q = 12 ,$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} , \quad \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{4-1}{24} = \frac{1}{f} , \quad \frac{3}{24} = \frac{1}{f} , \quad 3f = 24 , \quad f = \frac{24}{3}$$

پس فاصلهٔ محراقی عدسیه $f = 8cm$

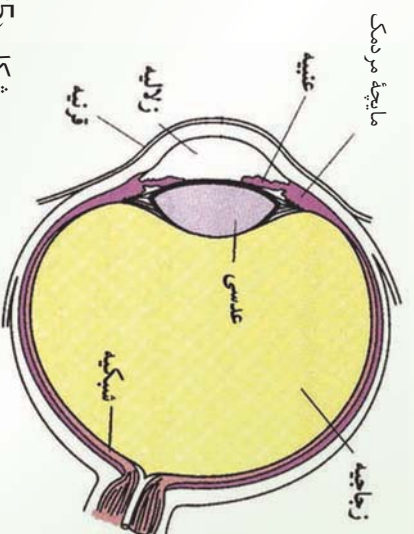
چشم انسان

جسمم را که می نگریم، چشم از آن در قسمت عقبی خود تصویر تشکیل می دهد. یعنی چشم مانند یک عدسیه محدب الطرفین عمل می کند که بالای شبکه، تصویر حقیقی تشکیل می دهد. شبکه عبارت از یک صفحهٔ حساس در مقابل نور است. چشم تقریباً شکل کروی دارد که توسط یک پردهٔ نسبتاً سخت محافظه می گردد. این پرده بنام صلبیه یاد میشود. قسمت پیشروی صلبیه شفاف است و بنام قرنیه یاد میشود. شکل (25 5)، زمانیکه نور داخل چشم می گردد، انکسار اول نیز در همین جا صورت می گیرد. ضریب انکسار قرنیه 1.376 میباشد. در عقب قرنیه مایع شفاف و جود دارد که بنام زلالیه یاد میشود و ضریب انکسار آن 1.336 است. چون بین ضرایب انکسار زلالیه و قرنیه تفاوت بزرگی وجود ندارد، بنابراین درسر حد مشترک زلالیه و قرنیه چندان انکساری واقع نمی شود. مردمک



چشم عبارت از یک کلک‌نیچه بی است که بر اثر تغییر قطر آن، نور عبوری کنترل میگردد. در این عمل قطر مردمک چشم از 2 الی 8 ملی متر تغییر می نماید. در عقب مردمک، عدسیه چشم واقع است. عدسیه چشم دارای ساختمان شفاف محدب الطرفین میباشد. ضریب انکسار عدسیه تقریباً 1.437 است. بنابراین بعد از انکسار نور در قرنیه، عدسیه چشم تصویر حقیقی، معکوس و کوچک بالای شبکه تشکیل میدهد. عدسیه چشم توسط یک نوع عضلات مخصوص محافظت می گردد. همین عضلات ضخامت عضلات را تغییر میدهند. زمانی که این عضلات در حالت استراحت باشند، عدسیه دارای بیشترین فاصله محراقی میباشد، و تصویر اشیای دور دست را بالای شبکه تشکیل می دهد، مگر برای دیدن اشیای نزدیک، این عضلات منقبض می شوند و ضخامت عدسیه را بیشتر میسازند و در نتیجه فاصله محراقی عدسیه کاهش می یابد و تصویر بالای شبکه تشکیل میشود. تغییر فاصله محراقی به خاطر تشکیل تصویر اجسام دور یا نزدیک بالای شبکه را تطابق چشم می گویند.

کدام چشم ها سالم اند؟

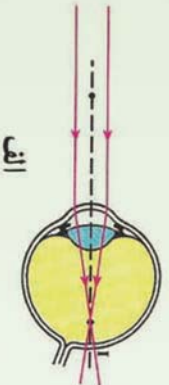


شکل (25-5) تصویر چشم

فاصله دور و نزدیک دید

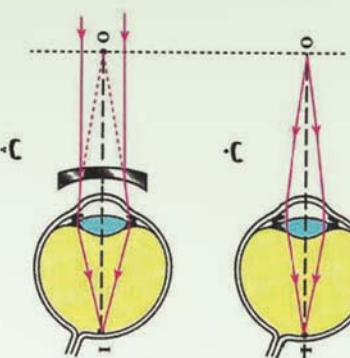
چشمان سالم میتوانند از فاصله 25 سانتی متری لایتناهی عمل تطابق را انجام دهند. در جوانان این فاصله از 25 سانتی متر کمتر است که با تزاید سن بزرگتر میشود، به صورت عموم قدرت تطابق چشمان با تزاید سن محدود و محدودتر می گردد.

کوچکترین فاصله دید عبارت از همان فاصله کوتاهی است که در آنجا جسمی واقع باشد و چشمان بتوانند آنرا بصورت واضح ببیند بدون اینکه بالای آنها کدام فشاری وارد گردد. دور ترین فاصله دید عبارت از همان دورترین فاصله بی است که هرگاه در آنجا جسمی واقع باشد چشمان بتوانند آنرا بدون تطابق بصورت واضح ببیند.



عیوب چشم

چشم نزدیک بین: چشم نزدیک بین تنها اشیای نزدیک را



بصورت واضح می بینند. تصویر اشیای دور در پیشروی شبکه آن تشکیل میگردد، شکل (25 5 الف) برای اصلاح این چشم از عدسیه مقعر بحيث عینک استفاده میگردد. عدسیه مقعر

سبب می شود که تصویر بالای شبکه تشکیل گردد مانند شکل (25 5 ب). این نوع عیوب معمولاً در جوانان دیده میشود.

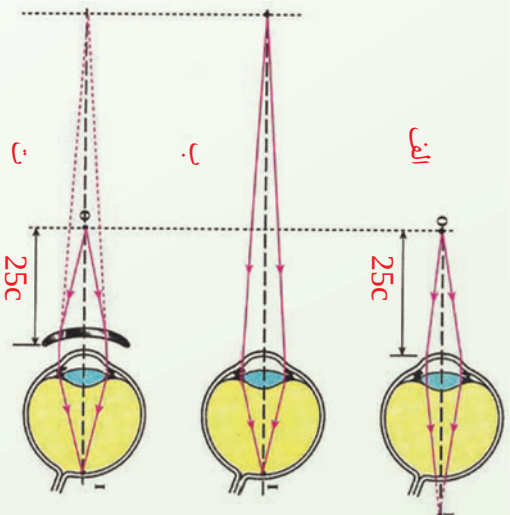
برتری که چشمان نزدیک بین دارد اینست که اجسام نزدیک

را به وجه احسن می بینند و عدسیه چشم همیشه بشکل محدب میباشد.

الف: تشکیل تصویر در پیشروی شبکه.
ب: تشکیل تصویر شبکه.

چشم دور بین:

چشم درو بین میتواند تنها اجسام دور را بصورت واضح ببیند. تصویر اشیای نزدیک در عقب شبکه این نوع چشم تشکیل میشود شکل (26 5 الف). عدسیه این نوع چشم ها همیشه



الف: تشکیل تصویر در عقب عدسیه.
ب: تشکیل تصویر بالای شبکیه.

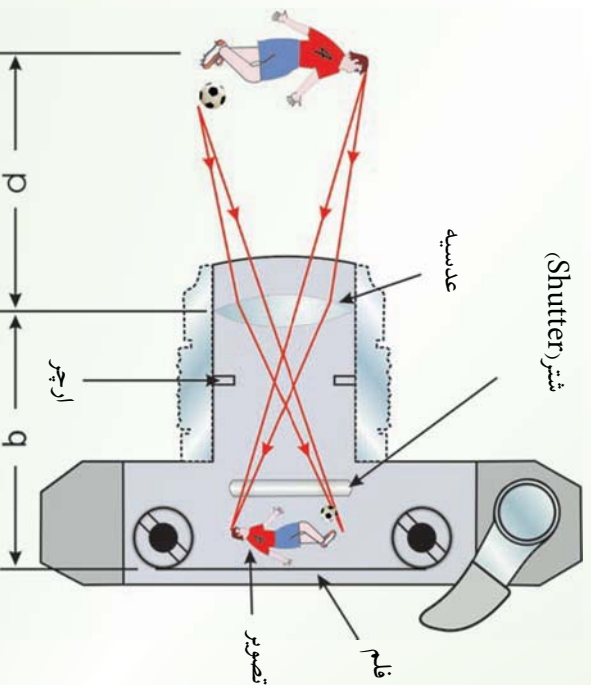
در حالت کش شده می باشد که این خود یک فشار بالای چشم می باشد. بزرگسالان اکثراً این نوع عیب را داشته میباشند. برای از بین بردن این نوع عیب، از عدسیهٔ محدب استفاده مینمایند، تا اینکه اشعه را در پیشروی جمع و تصویر را بالای شبکه تشکیل دهد شکل (5 26)

سوال:
از عدسیه ها در کدام آلات اپتیکی استفاده میشود؟

جواب: از عدسیه ها در خیلی وسایل اپتیکی استفاده می شود مانند کمره، پروژکتور، تلسکوپ و میکروسکوپ. که هر کدام آن طور ذیل توضیح می گردد.

کمره:

کمرهٔ عکاسی یک آلهٔ سادهٔ اپتیکی است که تصویر آن در شکل ذیل نشان داده شده است شکل (5 27).



شکل (5 27) نمایش مقطع عرضی یک کمرهٔ ساده.
یاد آوری میشود که: $p > q$

کمره متشکل از یک حجره بسته، عدسیه محدبی که تصویر حقیقی را تشکیل می دهد و فلهی در عقب عدسیه، غرض گرفتن تصویر میباشد. شخص کمره را با تغییر دادن فاصله بین عدسیه و فلم تنظیم می نماید. تنظیم کردن مناسب کمره که برای تولید تصویر های واضح ضروری است تابع فاصله عدسیه الی فلم، فاصله شیء و فاصله محراقی عدسیه میباشد.

دریچه بی که در عقب عدسیه واقع میباشد، آله میخانیکی است که برای انتخاب وقفه زمانی بازمی گردد. و بنام exposures time (در معرض زمان قرار دادن) یاد میگردد. یک شخص می تواند از جسمهای متحرک به وقفه های کوچک زمانی و یا مناظر سایه و کم نور با استفاده از این دریچه عکاسی نماید. سرعتهای معمولی دریچه، $s(\frac{1}{30})$, $s(\frac{1}{60})$, $s(\frac{1}{125})$, $s(\frac{1}{250})$

فعالت

عدسیه محدبی را که دارای فاصله محراقی کوچک باشد، گرفته و یک شی خلی کوچک را تحت عدسیه طوری قرار دهید که بین عدسیه و محراق واقع گردد. در اینحالت شما چگونه تصویر را مشاهده خواهید کرد؟ مشاهدات خویش را با همدیگر شریک نمایید. واضح است که شما یک تصویر مجازی، مستقیم و بزرگتر از اصل شیء را مشاهده خواهید کرد. بنابراین چنین عدسیه را ذره بین می گویند.

سوال:

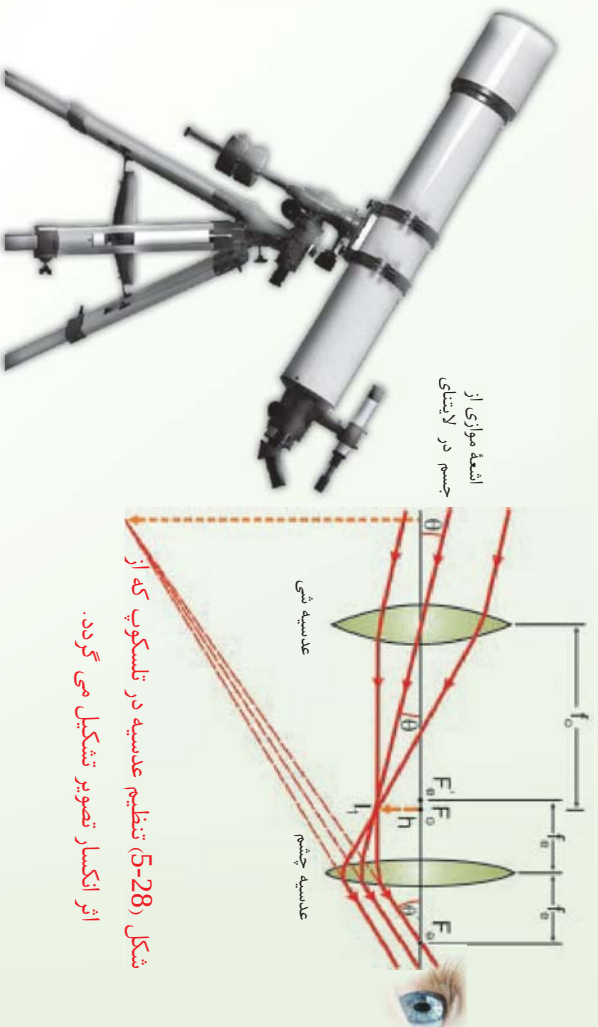
اشیای بسیار دور مثلا ستاره ها در آسمان را چگونه میتوانیم مشاهده نماییم؟

جواب:

اشیای بسیار دور توسط تلسکوپ مشاهده میشود. اینکه تلسکوپ چیست و چگونه تصویر در آن تشکیل میشود طور ذیل مطالعه می گردد:

تلسکوپ: اساساً تلسکوپ ها به دو نوع اند. هر دو نوع آن برای مشاهده اشیا دور مانند

ستاره های نظام شمسی بکار برده میشوند. در یک نوع آن از عدسیه ها استفاد میشود و به اساس انکسار فعالیت مینمایند، در نوع دیگر آن آیینه های کروی بکار برده میشوند و به اساس انعکاس کار می کنند. تلسکوپی که از عدسیه ها ساخته شده است در شکل (28-5) نشان داده شده است که به وسیله انکسار تصویر را تشکیل می دهد.



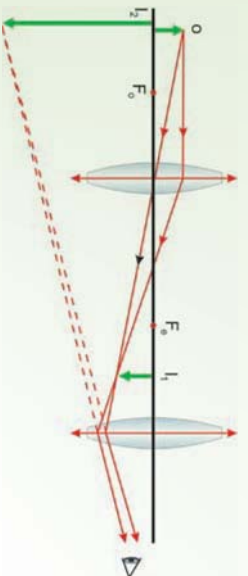
این تلسکوپ دو عدسیه دارد. عدسیه بی که بطرف شی واقع است بنام عدسیه شی (ابجکتیف) و عدسیه بی که به طرف چشم واقع است بنام عدسیه چشم یاد میشود. این دو عدسیه طوری تنظیم می گردد که عدسیه شی از یک شی دور، تصویر حقیقی و معکوس را در نزدیک محراق عدسیه چشم تشکیل بدهد. چون شی اصلاً در لاینتاهای قرار دارد، بنابراین نقطه بی که در آن تصویر 1 تشکیل میشود، عبارت از محراق عدسیه شی میباشد. بعداً عدسیه چشم از تصویر 1 تصویر دیگر بزرگ و معکوس را تشکیل میدهد که از فاصله محراقی عدسیه چشم مشاهده میشود.

پرسی ها:

- در کلنیک های تشخیصیه، ملاریا توسط کدام آله تشخیص میشود؟
- آمیب را چگونه دیده میتوانید؟
- جواب تشخیص ملاریا و مشاهده آمیب توسط میکروسکوپ صورت می گیرد.
- میکروپ چیست؟

5-11: میکروسکوپ

ذره بین ساده میتواند اشیای کوچک را تا اندازه بی بزرگ نماید. مگر بزرگ ساختن اشیایی که توسط چشم قابل دید نباشد توسط آله ای صورت می گیرد که از دو عدسیه تشکیل گردیده و بنام میکروسکوپ یاد میشود. میکروسکوپ ترکیبی از دو عدسیه است: عدسیه یی که به شش نزدیک است بنام ابجکتیف یاد میشود و فاصله محراقی آن از 1cm کوچکتر میباشند. عدسیه دیگری که به چشم نزدیک میباشد، بنام عدسیه چشم یادشده و دارای فاصله محراقی چندین سانتی متر میباشد. چنانچه در شکل (5 29) نشان داده شده است، شش در نزدیک محراق عدسیه ابجکتیف گذاشته میشود، که تصویر حقیقی بزرگ و معکوس را در داخل فاصله محراقی عدسیه چشم تشکیل می دهد. عدسیه چشم که بحیث یک ذره بین ساده عمل مینماید، این تصویر بزرگ برای آن حیثیت ششی را داشته و از آن یک تصویر خیلی بزرگ مجازی را تشکیل می دهد. تصویر در میکروسکوپ نسبت به ششی اصلی در جهت معکوس دیده میشود، چنانچه در شکل (5 29) نشان داده شده است.



شکل (5 29): در یک میکروسکوپ،

تصویر حقیقی و معکوس توسط ابجکتیف

تشکیل میشود که برای عدسیه چشم حیثیت

ششی را دارد.

میکروسکوپ نظر ما را در مورد آن اشیای کوچک غیر قابل قبول و سمعت داد که قبلاً شناخته نشده بود. یک پرسش که اکثراً در مورد میکروسکوپ طرح می گردد اینست که آیا ساختن چنین یک میکروسکوپ ممکن خواهد بود که بتوانیم توسط آن یک اتم را مشاهده نماییم؟ چون برای روشن کردن اشیا از نور قابل دید استفاده میشود، پس جواب سوال نه خیر است.

برای اینکه یک شی تحت میکروسکوپ مشاهده شود باید اقلاً به اندازه طول موج نوری بزرگ باشد. یک اتم به نسبت طول موج نور قابل دید چند مرتبه کوچکتر است، پس استر آن باید توسط طریقه های دیگر آزمایش گردد.

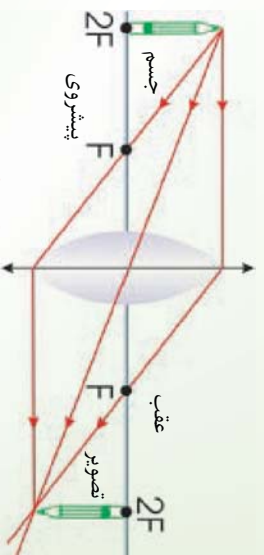
پیرسکوپ

در پیرسکوپ (تحت البحری) از انعکاس کلی داخلی استفاده میشود. چنانچه در شکل ذیل نشان داده شده، این آله از دو منشور تشکیل گردیده است، بنابراین اشعه نور وارده در آن مسیری را طی می نماید که نشان داده شده است.

از آینه های که توسط سلور (جیوه) شده باشد نیز استفاده می گردد، مگر منشور شیشه ای بدون سطوح پوش شده بسیار خوب و بصورت مکمل نور را منعکس مینماید.

پروجکتور:

هرگاه شی در فاصله بین $2f$ و f یک عدسیه محدب واقع باشد چنانچه در شکل (30 5) نشان داده شده است، تصویر آن حقیقی، معکوس و بزرگتر از اصل شی میباشد. این سیستم اپتیکی که در پروجکتور سلایدی یا فلمی که در یک پارچه کوچک فلم از شی یک تصویر بزرگ را بالای پرده تشکیل می دهد بکار برده میشود. برای حاصل کردن یک تصویر که به طرف بالا عمود باشد، باید فلم در پروجکتور بطرف پایین طور عمود گذاشته شود. این ساختمان اساس پروجکتور ها را تشکیل می دهد. بنابراین پروجکتور عبارت از ساختمانی است که از فلم، شی یا سلاید، تصویر بزرگ بالای پرده تشکیل می دهد.



شکل (30 5) وقتی که شی بین $2f$ و f واقع باشد، تصویر آن حقیقی، معکوس و بزرگتر از اصل شی میباشد.

این ساختمان اساس پروجکتور ها را تشکیل میدهد.



خلاصه فصل:

- قسمتی از یک محیط شفاف مانند شیشه که توسط دو سطح محدود شده باشد و کم از کم یک سطح آن انحنای داشته باشد به نام عدسیه یاد می شود.
- عدسیه باریک عدسیه را گویند که ضخامت آن از انحنای عدسیه و یا از فاصله شی نسبت به عدسیه خیلی کوچک باشد.
- در عدسیه های محدب شعاع وارده بعد از عبور از عدسیه با هم متقارب می شوند، کناره های عدسیه های محدب نسبت به قسمت وسطی آنها نازک تر بوده و هر دو طرف آنها محدب می باشد.
- در عدسیه های مقعر نور بعد از آنها از همدیگر متباعد(دور) می گردند. کناره های این عدسیه ها نسبت به قسمت وسطی آن ها ضخیم تر و هر دو طرف آنها مقعر می باشد.
- خطی که در یک عدسیه از مراکز دو سطح کروی (منحني) گذشته و مستوی عمود باشد به نام محور اصلی یاد می شود.

نقطه که در وسط محور اصلی عدسیه موقعیت دارد به نام مرکز نوری عدسیه یاد می شود. فرمول عدسیه های باریک عبارت از: $\frac{1}{p} + \frac{1}{p^-} = \frac{1}{f}$



در این جا p ، عبارت از فاصله شی از عدسیه، P^- فاصله تصویر از عدسیه و f فاصله محراق عدسیه می باشد.

نکات ذیل را باید در نظر گرفت:

- 1 - هر گاه عدسیه محدب باشد، فاصله محراقي مثبت است.
- 2 - در صورتی که عدسیه مقعر باشد فاصله محراقي منفی است.
- 3 - p^- و p' در حالت مجازی منفی است، پس در اینصورت فرمول عدسیه های نازک

شکل ذیل را دارد.

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

معکوس فاصله محراقي (f) را قدرت عدسیه می گویند و آن را به D نشان می دهند. یعنی $\frac{1}{f} =$ که واحد آن $\frac{1}{m}$ است که به نام دیوپتر یاد می شود.

• فرمول نیوتن عبارت از: $f^2 =$

در اینجا f ، فاصله محراقي عدسیه، x فاصله شی از محراق عدسیه و $-$ فاصله تصویر از محراق عدسیه می باشد.

$$8 = - = \frac{p}{p}$$

بزرگنمایی عدسیه از رابطه ذیل به دست می آید:

در اینجا: 1 ، طور تصویر و O طول شی می باشد.



سوالات فصل:

1. شعاع آفتاب را کدام نوع عدسیه جمع (فوکس) کرده میتواند.
2. زمانیکه یک شی در محراق عدسیه محدب واقع باشد چرا تصویر آن تشکیل نمی گردد؟
3. تصویر تشکیل شده توسط یک عدسیه باریک را در نظر بگیرید. تحت کدام شرایط

تصویر:

a. معکوس، b. بطرف بالا، c. حقیقی، d. مجازی، e. بزرگتر از اصل شی و f. کوچکتر از اصل شی خواهدبود.

4. سوال فوق را برای یک عدسیه مقعر نازک در نظر گرفته جواب بدهید.

5. اگر یک عدسیه محدب شیشه یی در آب گذاشته شود، فاصله محراقي عدسیه نسبت به حالتیکه عدسیه در هوا باشد طولی خواهد شد یا کوتاه؟ چرا؟

6. اگر یک میکروسکوپ از دو عدسیه محدب ساخته شده باشد، چرا تصویر معکوس تشکیل می گردد؟

7. در مقابل عدسیه مقعری که دارای فاصله محراقي 20cm باشد، شی گذاشته شده است. برای هر فاصله ذیل شی، فاصله تصویر را دریافت نمایید و بزرگنمایی تصویر را توضیح نمایید.

a. برای b . 40.0c . c و 20.0c برای c . 10.0c



8. شخص با استفاده از عدسیه محدب بازی را در مسابقه تماشا می کند. فاصله محراقی عدسیه 12.5cm است. عدسیه یک تصویر مجازی را تشکیل میدهد که از عدسیه به فاصله 30.0cm قرار دارد. بزرگنمایی عدسیه را دریافت نمایید. آیا تصویر به طرف بالا است یا پائین؟

9. یک شی در مقابل عدسیه محدبی که دارای فاصله محراقی 20.0cm میباشد، گذاشته شده است. برای هر فاصله ذیل شی، فاصله تصویر و بزرگنمایی را دریافت نمایید. هر تصویر را توضیح نمایید.

a. برای 40.0cm ، b. برای 10.0cm .

11. چگونگی تصویر تشکیل شده توسط عدسیه کدام یک است؟

- a. حقیقی، معکوس و بزرگ،
- b. مجازی، بطرف بالا و بزرگ،
- c. حقیقی، معکوس و کوچک.
- d. مجازی، بطرف بالا و کوچک



12. برای دیدن یک تصویر بزرگ شده توسط یک عدسیه کدام شرایط ذیل ضروری نیست؟

- a. شی و تصویر از عدسیه به عین فاصله واقع اند.
 - b. عدسیه باید محدب باشد.
 - c. بیننده باید به فاصله محراقی عدسیه موقعیت داشته باشد.
 - d. شی باید به فاصله محراقی عدسیه واقع باشد.
13. در میکروسکوپ ها و تلسکوپ ها کم از کم دو عدسیه محدب بکار برده می شود. یکی برای شی و دومی برای چشم، این عدسیه ها باید به کدام فاصله از هم قرار بگیرند که تصویر آن مجازی و بسیار بزرگ باشد. از نظر محراق ها این دو عدسیه باید در کدام موقعیت ها قرار بگیرند؟

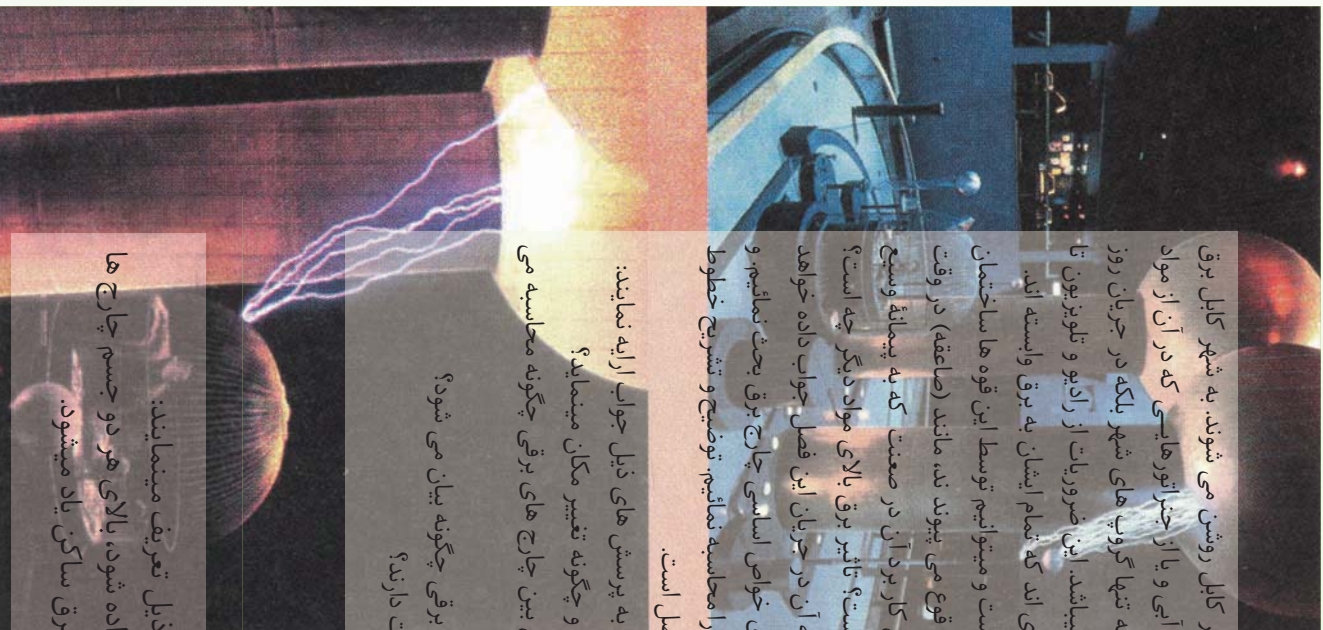
برق ساکن

زمانیکه آفتاب غروب نماید، گروپ های شهر کابل روشن می شوند. به شهر کابل برق جاری میشود که این برق یا از بند های آبی و یا از جنراتورهایی که در آن از مواد سوخت استفاده میشود حاصل می گردد. نه تنها گروپ های شهر بلکه در جریان روز نیز اکثر ضروریات روزانه ما وابسته به برق میباشد. این ضروریات از رادیو و تلویزیون تا ترانسپورت و صنعت، سهولت های بی شماری اند که تمام ایشان به برق وابسته اند.

در بین اجسام اساس تعداد زیاد قوه ها برق است و میتوانیم توسط این قوه ها ساختمان اشیا و اکثر حادثه هایی را که در طبیعت بوجود می پیوندد، مانند (صاعقه) در وقت بارندگی باران، الماسک در آسمان، هم چنان کاربرد آن در صنعت که به بیمانه وسیع صورت میگردد، بیان نماییم. اینکه برق چیست؟ تاثیر برق بالای مواد دیگر چه است؟ برای این سوالها و پرسش های دیگری مشابه آن در جریان این فصل جواب داده خواهد شد. در این فصل سعی خواهیم کرد که بالای خواص اساسی چارج برق بحث نماییم و هم چنان خواهیم توانست که قوه های برقی را محاسبه نماییم، توضیح و تشریح خطوط ساحه برقی نیز یکی از مباحث دیگر این فصل است.

در اخیر این فصل شاگردان خواهند توانست به پرسش های ذیل جواب ارایه نمایند:

1. خواص اساسی چارج های برقی چیست؟ و چگونه تغییر مکان مینمایند؟
2. با استفاده از قانون کولمب قوه های برقی بین چارج های برقی چگونه محاسبه می گردد؟
3. شدت ساحه برقی و خطوط شدت ساحه برقی چگونه بیان می شود؟
4. اجسام هادی و عایق از همدیگر چه تفاوت دارند؟



ولی قبل از همه برق ساکن را طور ذیل تعریف مینمایند:
زمانیکه دو جسم بایکدیگر مالش داده شود، بالای هر دو جسم چارج ها جمع میشوند که این حادثه بنام برق ساکن یاد میشود.

6-1: چارج‌های برقی

آیا گاهی بعد از قدم زدن بالای یک فرش در وقت تماس با چیزی دیگر تکان را احساس کرده اید؟ و هم چنان دیده اید در هوای خشک بعد از شانه کردن توسط یک شانه پلاستیکی موهای شما به طرف شانه جذب می گردد؟

عامل حادثات فوق و حادثات مشابه دیگر آن چه بوده میتواند؟ از صنف هفتم در مورد اکثر حادثات مشابه، از قبل شما میدانید. زمانیکه، بعد از قدم زدن بالای فرش اگر در تماس باشیم تکان احساس می کنیم و یا توسط شانه پلاستیکی موهای ما جذب می گردد، این حادثه را چارج شدن برقی گویند. باید گفته شود که این حادثه در هوای خشک خوب صورت می گیرد زیرا اگر زیاد مرطوب باشد در این حالت از جسم چارج شده زمینه خروج چارج ها مساعد می گردد. حال به این پرسش جواب می گوئیم که این اجسام چگونه چارج میشوند یا به عبارت دیگر عملیه چارج شدن چگونه صورت می گیرد؟

برای دریافت جواب به این پرسش باید در مورد ساختمان اتم یک اندازه معلومات داشته باشیم. تمام اشیای اطراف ما از اتم ها ساخته شده اند. هر اتم از ذرات کوچک تشکیل گردیده که عبارت از پروتون، نیوترون و الکترون میباشد. پروتون ها که دارای چارج مثبت اند و هم چنان نیوترون ها که از نظر چارج خنثی میباشند، در مرکز اتم قرار دارند که بنام هسته اتم یاد میشود. الکترون ها که دارای چارج منفی میباشند، از هسته در اطراف در حال حرکت میباشد. (بنجامین فرانکلن) که در 1790-1706 زندگی می کرد. بالای چارج ها نام های مثبت و منفی را گذاشته است و این نام ها محض قرار داده‌ستند.

در مورد اتم ها ممکن است شما در سال های آینده بصورت مفصل بحث خواهید کرد. پروتون ها و نیوترون ها در هسته اتم در موقعیت های خود نسبتاً ثابت اند، مگر الکترون ها میتوانند. از یک اتم به اتم دیگر نقل مکان نمایند.

تا زمانی که الکترون ها در یک اتم توسط پروتون های مساوی در حال توازن قرار گرفته باشند، پس اتم بصورت کل خنثی و چارج محصله آن صفر است. مگر زمانیکه الکترون ها از یک اتم خنثی به اتم هادی دیگر نقل مکان نمایند، پس اتم اولی چارج منفی را از دست میدهد و دارای چارج مثبت می شود و اتم دومی که الکترون های آن تغییر مکان کرده است دارای چارج منفی می گردند. اتم های که دارای چارج مثبت یا منفی باشند بنام آیون، یاد میشوند.

حال هر دو، موهای شما و شانه دارای تعداد زیاد اتم های خنثی میباشند. مگر این یک خواست طبیعی چارج ها است که بین مواد مختلف تغییر مکان نمایند. هر گاه دو جسم را با یکدیگر مالش بدھیم (طور



مثال شانه و موه‌ها) در بین آنها سطح تماس (مالش) زیاد گردیده و زمینه تغییر مکان چارج مساعد می شود. زمانیکه شانه با موهای شما مالش داده میشود الکترون های موهای شما به شانه تغییر مکان مینماید و به این ترتیب شانه منفی و موها مثبت چارج میشوند.

در این تجربه و تجارب دیگر مشابه به این تنها مقدار اندک چارج ها از یک جسم به جسم دیگر تغییر مکان می نمایند. در اینجا باید دقت شود که همان اندازه چارج منفی که به شانه تغییر مکان مینماید، به عین اندازه چارج های منفی از موها کاسته میشود (یا به عبارت دیگر چارج مثبت آن به همان اندازه زیاد میشود). پس از اینجا به این نتیجه میرسیم که چارج برقی خلق نه شده بلکه تنها به اندازه مساوی از یک جسم به جسم دیگر تغییر مکان می یابد که این موضوع را قانون تحفظ چارج گویند.

6-1-1: چارج کردن اجسام

قبل از اینکه در مورد چارج کردن اجسام سخن گفته شود بهتر خواهد بود در باره همان خصوصیات اجسام که در چارج کردن اهمیت دارد، تا اندازه یی بطور مختصر مطالعه نماییم. هرگاه پلاستیک، رابر، شیشه و ابریشم توسط مالش چارج شوند در این اجسام چارج ها از همان قسمت که چارج شده است نمیخواهند بطرف دیگر حرکت نمایند. ولی برعکس اگر یک قسمت بعضی اجسام دیگر مانند مس، المونیوم و سلور چارج شود این چارج ها در تمام سطح جسم تقسیم می شوند. به این ترتیب میتوانیم اجسام را از نظر قابلیت انتقال چارج به دو گروه تقسیم نماییم.

موادی که در آن چارج های برقی بطور آزاد حرکت کرده بتوانند مانند مس و المونیوم، از جمله اجسام هادی اند و اجسامیکه در آن چارج های برقی بطور آزاد حرکت کرده نتوانند بنام اجسام عایق برق یاید میشوند مانند پلاستیک، رابر، شیشه و ابریشم.

یک نوع اجسام دیگر که در بین دو نوع فوق قرار دارند، بنام اجسام نیمه هادی یاد میشوند. اگر این اجسام خالص باشند مانند اجسام عایق اند و اگر در این اجسام ناخالصی بوجود بیاید و بعضی اتم های خاص بیگانه در آن داخل گردند پس خاصیت هدایت برقی آن زیاد میشود.



یک طریقه چارج کردن اجسام طریقه تماس است:

توسط این طریقه مثال شانه و موها را دیدیم. به عین ترتیب اگر یک میله شیشه ای، ابریشم و یک میله رابری را با پشیم یا پر مالش دهیم پس این دو میله طوری باهم چارج خواهند گردیدند که یکدیگر خود را جذب نمایند. یعنی در حقیقت یک میله مثبت و دیگر آن منفی چارج شده است. اگر در این تجربه دو میله شیشه یی قرار فوق چارج شوند پس هر دو میله یکدیگر را دفع مینمایند یعنی دارای چارج مشابه اند. در این مثال ها شیشه، رابر، ابریشم و پشیم تماماً اجسام عایق اند. حال پرسش بوجود می آید که آیا اجسام هادی برق را نیز توسط مالش چارج دار کرده میتوانیم یا به عبارت دیگر از طریق تماس چارج شده میتوانند یا خیر؟



فعالیت

مواد مورد ضرورت:

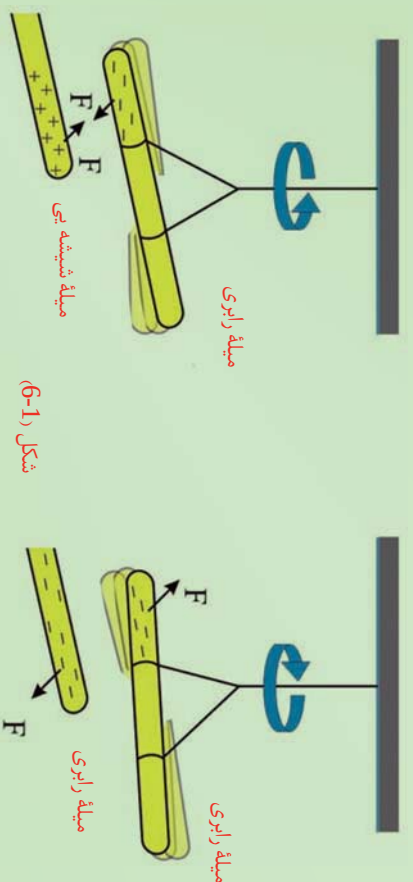
یک میله شیشه ای، میله رابری، میله مسی از هر کدام یک دانه، ابریشم، پشیم یا پر

طریقه العمل:

میله شیشه ای را با ابریشم و میله رابری را با پشیم مالش دهید. چنانچه قبلاً ذکر گردید یک میله مثبت و دیگر آن منفی چارج خواهد شد.

میله مسی را با پشیم مالش دهید بعداً آنرا به میله شیشه ای و میله رابری نزدیک سازید، ببینید که چه واقع میشود؟

مرتبه دیگر میله مسی با دسته عایق را با پشیم مالش دهید و بعداً آنرا به میله شیشه ای و رابری نزدیک سازید و ببینید که چه واقع میشود؟



شکل 1-6

در حالت اول که میلهٔ مسسی را به میله‌های شیشه‌ای و رابری نزدیک می‌نمایید، ممکن است هیچ کدام را جذب یا دفع نکنند. مگر در حالت دوم که میلهٔ مسی را که دارای دستهٔ عایق است، به هر دو میله نزدیک نمایید، میلهٔ شیشه‌ای را جذب و میلهٔ رابری را دفع مینماید. علت آن چه بوده میتواند؟ در حالت اول ممکن است شما فکر نمایید که میلهٔ مسی در اثر مالش چارج دار نمی‌گردد مگر در حالت دوم که میلهٔ مسی توسط میلهٔ شیشه‌ای جذب و توسط میلهٔ رابری دفع می‌گردد، پس ممکن است فکر نمایید که میلهٔ مسی نیز در اثر مالش چارج دار میشود.

این موضوع را چنین توضیح می‌نماییم. در حالت اول نیز میلهٔ مسی چارج دار میشود مگر چارج‌های آن از طریق بدن شما و بالاخره از طریق زمین که هر دو هدایت‌کننده‌های خوب هستند در اسرع وقت حرکت مینمایند. در حالت دوم که دستهٔ میلهٔ مسی عایق است چارج‌ها از میله حرکت کرده نمیتوانند و به همین سبب میلهٔ مسی، میلهٔ شیشه‌ای را جذب مینماید و میلهٔ رابری را دفع می‌کند، یعنی در این حالت میلهٔ مسی چارج دار است.

در اینجا واضح میشود که اجسام عایق و هادی هر دو از طریق تماس چارج دار شده میتوانند.

اجسام هادی از طریق القا چارج دار شده میتوانند:

زمین بچیت یک ذخیرهٔ بی‌نهایت بزرگ الکترون‌ها در نظر گرفته شده میتواند. زیرا زمین ظرفیت ذخیرهٔ تعداد بی‌شماری الکترون‌ها را دارد. این همان حقیقت مهمی است که برای دانستن یک نوع دیگر چارج کردن اجسام هادی از آن استفاده کرده میتوانیم.

هر گاه یک میلهٔ رابری چارج شدهٔ منفی به یک کرهٔ خنثی و چارج ناشده نزدیک گردد، بین چارج‌های منفی میله و چارج‌های منفی کره، قوهٔ دفع اثر در نتیجهٔ آن چارج‌های منفی کره به طرف مقابل حرکت می‌نمایند.

چنانچه در شکل (6-a) نشان داده شده است، اگر کره توسط یک سیم هادی با زمین وصل گردد چنانچه در شکل (6-b) نشان داده شده است، یک تعداد الکترون‌ها به زمین حرکت خواهند کرد. حالا اگر سیم هادی برداشته شود و میلهٔ رابری چارج شدهٔ منفی به جای خود نگهداشته شود چنانچه در شکل (6-c) نشان داده شده است، پس در این حالت کره دارای تعداد بیشتر چارج‌های مثبت القائی میباشد. حال اگر میلهٔ رابری چارج شدهٔ منفی دور شود، پس چارج‌های مثبت القا شده در کره باقی میماند. چنانچه در شکل (6-) نشان داده شده است و این چارج‌های القائی در بالای سطح کره در متشابه توزیع میگرددند. این

شکل (6-2)



عملیه را القا گویند و این چارج ها بنام چارج های القائی یاد میشوند.

در اینجا باید متوجه بود که جسمی که بوسیله القا چارج دار میشود، با جسم القا کننده که در این حالت میله، رابری است تماس نمی کند بلکه با جسم سومی، در این حالت زمین است تماس مینماید. میله رابری چارج های منفی خود را از دست نمی دهد زیرا که با کره در تماس نیست. این حادثه با آنکه دو جسم با یکدیگر تماس حاصل کرده و انتقال مستقیم چارج ها در آن صورت می گیرد کاملاً تفاوت دارد.

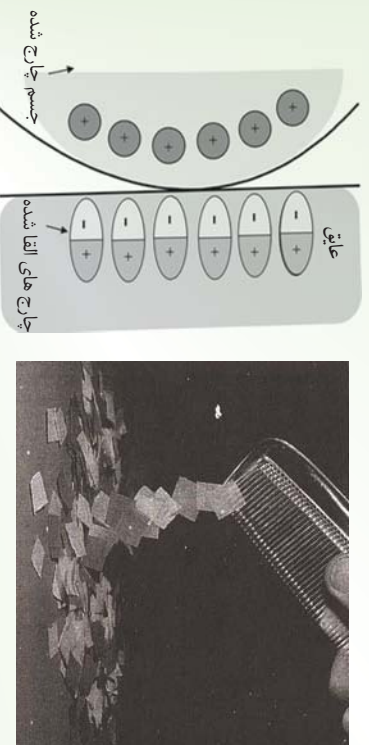
به وسیله قطبی شدن نیز میتواند بروی سطح یک جسم عایق چارج ها بصورت القاء تولید گردد. قبلاً دیدیم که توسط خط کش پلاستیکی چارج شده پارچه های کاغذ جذب میشد. سبب آن چه بوده میتواند؟

یک عملیه مشابه به چارج شدن القایی اجسام هادی وجود دارد که به وسیله آن اجسام عایق چارج شده میتوانند. در اکثر اتم ها و مالیکول های خنثی مراکز چارج های مثبت و منفی بالای یکدیگر منطبق میناشند. در صورت موجودیت یک جسم چارج دار در نزدیک جسم عایق این مراکز از یکدیگر فاصله می گیرند و در نتیجه به یک طرف مالیکول های آن چارج های مثبت بیشتر نسبت به طرف دیگر آن قرار می گیرند. این عملیه بنام پولریزیشن یا قطبی شدن یاد می شود.

وقتیکه این حالت چارج ها در هر مالیکول بوجود آید، درینصورت بالای سطح عایق یک چارج القایی تولید می گردد، چنانچه در شکل (4) نشان داده شده است.

وقتیکه یک جسم قطبی شود با وجود اینکه چارج محصله آن صفر است مگر با آنهم میتواند که چارج ها را جذب یا دفع نماید.

به همین دلیل است که اگر یک خط کش پلاستیکی که جسم عایق است و به پارچه های کاغذ نزدیک شود آنرا جذب مینماید. در اینجا باید متوجه بود که مانند چارج شدن توسط عملیه القا، درقطبی شدن نیز بالای سطح یک جسم، چارج ها بدون تماس فیزیکی القایی گردد.



شکل (3-6)

سوالات:

- 1- وقتی که یک میلهٔ رابری با تکهٔ پشمی مالش داده شود، میله منفی چارج خواهد شد. در این حالت در مورد به چارج پشم چه گفته می‌توانید و چرا؟
- 2- فلزات مانند مس، نقره و غیره توسط الفای چارج می‌گردد، در حالیکه اجسام عایق مانند پلاستیک چارج شده نمی‌توانند. توضیح نمایید.
- 3- یک سکهٔ فلزی تقریباً 10^{24} الکترون دارد که یکدیگر را دفع می‌نماید. چرا این الکترون‌ها از سکه خارج نمی‌شوند؟

فعالیت

مواد مورد ضرورت: یوقانه دو دانه

طراز العمل:

دو یوقانه را به موهای خویش مالش دهید و ببینید.
اول: وقتی که یک یوقانه را به موهای سر خویش مالش دادید، بعداً یوقانه را به موهای خود نزدیک سازید ببینید چه واقع می‌شود.
دوم: دو یوقانه را که به موهای خویش مالش داده‌اید با یکدیگر نزدیک نمایید و ببینید چه واقع می‌شود.
نتیجه: شما خواهید دید که موهای سر شما توسط یوقانه جذب می‌گردد مگر در حالت دوم در صورت نزدیک آوردن یوقانه‌ها به یکدیگر ششان، یوقانه‌ها از یکدیگر فاصله می‌گیرند. این چنین معنی می‌دهد که چارج‌ها دو نوع اند، چارج‌های مشابه (هم نوع) که یکدیگر را دفع و چارج‌های مختلف النوع یکدیگر جذب مینمایند.

6-2: قوهٔ برقی

دو جسم چارج دار می‌تواند یکی به طرف دیگر جذب و یا یکی توسط دیگر دفع شود. زیرا که اجسام چارج دار بالایی یکدیگر قوه وارد مینمایند، این قوه بنام قوهٔ برقی یاد می‌شود. در فعالیت فوق ممکن است شما مشاهده کرده باشید که دو یوقانه یکدیگر را دفع مگر موهای سر شما را جذب می‌کردند. اینکه این قوه چقدر بزرگ و یا کوچک است، آنرا در قانون کولمب مطالعه خواهیم کرد.

توضیح و فورمول قانون کولمب:

اینکه قوه برقی بین اجسام چارج دار تابع فاصله بین این دو جسم است، و هم چنان قوه برقی بین اجسام چارج دار مربوط به مقدار چارج بالای اجسام است مطالعه نمودیم، مگر اینکه قوه های برقی با مقدار چارج بالای اجسام و فاصله بین شان چگونه رابطه دارد، این موضوع را فزیکدان مشهور تجربه و تحقیق کرده که نتایج آنرا طور ذیل توضیح مینماییم . در 1780 چارلس کولمب غرض تعین مقدار قوه بین دو جسم چارج شده، تعداد زیاد تجارب را انجام داد. کولمب در یافت که قوه برقی بین جسم چارج دار مستقیماً متناسب به حاصل ضرب چارج است. یعنی هرگاه یک چارج دو چند شود قوه برقی نیز دو برابر میشود و اگر چارج دوم نیز دو چند گردد پس قوه برقی چهار برابر میشود. کولمب این را هم در یافت که قوه برقی بین دو چارج معکوساً متناسب به مربع فاصله بین آنها است. یعنی: هرگاه فاصله بین دو چارج نیم گردد، قوه برقی چهار برابر زیاد می شود. رابطه ذیل که بنام قانون کولمب یاد می شود. برای دو چارج که به فاصله از همدیگر واقع باشند، رابطه ریاضیکی این قانون است.

و یا:

$$\text{(چارج دوم)} \times \text{(چارج اول)} = \text{(ثابت کولمب)} = \text{قوه برقی} \\ \text{مربع(فاصله)}$$

$$F_{\text{electric}} = K_c \left(\frac{1}{r^2} \right)$$



چون قوه یک کمیت عاملی است، پس باید بحیث عامل با آن معامله صورت گیرد. قوه برقی همیشه در امتداد خط مستقیم عمل می کند که مراکز دو چارج را باهم وصل مینماید. قابل یاد آوری است که قانون کولمب تنها بالای چارج های نقطه یی قابل تطبیق است و هم چنان بالای چارج هایی که به شکل تقسیم شده باشند (چارج های که در فضای کروی تقسیم شده باشند) تطبیق می گردد. هر گاه قانون کولمب را بالای توزیع کروی چارج ها تطبیق نماییم، در این حالت فاصله عبارت از فاصله بین مراکز کره ها می باشد.

مثال: در اتم هیدروجن الکترون و پروتون توسط فاصله $(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})$ از همدیگر جدا اند. مقدار قوه برقی و مقدار قوه جاذبه را که این دو ذره بالای یکدیگر وارد مینمایند در یافت نمایید.

کمیات معلوم کمیات مجهول

$$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} electric &= ? \\ g &= ? \end{aligned}$$

$$k_e = 8.99 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$p = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$$

حل: برای دریافت مقدار قوه برقی از قانون کولمب استفاده مینماییم. یعنی

$$electrie = ke \frac{1}{r^2}$$

هم چنان برای در یافت مقدار قوه جاذ به یی از قانون نیوتن استفاده مینماییم یعنی:

$$g = \frac{m_e m_p}{r^2}$$

در اینجا (جاذبه حرکت دایروی) مقصد ما است.

کمیات معلوم را در این معادلات وضع می کنیم و زمانیکه اندازه قوه برقی را در یافت می نماییم



از علامات چارج ها صرف نظر مینماییم. بنابراین:

$$\begin{aligned} electric &= k_c \frac{1}{r^2} = (8.99 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{c^2}) \left(\frac{(1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11} m)} \right) \\ electric &= 8.2 \times 10^{-8} N \\ g &= \frac{m_c m_p}{r^2} = (6.673 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{k g^2}) \left(\frac{(9.109 \times 10^{-31} k g)(1.673 \times 10^{-27} k g)}{(5.3 \times 10^{-11} m)^2} \right) \\ &= 3.6 \times 10^{-47} N \end{aligned}$$

چون الکترون و پروتون دارای علامات مخالف اند، پس بین آنها قوهٔ برقی عبارت از قوهٔ جذب میباشند. اگر نسبت بین این دو قوه را مطالعه نماییم پس:

$$\frac{electric}{g} = 2 \times 10^{39}$$

از اینجا معلوم میشود که قوهٔ جاذبوی نیوتن نسبت به قوهٔ برقی خیلی کوچک و قابل صرف نظر میباشد. مهم اینست که چون این هر دو قوه ها معکوساً متناسب با مربع فاصله اند، بنابراین نسبت این دو قوه مربوط به فاصله نمیشد.

مثال:

دو ذره با چارج های برقی $q_1 = +2 \mu C$ و $q_2 = +5 \mu C$ به فاصلهٔ $3cm$ از همدیگر قرار دارند. قوه یی را دریافت نمایید که این ذرات بالای یکدیگر وارد مینمایند و هم چنان نوع قوه را مشخص نمایید.

حل: با استفاده از قانون کولمب میتوانیم بنویسیم که:

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{c^2} / \frac{(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})c^2}{9 \times 10^{-4} m^2} = 100 N \end{aligned}$$



چون ذرات چارج دار دارای چارج های هم نوع اند بنابراین قوه را که هر دو ذره بالای یکدیگر وارد مینماید قوه دفع است.

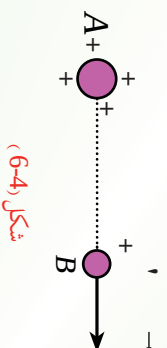
تمرین:

در مثال فوق قوه وارده را بالای 1 حساب نمایید.

6-3: ساحتۀ برقی

حال شما دو قوه ساقوی را می شناسید که یکی آن قوه جاذبه است و از قبل با آن آشنا هستید و دیگر آن قوه برقی است که در اینجا آنرا خواهید شناخت. چنانچه قبلاً ذکر گردید حتی اگر در بین انشای عمل کننده متقابل هیچ نوع تماس نیز وجود نداشته باشد، قوه های ساقوی از طریق فضا اثر مینمایند. تعجیل جاذبوی زمین (g) در یک نقطه فضا مساوی به حاصل تقسیم قوه جاذبه زمین (g) بالای کتله m ذره امتحانی است، یعنی $g = \frac{g}{m}$ هم چنان گفته میشود که در اطراف یک چارج برقی ساحتۀ برقی وجود دارد. هر گاه یک شی یا چارج دیگر، در ساحتۀ چارج امتحانی آورده شود بالای آن یک قوه برقی عمل مینماید.

فرض نمایید که یک کره کوچک با چارج + مطابق شکل (6-4) در نقطه A قرار دارد. هر گاه ذره دیگری با چارج + را در نقطه B قرار دهیم، از طرف چارج + بالای آن قوه $\vec{w}$ وارد می شود. (میدانیم که چارج + نیز بالای قوه بی وارد مینماید که عکس العمل قوه $\vec{w}$ میباشد. مگر در شکل نشان داده نشده است):



شکل (6-4)

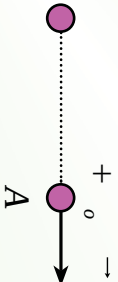
حال در مورد پرسش های ذیل و جوابات آن ها فکر نمایید.

هرگاه کره چارج دار q را از نقطه A بر داریم (شکل فوق)، آیا در نقطه B بالای چارج q' قوه عمل مینماید؟ جواب شما چیست؟ آیا قبول مینمایید که موجودیت چارج q در نقطه A سبب قوه برقی بالای چارج q' در نقطه B می گردد؟ آیا گفته میتوانید هرگاه چارج q را در نقطه A قرار دهیم، در نقطه B خاصیتی بوجود می آید که اگر چارج q در نقطه A موجود نباشد، این خاصیت نیز در نقطه B وجود نخواهد داشت؟ آیا موجودیت چارج q در نقطه A ، این خاصیت را در نقطه B بوجود آورده است؟ هرگاه چارج q' در نزدیک A در هر موقعیت گذاشته شود آیا باز هم بالای آن قوه برقی عمل مینماید؟

با در نظر داشت گفته های فوق میتوانیم بگوییم که: یک چارج برقی در هر نقطه اطراف فضای خود خاصیتی را بوجود می آورد که بنام ساحه برقی یاد می شود. هرگاه یک چارج برقی در یک نقطه ساحه برقی واقع گردد، از طرف ساحه بالای آن قوه برقی وارد می گردد. ساحه برقی طور ذیل تعریف می گردد:

6-3-1: تعریف ساحه برقی

واحد قوه وارده در هر نقطه بالای چارج برقی مثبت، بنام ساحه برقی نقطه متذکره یاد میشود. هرگاه چارج نقطه یی $+$ مطابق شکل (5 و 6) در یک ساحه برقی که توسط چارج q بوجود آمده باشد واقع گردد، از طرف ساحه تولید شده توسط چارج q ، بالای آن قوه $\vec{Q}$ وارد می شود. به اساس تعریف فوق، در جایی که چارج $+$ گذاشته شده است ساحه برقی چارج q را توسط $\vec{Q}$ نشان می دهیم که از رابطه ذیل حاصل می گردد:

$$\vec{Q} = \frac{\vec{Q}}{Q} + 0$$


شکل (5-6)

ساخته برقی کمیت عمل کننده است. واحد ساخته برقی نیوتن بر کولمب ($\frac{N}{C}$) است.

مثال: در ساخته برقی چارج q بالای یک چارج برقی $+0.2\mu C$ ، قوه $5 \times 10^{-2} N$ عمل می نماید. ساخته برقی را در این نقطه محاسبه نمایید.

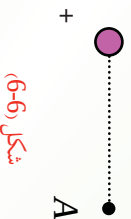
حل: از رابطه $\quad =$ میتوانیم ساخته برقی را دریافت نماییم.

$$\begin{aligned} &= \frac{5 \times 10^{-2} N}{2 \times 10^{-7} C} \\ &= 2.5 \times 10^5 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

الف: ساخته برقی یک ذره چارج دار

میخواهیم ساخته برقی یک ذره چارج دار q را در نقطه A که از q به فاصله r واقع است محاسبه نماییم، شکل (6-6). برای این کار از رابطه $(-)$ استفاده مینماییم. هر گاه در نقطه A ذره چارج دار $+$ قرار گیرد، از طرف چارج q بالای آن قوه $\rightarrow$ وارد میشود. با استفاده از قانون کولمب مقدار قوه را حساب کرده و در رابطه (1) باگذاشتن قیمت آن ساخته برقی چارج q را در نقطه A پیدا می کنیم.

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \\ &= \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \\ &= \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \end{aligned}$$



از رابطه فوق معلوم میشود که ساخته برقی با چارج q تناسب مستقیم و با مربع فاصله از چارج تناسب معکوس دارد. چون ساخته یک کمیت عمل کننده است پس برای تعیین کردن جهت ساخته در یک نقطه بطور مثال نقطه A . فرض مینماییم که در نقطه متذکره یک چارج مثبت قرار دارد. در این نقطه ساخته دارای جهت قوه وارده بالای چارج فرضی است. بنابراین، در هر



نقطهٔ سطحهٔ برقی، جهت قوهٔ وارده بالای چارج مثبت در همان نقطه میباشد.

مثال: سطحهٔ برقی ذرهٔ چارج دار $c - 2\mu$ را در نقطهٔ M در حالی در یافت نمایید که:

الف: از چارج به فاصلهٔ 2mm قرار داشته باشد.

ب : از چارج به فاصلهٔ 20cm قرار داشته باشد. و برای یک حالت وکتور سطحه را ترسیم نمائید.

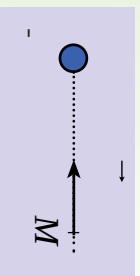
حل: با استفاده از رابطه (2) میتوانیم مقدار سطحهٔ برقی را در نقطهٔ مورد نظر در یافت نماییم.

$$\text{(الف)} \quad = \frac{1}{4\pi \epsilon_o r^2}$$

$$_1 = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} \\ = 4.5 \times 10^9 \frac{N}{C}$$

$$\text{(ب)} \quad _2 = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \times \frac{2 \times 10^{-6} C}{4 \times 10^{-2} m^2} \\ = 4.5 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

غرض ترسیم عمل کنندهٔ سطحه فرض مینماییم که از چارج q به فاصلهٔ 2mm در نقطهٔ M یک چارج مثبت قرار دارد. چون چارج q منفی است، پس چارج فرض شدهٔ مثبت را جذب مینماید، پس سطحهٔ چارج q نیز دارای همین جهت قوه است، چنانچه در شکل (6-7) نشان داده شده است



شکل (6-7)

ساحه برقي حاصل شده يك تعداد ذرات چارج دار:

هر گاه در يك قسمت فضا چندین ذره چارج دار قرار داشته باشد، در هر نقطه این فضا ساحه برقي وجود دارد.

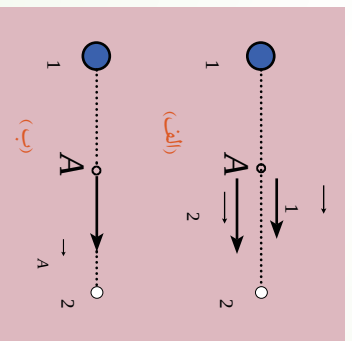
طور مثال غرض محاسبه ساحه برقي در نقطه P فضا اولاً ساحه های تولید شده توسط هر چارج را بصورت جداگانه با استفاده از معادله (2) به شکل وکتوری آن محاسبه کرده و بعداً آنها را بصورت وکتوری جمع می کنیم. یا به عبارت دیگر بصورت عمومي در هر نقطه P ساحه برقي که توسط يك تعداد ذرات چارج دار تولید شده باشد مساوی به مجموعه وکتوری تمامی ساحه های برقي چارج ها است.

مثال: دو ذره چارج دار $+4\mu C$ و $-6\mu C$ از یکدیگر خود به فاصله 8cm واقع اند. ساحه برقي را در نقاط ذیل در یافت نمایید.
الف: در قسمت وسط خط اتصال دهنده هر دو ذره.

ب: در همان نقطه خط اتصال دهنده هر دو ذره که از چارج 2 به فاصله 2cm و از چارج 1 به فاصله 10cm واقع باشند.

حل: ساحه برقي هر ذره چارج دار را بصورت جدا گانه محاسبه مینماییم. ساحه محصله، مجموعه ساحه های هر دو چارج خواهد بود.

الف: هرگاه يك چارج مثبت را در نقطه A قرار دهیم، چارج 1 $\rightarrow$ آنرا دفع مینماید و چارج 2 آنرا جذب می کند. بنابراین در نقطه A، ساحه های 1 و 2 دارای عین جهت میباشند و بطرف چارج q است، (اشکال 13 الف و ب).



شکل (8-6)،

$$= K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \frac{4 \times 10^{-6} C}{6.4 \times 10^{-3} m^2}$$

$$_2 = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{c^2} \frac{6 \times 10^{-6} c}{16 \times 10^{-4} m^2}$$

$$_2 = 3.375 \times 10^7 N/c$$

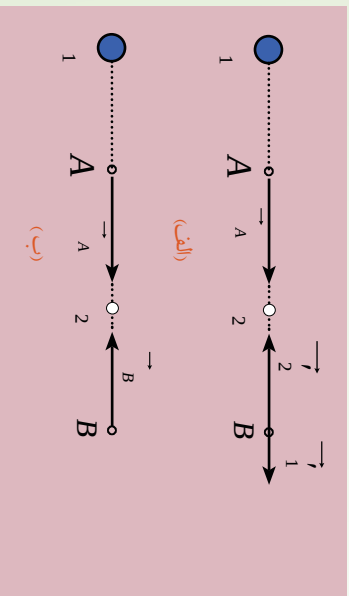
چون $\vec{r}_2$ ، $\vec{r}_2$ داری عین جهت اند، حاصل جمع آن ها مساوی به ساحت محصله میباشد. به خاطر داشته باشید که در نقطه A تنها ساحت $\vec{r}_A$ وجود دارد.

$$\vec{r}_A = \vec{r}_1 + \vec{r}_2$$

$$A = 1 + 2$$

$$A = 5.625 \times 10^7 N/c$$

ب: هر گاه یک چارج مثبت را در نقطه B قرار دهیم، چارج $_1$ آنرا دفع و چارج $_2$ آن را جذب مینماید. در نتیجه جهت $_2$ به طرف چارج $_1$ و جهت $_1$ بر خلاف آن میباشد. (شکل 14).



$$'_1 = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{c^2} \frac{4 \times 10^{-6}}{10^{-2} m^2}$$

$$= 3.6 \times 10^6 N/c$$

$$'_2 = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{c^2} \frac{6 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4} m^2}$$

$$'_2 = 1.35 \times 10^6 N/c$$

شکل (6-9)،

چون $\vec{r}_1$ او $\vec{r}_2$ دارای جهت های مخالف اند، پس ساحت محصله مساوی به حاصل تفریق آن ها است.

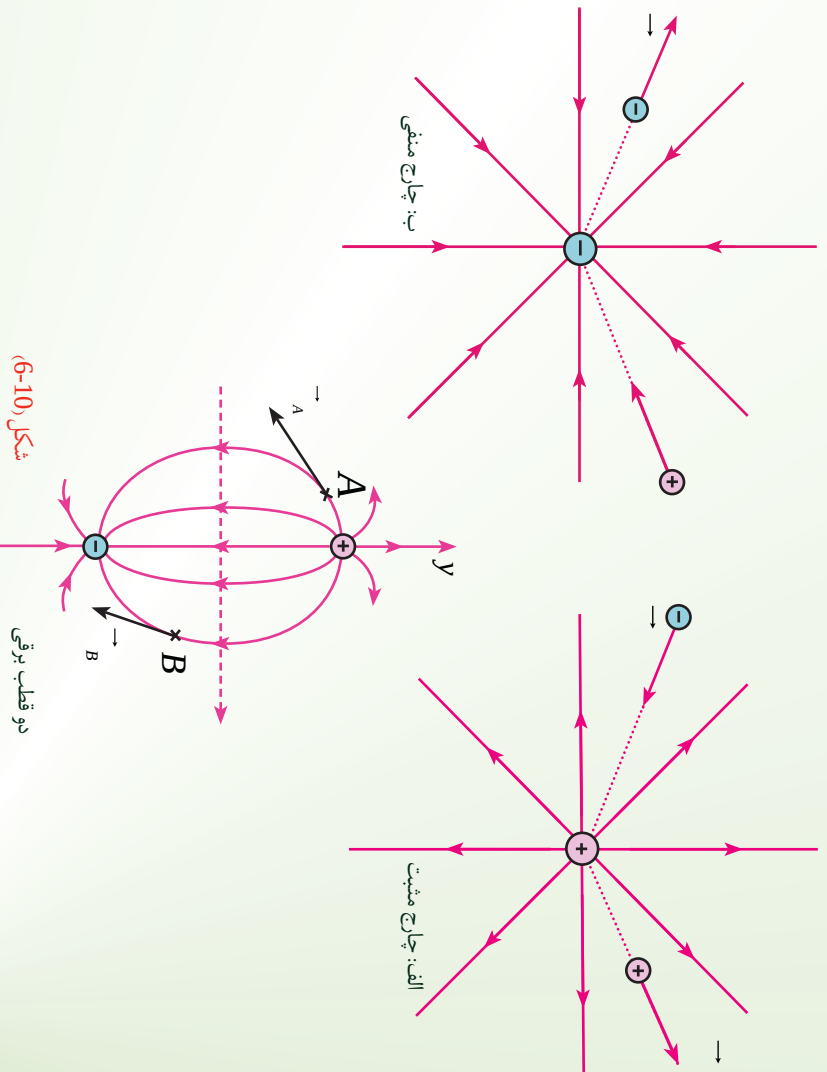
$$\vec{r}_B = \vec{r}'_2 - \vec{r}'_1$$

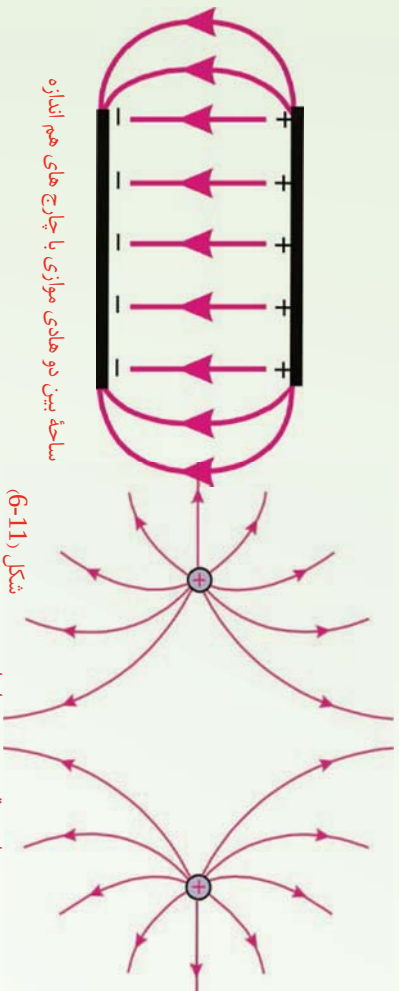
$$B = 2 - 1 = 131.4 \times 10^6 N/c$$

2-3-6: خطوط ساحه

ساحه برقی اطراف یک جسم چارج دار را توسط خطوطی نشان می دهیم که بنام خطوط ساحه برقی یاد میشود. این خطوط دارای مشخصات ذیل میباشد:

- 1 - خطوط ساحه در هر نقطه، دارای جهت قوه یی میباشد که در همان نقطه بالای یک چارج واقع شده مثبت وارد می گردد. در نتیجه، جهت این خطوط از چارج مثبت بطرف خارج و برای چارج منفی به داخل آن است. (قوة وارد، بالای چارج منفی جهت مخالف ساحه را دارا است).
- 2 - خط ساحه در هر نقطه، جهت ساحه را در همان نقطه نشان میدهد و ساحه در هر نقطه وکتوری است که در همان نقطه با خط ساحه مماس و جهت آنرا دارا است.
- 3 - در هر محل که ساحه قوی باشد در آنجا خطوط ساحه با یکدیگر نزدیک واقع اند.
- 4 - خطوط ساحه یکدیگر را قطع نمی کنند، یعنی از هر نقطه صرف یک خط عبور می کند. در شکل (6-10) ذیل در اطراف چندین جسم چارج شده ساحه برقی را دیده میتوانید.





ساحه بين دو هادی موازی با چارج های هم اندازه

شکل (11-6)

دو چارج برقی مثبت هم اندازه

حركت ذرات چارج دار در يك ساحه منظم برقی

هر گاه يك ذره با چارج q و كتله m در يك ساحه برقی واقع گردد، قوه برقی $\vec{F}$ بالای چارج عمل می نماید. اگر این تنها قوه یی باشد كه بالای ذره عمل می كند، پس باید قوه خالص باشد و مطابق قانون دوم نیوتن به ذره تعجیل بدهد، طوریکه:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \rightarrow \text{از اینجا تعجیل ذره عبارت است از:}$$

اگر $\vec{F}$ منظم باشد یعنی مقدار و جهت آن ثابت باشد پس تعجیل ثابت است. اگر ذره دارای چارج مثبت باشد، تعجیل جهت ساحه را دارا است. هر گاه ذره یی دارای چارج منفی باشد، تعجیل دارای جهت مخالف می باشد.

مثال: ذره یی را كه دارای $2g$ كتله و $2\mu C$ چارج است در ساحه خارجی $\frac{4 \times 10^4 N}{C}$ قرار می دهیم. تعجیلی را محاسبه نمایید، كه ذره در اثر قوه برقی وارده حاصل مینماید.

حل:

چون داریم كه:

$$\begin{aligned} &= 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^4 \\ &= 8 \times 10^{-2} N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{8 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} = \frac{m}{c^2} \\ a &= 40 m / c^2 \end{aligned}$$

6-4: پوتانشیل برقی

شما با انرژی پوتانشیل ساحه جاذبوی زمین آشنا هستید و این را نیز مشاهده کردید که با مصرف نمودن انرژی و اجرای کار میتوانیم جسمی با کتله m را از سطح زمین به ارتفاع h بلند نماییم. همان انرژی که برای بلند کردن جسم (یا سرعت ثابت) به مصرف می رسد به شکل انرژی پوتانشیل جاذبه در جسم ذخیره می گردد. با انرژی پوتانشیل کشش فنر نیز آشنا هستید، یعنی هرگاه فنری را آهسته آهسته منقبض نماییم یا آنرا انبساط دهیم و کش نماییم، کار اجرا شده به شکل انرژی پوتانشیل در فنر ذخیره می شود. حال میخواهیم با انرژی پوتانشیل برقی خوب آشنا شویم.

در قسمت اول این فصل دیدیم که دو ذره چارج دار بالای یکدیگر قوه وارد مینمایند و شما دیدید که بین دو چارج هم علامه قوه دفع و بین دو چارج با علامه های مختلف قوه جذب عمل مینماید. اگر دو چارج با عین علامه را داشته باشیم و آنها را با یکدیگر با سرعت ثابت نزدیک نماییم، لازم است که بخاطر غلبه کردن بالای قوه دفع بین آنها کاری انجام دهیم و هم چنان هر گاه خواسته باشیم دو چارج با علامه های مختلف را ازیکدیگر با سرعت ثابت دور نماییم، پس بخاطر غالب شدن بالای قوه جذب بین آنها نیز باید کار انجام دهیم. در هر دو حالت کار انجام شده به شکل انرژی پوتانشیل برقی در ذرات چارج دار ذخیره می شود.

مثال: ذره چارج دار مثبت q را با سرعت ثابت در بین یک ساحه مضطرب برقی $\vec{E}$ (یعنی ساحه که وکتور ساحه در هر محل عین چیز باشد) در جهت مخالف ساحه و موازی با خطوط ساحه به فاصله d تغییر مکان می دهیم. برای این تغییر مکان کدام مقدار کار باید اجرا شود؟

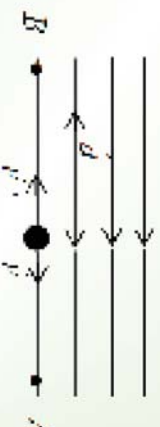
حل: ساحه برقی بالای چارج $+$ در جهت ساحه، قوه $=$ را وارد مینماید. برای اینکه ذره q را با سرعت ثابت در جهت مخالف تغییر مکان دهیم، باید بالای آن قوه $' =$ در جهت مخالف ساحه یعنی در جهت تغییر مکان وارد نماییم شکل (6-12). بنابراین زاویه بین قوه وارده (یعنی $\vec{F}$) و تغییر مکان ($\vec{d}$) صفر است. کاری را که ما انجام می دهیم مساوی است به:

$$W = ' \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W = \cdot d \cdot \cos 0$$

$$W = \cdot d$$

شکل (6-12)



کاری را که ما در اینجا انجام می دهیم مثبت است و انرژی مصرف شده به شکل انرژی پوتانشیل برقی در چارج برقی ذخیره میشود. هر اندازه که تغییر مکان بیشتر باشد، کار و انرژی مصرف شده زیاد میشود و در نتیجه انرژی پوتانشیل برقی چارج تراید مینماید، و این عیناً مشابه به حالتی است که ما یک جسم را به روی سطح زمین از یک نقطه به نقطه دیگر مرتفع انتقال می دهیم و در انرژی پوتانشیل جاذبوی آن تراید بعمل می آید. اگر چارج برقی q در نقطه B رها گردد، در جهت ساحه حرکت کرده و انرژی پوتانشیل برقی آن به انرژی حرکتی تبدیل میشود. این حالت مشابه به آنست که یک جسم از نقطه مرتفع زمین رها گردد و بطرف پائین حرکت نماید. در اینحالت انرژی پوتانشیل جاذبوی آن کاهش نموده و به انرژی حرکتی تبدیل میشود.

مثال:

چارج برقی منفی q را در یک ساحه برقی منظم E با سرعت ثابت در جهت ساحه به فاصله d از A به تغییر مکان می دهیم. کاری را که در این تغییر مکان انجام میشود محاسبه نمائید.

حل: از طرف ساحه قوه $=$ در جهت مخالف ساحه بالای چارج منفی برقی وارد می شود. در نتیجه به خاطر تغییر مکان چارج q با سرعت ثابت باید قوه $=$ ' در جهت ساحه یعنی در جهت تغییر مکان بالای آن وارد گردد (شکل 17). کاری که از طرف ما در این تغییر مکان انجام گردیده عبارت است از:

$$\begin{aligned} &= 'd \cdot co \alpha \\ &= \cdot \cdot d \end{aligned}$$

در این مثال نیز کار اجرا شده ما مثبت است و انرژی مصرف شده به شکل انرژی پوتانشیل برقی در چارج q ذخیره میشود. هر گاه چارج q در نقطه B رها گردد، در جهت مخالف ساحه به حرکت شروع می نماید. در این حالت از انرژی پوتانشیل برقی آن کاسته شده و به انرژی حرکتی تبدیل میشود.

از این مثال ها چه نتیجه می گیرید؟

از این مثال ها نتیجه میشود که بالای چارج ها کار اجرا شده از طریق ما مثبت بوده و انرژی مصرف شده به شکل انرژی پوتانشیل برقی در چارج q ذخیره میشود، و زمانیکه چارج رها گردد، در جهت مخالف ساحه به حرکت آغاز مینماید. در اینحالت انرژی پوتانشیل برقی آن کاهش یافته و به انرژی حرکتی تبدیل میشود.

از مثال های فوق نتیجه میشود که: زمانیکه یک چارج برقی را در یک ساحه برقی تغییر مکان



می دهیم در انرژی پتانسیل برقی آن تغییر بوجود می آید و این تغییر مساوی به انرژی است که برای تغییر مکان چارج به مصرف می رسد یعنی:

$$\Delta = \dots\dots\dots(1)$$

اگر کاری را که ما برای تغییر مکان (با سرعت ثابت) چارج برقی به مصرف میرسانیم مثبت باشد (>0) ، انرژی پتانسیل چارج افزایش می یابد، یعنی $\Delta u > 0$ و $u_1 > u_2$ میشود. هرگاه کار اجرا شده منفی باشد (<0) ، انرژی پتانسیل چارج کاهش می یابد یعنی $\Delta u < 0$ و $u_1 < u_2$ است. در اینجا u_1 انرژی پتانسیل چارج قبل از تغییر مکان و u_2 بعد از تغییر مکان است.

6-4-1: مفهوم پتانسیل برقی

از توضیح فوق با مفهوم انرژی پتانسیل برقی آشنا شدیم. هرگاه انرژی پتانسیل بالای چارج واقع شده در ساحت برقی تقسیم گردد، کمیت فیزیکی حاصل می گردد که تابع توزیع چارج منبع میباشد. نسبت انرژی پتانسیل بر چارج واحد ($\frac{u}{q}$) تابع قیمت ه نبوده و در هر نقطه ساحت برقی دارای عین قیمت میباشد، این کمیت ($\frac{u}{q}$) بنام پتانسیل برقی (یا بصورت ساده پتانسیل) یاد میشود و آنرا توسط حرف V نشان می دهند. بنابراین در هر نقطه ساحت برقی،

$$u = \frac{u}{q}$$

پتانسیل برقی عبارت است از:

$$0$$

چون انرژی پتانسیل برقی یک کمیت مقیاسی است پس پتانسیل برقی نیز کمیت مقیاسی میباشد. پتانسیل تنها مشخصه ساحت است که تابع ذره چارج دار امتحانی است که در ساحت واقع است. انرژی پتانسیل، مشخصه سیستم چارج و ساحت است که سبب عمل متقابل ساحت و ذره چارج دار واقع شده در ساحت میگردد.

6-4-2: تفاوت پتانسیل

قبلاً با مفهوم پتانسیل برقی آشنا شدیم. هم چنان از میخانیک میدانیم که هر گاه دو ظرفی که دارای آب باشند، توسط یک فل با یکدیگر وصل گردند آب از ظرفی که پتانسیل جاذبوی واحد کنتله آن بیشتر باشد به ظرف دیگر جاری می گردد. در برق نیز، سبب حرکت چارج برقی عبارت از تفاوت در انرژی پتانسیل برقی، چارج واحد بین دو نقطه است که طور ذیل تعریف می گردد:

هر گاه یک چارج واحد از نقطه اول به نقطه دیگر تغییر مکان نماید، تفاوت پتانسیل بین این دو نقطه مساوی به تفاوت بین انرژی پتانسیل یک چارج برقی واحد مثبت بین نقاط مذکور می باشد. بنابراین اگر انرژی پتانسیل یک چارج مثبت q در یک نقطه ساحة برقی u_1 و در نقطه دیگر آن u_2 باشد، تفاوت پتانسیل برقی بین این دو نقطه که توسط Δ نشان داده میشود از رابطه ذیل حاصل می گردد:

$$\Delta = u_2 - u_1 \quad \text{یا} \quad \Delta u = u_2 - u_1$$

با در نظر داشت تفاوت پتانسیل برقی داریم که:

$$\Delta = \frac{\Delta u}{\dots\dots\dots(2)}$$

در این رابطه u به ژول (q ، به کولمب (C) و V به ولت (V) اندازه می شود.
مثال:

تفاوت پتانسیل بین دو انجام یک بتری، $12V$ است، اگر یک چارج $1.5C$ از انجام مثبت بتری الی انجام منفی بتری تغییر مکان نماید، انرژی پتانسیل برقی چارج چقدر و چگونه تغییر مینماید؟

حل:

$$\Delta = \frac{\Delta u}{\dots\dots\dots}$$

با استفاده از رابطه (2) داریم که :

$$\Delta u = \Delta \cdot (-)$$

$$\Delta u = 1.5(-12) = -18$$



علامه منفی نشان می دهد که انرژی پوتانشیل برقی به اندازه 18 کاهش یافته است. یعنی چارج برقی از پوتانشیل بلند به پوتانشیل پایین تغییر مکان کرده است. _ پوتانشیل انجام منفی بتری و + پوتانشیل انجام مثبت بتری است. چنانچه در مثال ذکر گردیده است که چارج $1.5C +$ از انجام مثبت بتری به انجام منفی تغییر مکان مینماید. بنابراین تفاوت (-12) ، $(-)$ ، $(+)$ میباشد.

3-4-6: رابطه بین پوتانشیل و سازه برقی

هر گاه چارج q در سازه برقی $\rightarrow$ قرار گیرد، چنانچه میدانیم بالای چارج قوه یی عمل می نماید که عبارت است از $\rightarrow$ $=$

اگر چارج توسط یک قوه خارجی در بین سازه حرکت داده شود، کار اجرا شده توسط سازه بالای چارج، مساوی به کار منفی است که توسط قوه خارجی به سبب تغییر مکان آن انجام می یابد. این مشابه به حالتی است که در سازه جاذبه زمین بالای جسمی با کتله m کار اجرا شده توسط قوه خارجی mgh و کار اجرا شده توسط قوه جاذبه $mgh -$ میباشد.

اگر چارج از محل خود به فاصله ΔS تغییر مکان نماید، کار اجرا شده بالای چارج توسط سازه برقی عبارت است از:

$$\Delta S = \cdot \Delta S$$

اگر چارج از محل خود به فاصله ΔS تغییر مکان نماید، کار اجرا شده بالای چارج توسط سازه برقی عبارت است از:

$$\Delta S = - \cdot \Delta S$$

چون این کار توسط سازه برقی اجرا گردیده است، پس انرژی پوتانشیل سیستم سازه چارج، به اندازه $\Delta S = - \cdot \Delta S$ تغییر مینماید.

برای تغییر مکان چارج از نقطه A به نقطه B تغییر انرژی پوتانشیل $u_A - u_B = \Delta u$ عبارت است از

$$\Delta u = - \cdot \Delta S$$


چون $\Delta u = \Delta$ است، بنابراین از رابطه فوق حاصل می گردد که:

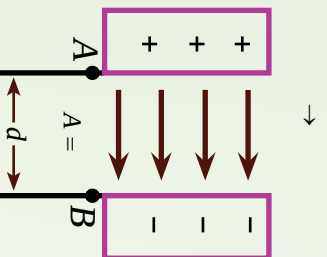
$$\Delta = \Delta S \cdot \Delta$$

معادله فوق رابطه بین تفاوت پتانسیل و ساحه را نشان می دهد. در این رابطه، ΔS فاصله بین A، B است، از اینجا معلوم میشود که تفاوت پتانسیل مربوط به موقعیت های اول و دوم چارج میباشد، نه تابع مسیر تغییر مکان چارج.

مثال: یک پروتون از حالت سکون در بین ساحه منظم برقی $8.0 \times 10^4 \text{ m}$ رها میگردد، شکل (6-13).

پروتون در جهت ساحه برقی به اندازه 0.5 cm تغییر مکان می نماید.

a. تفاوت پتانسیل را بین نقاط A و B در یافت نمایید.



شکل (6-13)

داریم که:

$$\Delta = -d = -(8.0 \times 10^4 \text{ m})(0.50 \text{ m}) = -4.0 \times 10^4 \text{ m}$$

b. تفاوت انرژی پتانسیل سیستم پروتون- ساحه را برای این تغییر مکان در یافت نمایید.

حل: با استفاده از معادله $\Delta u = \Delta \cdot \Delta u$ میتوانیم بنویسیم که:

$$\begin{aligned} \Delta u &= \Delta \cdot \Delta u \\ &= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(-4.0 \times 10^4 \text{ V}) \end{aligned}$$

علامه منفی بیان می کند وقتیکه پروتون در جهت ساحه برقی حرکت می کند، از انرژی پتانسیل آن کاسته میشود. زمانیکه پروتون در جهت ساحه، تعجیل می گیرد، انرژی حرکی آن تزايد. و در عین زمان انرژی پتانسیل آن کاهش می یابد.

تطبیقات:

در نقطه بی که از چارج $2\mu c$ به فاصله $20cm$ واقع است، پتانسیل مطلقه را دریافت نمایید.

حل: چون $r = 20\text{ cm} = 0.2\text{ m}$ و $c = 2 \times 10^6 \mu c$ است

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4\pi \epsilon_0 r} \\ &= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{c}^2 \frac{2 \times 10^{-6} c}{0.20\text{m}} = 90000 \end{aligned}$$

از اینجا

6-5: خازن

هر خازن متشکل از دو هادی میباشد که توسط یک عایق از همدیگر جدا شده میباشد. خازن میتواند یک اندازه چارج ذخیره نماید و در وقت ضرورت آنرا به سرکت بدهد. اینکه خازن یک اندازه چارج ذخیره مینماید پس هر خازن یک ظرفیت دارد و اینکه ظرفیت چیست آنرا قرار ذیل مطالعه مینماییم.

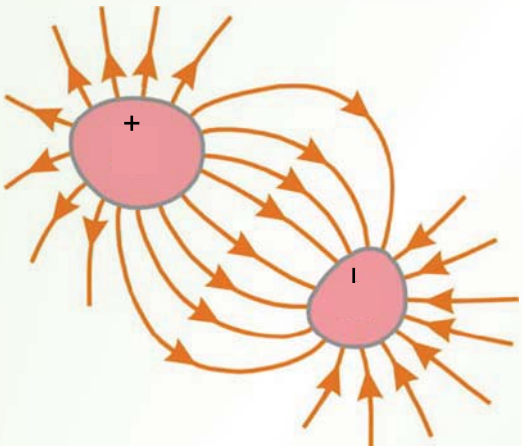
6-5-1: مفهوم ظرفیت

دو هادی را در نظر میگیریم که دارای چارج های مساوی و مختلف علامه باشند، چنانچه در شکل (6-14) نشان داده شده است. این نوع ساختمان دو هادی را خازن گویند. هادی ها را بنام لوحه ها یاد می کنند. در هادی به سبب ذخیره شدن چارج ها بین آنها تفاوت پتانسیل Δ بوجود می آید تجربه نشان می دهد، مقدار چارج که بالای خازن ذخیره میشود متناسب به تفاوت پتانسیل بین هادی ها میباشد، یعنی:

$$= C \cdot \Delta$$

تناسب مربوط به شکل هادی ها و فاصله بین شان ثابت میباشد.

این رابطه را میتوانیم چنین بنویسیم:
در اینجا C را ظرفیت خازن گویند و چنین تعریف میشود:



شکل (6-14)

نسبت چارج هر هادی بر تفاوت پوتانشیل بین هادی ها بحیث ظرفیت خازن تعریف شده است.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \dots\dots\dots (1)$$

گفتنیست که به اساس تعریف، ظرفیت همیشه یک کمیت مثبت است. بر علاوه در رابطه فوق (1) چارج و تفاوت پوتانشیل همیشه کمیت های مثبت میباشند. چون تفاوت پوتانشیل به نسبت چارج ذخیره شده بطور خطی مزاید مینماید، پس نسبت $\frac{Q}{\Delta V}$ برای یک خازن معین ثابت است. بنابراین ظرفیت خازن عبارت از قابلیت مقدار ذخیره کردن چارج میباشد. از رابطه فوق (1) میبینیم که واحد ظرفیت در سیستم SI کولمب برولت است که بنام فاراد (Farad) یاد میشود، که نام عالم انگلیسی مایکل فاراد میباشد.

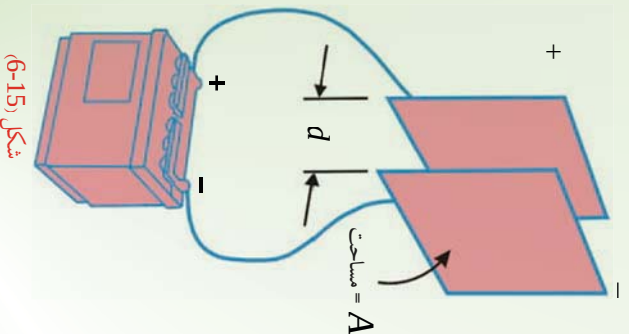
فاراد واحد خیلی بزرگ ظرفیت است. در عمل ظرفیت آله های معمولی از میکروفاراد الی پیکوفاراد (10^{-12}) میباشد. ما برای میکروفاراد سمبول μ را بکار می بریم و برای پیکوفاراد pF را مینویسیم.

2-5-6: خازن لوحه های موازی

مطابق شکل (6-15) دو لوحه موازی فلزی را در نظر می گیریم که دارای مساحت A و فاصله بین شان d باشد. یک لوحه دارای چارج Q^+ و لوحه دیگر آن دارای چارج Q^- میباشد. حال مطالعه مینماییم که ساختمان هندسی این هادی ها در ذخیره کردن چارج چه اثر دارد.

برای این مقصد خازن لوحه های موازی را با بتری وصل میکنیم. ویک مرتبه دیگر یادآور میشویم که چارج های هم علامه یکدیگر را دفع می نمایند.

وقتیکه لوحه های خازن به بتری وصل گردید، خازن به چارج شدن آغاز مینماید، الکترون ها به آن لوحه یی جاری میشود که به انجام منفی بتری وصل است و از آن لوحه یی خارج میشود که به انجام مثبت بتری اتصال دارد. به هر اندازه که مساحت لوحه ها زیاد باشد، در تفاوت پوتانشیل معین بالای یک لوحه مقدار چارج ذخیره شده



شکل (6-15)

نیز زیاد می باشد. بنا بر آن گفته می توانیم که ظرفیت با مساحت لوحه ها (A) متناسب است، یعنی: (C A)

حال فاصله یی را در نظر می گیریم که لوحه ها را از همدیگر جدا می سازد. هر گاه تفاوت پوتانشیل بین انجام های باتری ثابت باشد، پس زمانی که d کاهش می یابد باید مساحت برقی بین لوحه ها زیاد گردد. فرض می نماییم که ما لوحه ها را با یکدیگر نزدیک می کنیم و حالت قبلی چارج را مطالعه می نماییم که می تواند در مقابل این تغییر حرکت نماید. چون هیچ چارج حرکت نمی کند، مساحت برقی بین لوحه ها دارای عین قیمت می باشد، مگر نسبت به حالت قبلی در فاصله کوتاه تر امتداد می داشته باشد. بنابراین تفاوت پوتانشیل بین لوحه ها ($d = \Delta$)، نسبت به قبل کوچک می شود. حال تفاوت پوتانشیل بین انجام های سیم های که باتری را با خازن وصل می نماید، بحيث تفاوت بین ولتج این خازن جدید و ولتج انجام های باتری وجود دارد. به سبب این تفاوت پوتانشیل در سیم ها مساحت برقی بوجود می آید که چارج های بیشتر را به طرف لوحه ها انتقال می دهد و بین لوحه ها سبب از دیاد تفاوت پوتانشیل می گردد. زمانی که تفاوت پوتانشیل بین لوحه ها به اندازه باتری گردد، تفاوت پوتانشیل بین سیم ها صفر می شود و جریان چارج ها توقف می نماید. بنابراین باز نزدیک کردن لوحه ها بالای خازن، چارج تراید می نماید. هرگاه d زیاد گردد، چارج کاسته می شود. در نتیجه گفته می توانیم که ظرفیت خازن لوحه های موازی با d رابطه معکوس دارد، یعنی: $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$

اگر بین دو لوحه خازن خلا باشد، ظرفیت خازن لوحه های موازی از رابطه ذیل حاصل می گردد: در این رابطه، ϵ_0 ضریب نفوذ برقی در خلا است.

در اینجا A به متر مربع، d به متر و C توسط فاراد اندازه می شود.

اگر فضای بین دو لوحه های خازن موازی، توسط عایق (دای الکتریک) مانند شیشه یا پارافین مملو گردد، ظرفیت خازن تراید می نماید. در این حالت ظرفیت خازن از رابطه ذیل حاصل می شود.

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

در این رابطه k یک کمیت بدون بعد است که آنرا ثابت عایق گویند. ثابت عایق مربوط به عایق می باشد. اگر بین دو لوحه خلا باشد $k=1$ است.

مثال: یک خازن لوحه های موازی را با یک باتری که دارای تفاوت پوتانشیل 24 است وصل می نماییم. هرگاه بالای لوحه های خازن $120 \mu C$ چارج ذخیره شود، ظرفیت خازن را حساب



نمائید. اگر خازن در انجام های بتری وصل گردد که دارای تفاوت پوتانشیل 36 باشد، مقدار چارج ذخیره شده در آن چند خواهد شد؟

$$C = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{24} C$$

حل: با استفاده از رابطه $C = \frac{Q}{\Delta V}$ داریم که :

$$C = 5 \times 10^{-6} = 5 \mu$$

رابطه فوق را میتوانیم به شکل $C = C_0$ بنویسیم. و با استفاده از این رابطه داریم که:

$$= 5 \times 36 = 180 \mu C$$

مثال: یک خازن لوحه های موازی را در نظر بگیرید که دارای شکل مستطیل بوده، طول آن 60cm و عرض آن 20cm باشد. اگر فضای بین لوحه های این خازن مملو از ماده عایقی باشد که دارای ثابت عایق 10 باشد. ظرفیت این خازن را محاسبه نمایید.

$$\epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

حل: با استفاده از رابطه $C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$ داریم که:

$$C = 10 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{20 \times 60 \times 10^{-4}}{1.5 \times 10^{-3}}$$

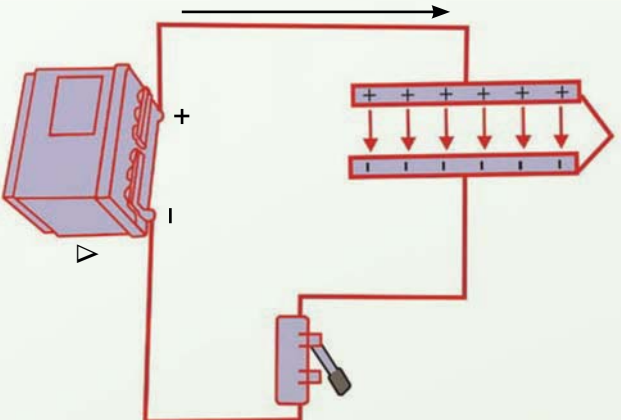
$$C = 7.2 \times 10^{-9} = 7.2n$$

3-5-6: انرژی یک خازن چارج دار

شکل (16 6) بتری را نشان می دهد که در یک سرکت با یک خازن لوحه های موازی از طریق یک سوئیچ وصل گردیده است. وقتی که سوئیچ وصل گردد، بتری در سیم ها ساحتی برقی را تولید مینماید و بین سیم ها و خازن، چارج ها به حرکت می افتند. زمانیکه این حالت واقع میشود در داخل سیستم، انرژی انتقال می گردد. قبل از اینکه سوئیچ وصل گردد این انرژی به شکل انرژی کیمیای در بتری ذخیره میشود. این انرژی زمانی انتقال می گردد که بتری در سرکت در حال فعالیت باشد و در داخل بتری تعامل کیمیای صورت بگیرد. و قتی که سوئیچ وصل شود ، یک اندازه انرژی کیمیای بتری به انرژی پوتانشیل برقی دارای چارج های مثبت و منفی مربوط بالای لوحه ها تبدیل می گردد. در نتیجه گفته میتوانیم که بر



ساحهٔ برقی در وایر



شکل 6-16

علاوهٔ چارج، انرژی نیز ذخیره می کند.

در حقیقت همان انرژی را که بتری برای چارج

کردن خازن به مصرف می‌رساند، در خازن به

شکل انرژی پوتانشیل برقی ذخیره میشود.

خازن این انرژی را در یک سرکت در ضمن

از دست دادن چارج، ضایع می کند. انرژی

ذخیره شدهٔ خازن را میتوانیم توسط رابطهٔ

ذیل محاسبه نماییم.

$$u = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} c^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{c} \dots\dots\dots (?)$$

مثال: خازنی را که دارای ظرفیت است با

ولتیی وصل می کنیم. چارج و انرژی ذخیره شده را در خازن محاسبه نمایید.

حل: با استفاده از روابطه $(14-1)(17-1)$ داریم که :

$$= c$$

$$= 6 \times 10^{-6} \times 200$$

$$= 1.2 \times 10^{-3} c = 1.2 m c$$

$$u = \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^{-3} \times 200 = 0.12$$

6-5-4: اتصال خازن ها:

گاه گاه حالتی رخ میدهد که در یک سرکت باید از یک ظرفیت معین استفاده نماییم، مگر آنرا به دسترش نداریم. در این حالت میتوانیم خازن ها را با یکدیگر وصل نموده و ظرفیت مورد نیاز را حاصل نماییم. هم چنان میتوانیم در یک سرکت عوض چندین خازن از یک خازن استفاده نماییم. این یک دانه خازن را خازن معادل و ظرفیت آنرا ظرفیت معادل گویند. ظرفیت معادل چندین خازن، مساوی به ظرفیت این خازن است.

هرگاه در سرکت یک خازن به عوض چند خازن گذاشته شود و به آن ولتیج وصل گردد که چند خازن به آن وصل بوده اند، درینصورت انرژی ذخیره شده در این خازن مساوی به انرژی ذخیره شده در مجموعهٔ چندین خازن میششد. خازن ها یا بصورت موازی یا مسلسل با یکدیگر وصل شده میتوانند.



الف) اتصال موازی خازن ها

اگر خازن های C_1 ، C_2 ، و مطابق شکل (6-17) با یکدیگر وصل شوند، گفته میشود که خازن ها بصورت موازی با هم وصل اند. اگر در انجام های این مجموعه خازن ها ولتییج تطبیق گردد، تفاوت پوتانشیل انجام های هر یک از خازن ها خواهد بود. مقدار چارج برقی بالای هر خازن عبارت است از:

$$1 = C_1$$

$$2 = C_2$$

$$3 = C_3$$

مقدار چارج ذخیره شده بالای تمام خازن ها مساوی است به :

$$= 1 + 2 + 3$$

اگر یک خازن معادل با ظرفیت C_e با همین ولتییج وصل گردد. چارج ذخیره شده بالای آن $C_e = C_e$ است. در نتیجه داریم که :

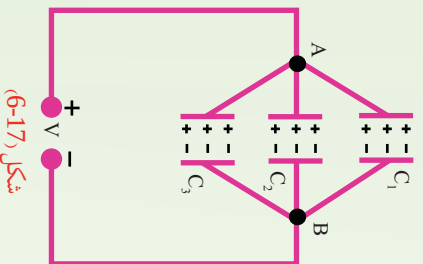
$$= C_e$$

$$1 + 2 + 3 = C_e$$

$$(C_1 + C_2 + C_3) = C_e$$

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

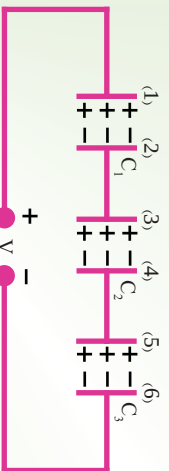
ظرفیت معادل یک ترکیب خازن های موازی، مساوی به مجموعه ظرفیت های همه خازن ها بوده و از ظرفیت هر خازن جدا گانه بیشتر میباشد.



شکل (6-17)

ب) اتصال مسلسل خازن ها

در شکل (6-18) ذیل سه خازن بصورت مسلسل با یکدیگر وصل گردیده اند. هرگاه یک اتصال مسلسل خازن ها به یک ولتییج وصل گردد، دیده میشود که هیچ کدام از این خازن ها بطور مستقل با ولتییج V وصل نمیشاند.



شکل (6-18)

اگر بالای لوحه (1) چارج + ذخیره شود، بالای لوحه (2)، چارج - القأ می گردد. بنابراین بالای لوحه (3)، چارج + ذخیره میشود. به این ترتیب چارج هر خازن با برابر است. هم چنان چارج ذخیره شده بالای مجموعه خازن ها نیز میباشد. اگر ولتییج خازن ها به ترتیب، 1 ، 2 و باشد، ولتییج انجام های سرکت مساوی به مجموعه ولتییج های انجام های خازن ها میباشد.

$$= \frac{1}{1} + \frac{2}{2} + \frac{3}{3}$$

اگر عوض 1 ، 2 ، و قیمت های مساوی آن ها را $c_1 = 1$ ، $c_2 = 2$ وضع نماییم، نتیچه میشود که:

$$= \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$

اگر C_e ظرفیت معادل باشد، زمانیکه باولتییج V وصل گردد، چارج آن نیز مساوی به Q خواهد بود. و در نتیچه چون $\overline{C_e} =$ است. با وضع کردن $\overline{C_e}$ به عوض V نتیچه میشود که:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$

و یا:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$

بنابراین، هرگاه خازن ها با یکدیگر بصورت مسلسل وصل شوند، چارج هر خازن مساوی به چارج خازن معادل آنها و معکوس ظرفیت معادل مساوی به حاصل جمع معکوس ظرفیت های هر خازن می باشد. ظرفیت معادل از کو چکترین ظرفیت آن ها هم کو چکتر است.

مثال: در انجام های یک مجموعه سه خازن که دارای ظرفیت های 6μ ، 3μ و 2μ اند و بصورت مسلسل با همدیگر وصل اند. ولتییج 150 را تطبیق می نماییم. الف: ظرفیت خازن معادل را در یافت نمایید.



ب : چارج هر خازن را حساب نماييد.

ج : ولتيج انجام هاي هر خازن را محاسبه نماييد.

حل: با استفاده از رابطه (زير) داريم كه :

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_e} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ \frac{1}{C_e} &= \frac{1}{6\mu} + \frac{1}{3\mu} + \frac{1}{2\mu} \\ \frac{1}{C_e} &= \frac{1}{(1+2+3)} \\ \frac{1}{C_e} &= 1\mu \\ \frac{1}{C_e} &= 1\mu\end{aligned}$$

ب : چارج برقي هر خازن مساوي با چارج خازن معادل است.

$$= C$$

$$= 1 \times 150 = 150\mu C$$

$$1 = 2 = 3 = 150\mu C$$

ج : با استفاده از رابطه $C = \frac{Q}{V}$ داريم كه :

$$= \frac{Q}{V}$$

$$1 = \frac{150}{6} = 25$$

$$2 = \frac{150}{3} = 50$$

$$3 = \frac{150}{2} = 75$$



ممکن است در یک سرکت، خازن بصورت مغلق با هم وصل گردیده باشند. در اینحالت میتوانیم با استفاده از ترکیب موازی و مسلسل خازن ها، ظرفیت های خازن ها را محاسبه کرده و سرکت را ساده نماییم و در نتیجه ظرفیت معادل را حاصل کنیم.

خلاصه فصل:

- چارج های هم علامه یکدیگر را دفع و چارج های با علامه های مختلف یکدیگر را جذب مینمایند.
- قانون کولمب بیان میکند که قوه جذب یا دفع بین دو ذره چارج دار و با حاصل ضرب چارج های هر دو ذره رابطه مستقیم و با مربع فاصله بین ذرات رابطه معکوس دارد، یعنی:

$$\frac{1}{r^2}$$

و یا:

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2}$$

در اینجا $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ثابت تناسب است.

- در هر نقطه فضا قوه برقی وارده بالای یک چارج واحد مثبت بنام ساحه برقی در همان نقطه یاد میشود یعنی:

$$= -$$

- خطوط ساحه برقی در یک قسمت فضا ساحه برقی را به وجود می آورد. تعداد خطوطی که از واحد مساحت سطح عمود بالای خطوط عبور می کند در همان قسمت متناسب به مقدار E میباشد.

- هر گاه چارج q در بین ساحه برقی E بین نقاط A و B حرکت نماید، تغییر انرژی پتانسیل چارج عبارت است از:

- پتانسیل $U = -$ یک کمیت مقیاسی است و دارای واحد $\frac{1}{c}$ میباشد. در حالیکه $1 - \frac{1}{c}$ است.



• در بین یک ساحة برقي E بين نقاط A و B تفاوت پوتانشيل Δ طور ذيل تعريف ميشود:

$$\Delta u = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \text{در اینجا } d = |\vec{s}| \text{ است.}$$

• خازن عبارت از ساختمان دو هادی است که مقدار چارج های مساوی و مختلف علامه را انتقال می دهد.

• نسبت چارج هر هادی خازن بالای تفاوت پوتانشيل (انرژی ذخيره وی) بين هادی خازن عبارت از ظرفيت خازن ميشند يعنی:

$$C = \frac{Q}{\Delta u}$$

واحد ظرفيت در سيستم SI کولمب بر ولت يا فاراد () است، $C = 1 \text{ ف}$.

• هر گاه دو يا بيشتر خازن ها بطور موازی باهم وصل گرديده باشند، لوحه های تمامی آنها دارای عين تفاوت پوتانشيل ميشند. ظرفيت معادل ترکيب موازی خازن ها عبارت است از:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

• اگر دو يا بيشتر خازن ها بطور مسلسل وصل گرديده باشند، تمام خازن ها دارای عين مقدار چارج ميشند و ظرفيت معادل ترکيب مسلسل خازن ها عبارت است از:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

• انرژی ذخيره شده در یک خازن معادل به انرژی است که در عملیة چارج شدن خازن، چارجها از هادی با پوتانشيل پايين به هادی به پوتانشيل بلند انتقال می نمايد. در خازنی که دارای چارج باشد، انرژی ذخيره شده عبارت است از :

$$u = \frac{1}{2} C \Delta u^2 = \frac{1}{2} \Delta u^2$$



سوالات اخیر فصل:

1. شما یک میله هادی که دارای چارج منفی است و یک کره هادی بدون چارج را که بالای یک پایه عایق گذاشته شده است در اختیار خود دارید. با ترسیم شکل نشان دهید که چگونه میتوانیم:

الف: کره را مثبت چارج نماییم.

ب : کره را منفی چارج نماییم.

2. دو جسم بدون چارج را چگونه میتوانیم چارج دار سازیم.

3. اگر فاصله بین چارج نقطه بی نصف گردد بالای قوه بین آنها چه واقع میشود؟

4. دو چارج نقطه بی $\mu\text{C} +$ و $5\mu\text{C} -$ به فاصله 50cm از یکدیگر قرار دارند. قوه جاذبه بی را در یافت نمایید که هر کدام بالای دیگری وارد مینمایند.

5. فاصله بین دو الکترون را در حالی در یافت نمائید که قوه بین آنها برابر با وزن یک الکترون باشد.

6. دو چارج $2 \times 10^{-7} \text{ C} +$ و $5 \times 10^{-7} \text{ C} -$ به فاصله 50cm از همدیگر قرار دارند. نقطه بی را در یافت نمایید که در آن ساحت تولید شده توسط چارج متذکره صفر باشد.

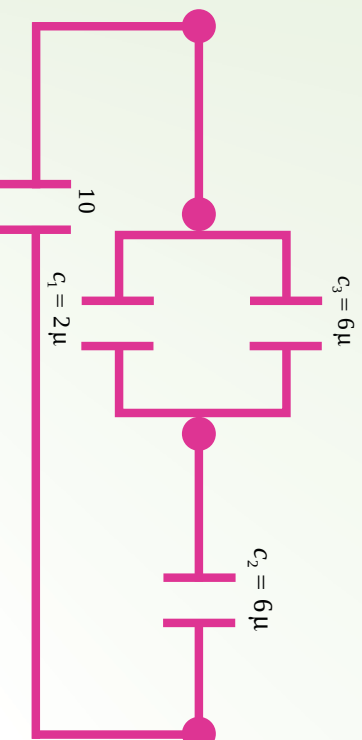


7. دو لوحه فلزی به فاصله 0.3cm از یکدیگر قرار دارند. آن ها با باتری 9V وصل گردیده است. ساحة برقی را بین لوحه ها در یافت نمایید.

8. به یک خازن که دارای ظرفیت 25μ است، ولتیی 1000 را تطبیق می نماییم. چارج را بالای خازن محاسبه نمایید.

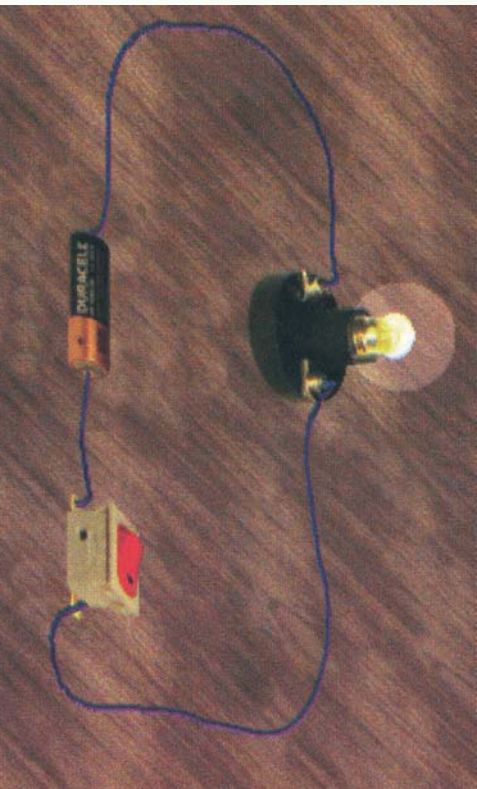
9. یک خازن که دارای ظرفیت 12μ است تازمانی چارج میشود که تفاوت پوتانشیل بین لوحه های آن به 250 برسد. انرژی ذخیره شده را در خازن در یافت نمایید.

10. شکل مقابل را در نظر بگیرید. ظرفیت معادل و چارج را بالای هر خازن در یافت نمایید.



فصل هفتم

جریان برق و سرکت

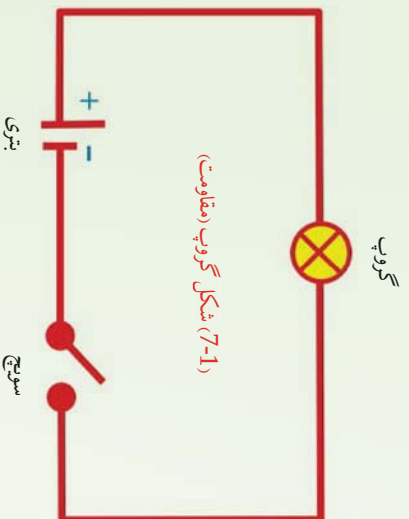


در شکل فوق چه چیز را می بینید؟ واضح است که خواهید گفت، بتری، گروپ، سوئیچ ولین ها همین ترکیب را سرکت گویند. در حقیقت شما یک سرکت ساده

را می بینید. آیا شما فکر کرده اید که در سرکت گروپ چگونه روشن میشود؟ حتمی خواهید گفت که جریان برق در آن جاری میشود. جریان برق چیست؟ در مورد جریان برق بعداً در همین فصل بحث خواهد شد. شما توجه نمایید در داخل گروپ یک سیم کوچک فلز مانند وجود دارد که روشن میشود. این سیم عبارت از یک مقاومت است. بنابراین در مورد مقاومت، انواع مقاومت و ترکیب مقاومت ها در سرکت در همین فصل طور مفصل بحث می شود. شما می بینید و قتیکه سوئیچ وصل گردد گروپ روشن میشود زیرا که در سرکت چارج ها جاری می گردد. جاری شدن چارج ها سبب روشن شدن گروپ میشود پس گفته میتوانیم که سرکت برقی مسیری است که چارج ها در آن جاری میشود. در شکل فوق مسیری از یک انجام (ترمینال) بتری از طریق عناصر شامل سرکت تا انجام (ترمینال) دیگر بتری را مسیر مکمل گویند، والکترون ها از یک انجام بتری الی انجام دیگر آن از همین طریق حرکت مینمایند و گروپ را روشن میکند. یعنی مسیر حرکت الکترون ها باید یک حلقه بسته باشد. این حلقه بسته را سرکت گویند. اگر در سرکت سوئیچ را باز نمایید، آیا گروپ روشن میشود؟ نه خیر، زیرا در این حالت چارج جاری نشده و جریان وجود ندارد.

این حالت را سرکت باز گویند و در صورت سرکت باز گروپ روشن نمیشود.

هرگاه از سرکرت بتری را بردارید آیا گروپ روشن باقی میماند؟ واضح است که نه خیر. از اینجا



بدهد آنرا چگونه میتوانیم حل نماییم؟ برای حل سرکرت مغلق از قانون اول و دوم کرشهوف استفاده می گردد. در مورد این قوانین نیز در همین فصل بحث میشود. هم چنان بعضی تجارب مثال ها و سوالات حل شده نیز در همین فصل گنجانیده شده است.

سرکرت فوق توسط دیاگرام ذیل نیز نشان داده میشود. در آن بتری توسط دو خط موازی مگر قطب مثبت بتری توسط خط طویل و قطب منفی آن توسط خط کوتاه نشان داده میشود. سوئیچ و گروپ نیز با سمبول های مربوط نشان داده میشود. قبلاً ذکر گردید که گروپ توسط جاری شدن جریان برق روشن می گردد، اینکه جریان چیست، طور ذیل مطالعه می گردد.

7-1: جریان برق

دو ظرفی را در نظر بگیرید که توسط یک نل باهم وصل شده باشند، طوریکه یک ظرف در محل بلند و ظرف دیگر نسبت به آن پایین تر گذاشته باشد. اگر در ظرفی که بلند گذاشته شده است آب بریزید، آب به ظرفی که پایین گذاشته شده است جاری خواهدشد. چرا؟ زیرا که تفاوت ارتفاع بین دو ظرف در حقیقت تفاوت انرژی پتانسیل بین دو ظرف را نشان می دهد و سبب جاری شدن آب می گردد. به عین ترتیب اگر در انجام های یک هادی تفاوت پتانسیل برقی تطبیق گردد که این تفاوت توسط بتری یا منبع دیگری تهیه می گردد، از هادی چارج های برقی عبور مینماید. اگر در این حالت یک مقطع عرضی هادی در نظر گرفته شود، در زمان

t از این مقطع چارج q عبور می نماید عبور چارج های برقی از هر مقطع عرضی یک هادی عبارت از جریان برق میباشد. و آنرا توسط حرف I نشان می دهند یعنی: $I = \frac{q}{t}$
 واحد جریان برق امپیر است و توسط نشان داده میشود. مطابق قرار داد جهت مثبت جریان در یک سرکت از قطب مثبت به طرف قطب منفی قبول گردیده است. برای اندازه کردن جریان برق از امپیر متر استفاده میشود که در سرکت بصورت مسلسل وصل می گردد.

مثال:

در یک سرکت 1.2 جریان برق جاری است. در ظرف نیم دقیقه از مقطع عرضی سرکت چند کولمب چارج برقی عبور مینماید.

حل: چارج برقی متحرک را میتوانیم از رابطه $I = \frac{q}{t}$ محاسبه نماییم.

$$I = 1.2 A, \quad t = 0.5 \times 60 = 30s \quad q = ?$$

$$q = It = 1.2 A \times 30s = 36 \text{ Coul}$$

برای بیان قانون تحفظ چارج تجربه ذیل را انجام می دهیم:

تجربه:

مواد مورد ضرورت:

- باتری 1.5 ولت دو عدد، گروپ 1.5 ولت دو عدد، امپیر متر یک دانه، سوئیچ، لین های اتصالی.

طرز العمل:

- سرکت را مطابق شکل (2-7)

الف) وصل نمایید.

- سوئیچ را وصل نموده

و جریان را از امپیر متر بخوانید.

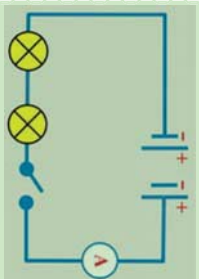
- محل امپیر متر را مطابق

شکل (2-7 ب) تغییر دهید

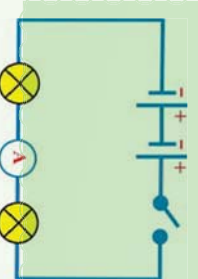
و جریانی را که نشان می

دهد آنرا بنویسید.

شما خواهید دید که امپیر متر



(الف)



(ب)



شکل (2-7)

در هر دو محل عین جریان را نشان می دهد و هم چنان نتیجه میشود که چارج در یک سرکت نه بوجود می آید و نه هم از بین می رود و تعریف جریان برق نیز نشان می دهد که هر مقدار چارجی وارد هر مقطع عرضی سرکت میشود همان مقدار از مقطع عرضی متذکره خارج می گردد. بنابراین امپیرمتر در هر محل سرکت عین جریان را نشان می دهد.

سوال:

آیا شما در ازدحام شهر عقب کاری مهمی به عجله رفته اید؟
اگر این کار را کرده باشید پس در وقت رفت و آمد حتماً با مردم دیگر تصادم هم کرده اید واضح است که در هر تصادم در سرعت حرکت شما کاهش بوجود می آید و انرژی تان کم میشود و احساس گرمی مینمایید در اجرای کار مهم سبب میشود که سرعت حرکت تان را دوباره زیاد نمایید.
به نظر شما بین حرکت چارج هادی و حرکت یک شخص در ازدحام شباهت وجود دارد؟

در ازدحام مقابل حرکت یک شخص یک نوع مقاومت وجود دارد که سرعت و انرژی شخص را کاهش می دهد. و در هادی در مقابل حرکت الکترون ها اتوم ها و مالیکول های هادی اند که الکترون ها با ایشان تصادم کرده و انرژی خود را از دست می دهد. برای مقایسه روشنایی گروپ ها به صورت اتصال یک و دو گروپ در یک سرکت تجربه ذیل را انجام میدهیم:

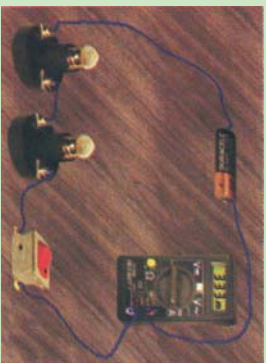
تجربه:

مواد مورد ضرورت:

- بطری 1.5 ولت دو عدد، گروپ 1.5 ولت دو عدد، آمپیرمتر یک دانه، سوئیچ، سیم های اتصال به اندازه ضرورت

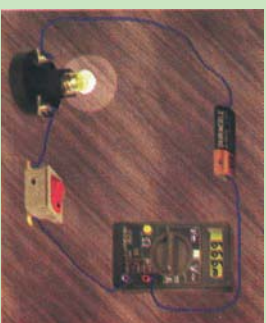
طرز العمل:

- 1- بطری ولت، یک دانه گروپ 1.5 ولت و آمپیرمتر را مطابق شکل (الف-3) وصل نمایید.
- 2- سوئیچ را وصل نمایید و قسمتی را که آمپیرمتر نشان می دهد آنرا یاد داشت نمایید.
- 3- سوئیچ را قطع نموده و هر دو گروپ را مطابق شکل (ب-3) وصل نمایید.
- 4- سوئیچ را وصل نموده و قسمتی را که آمپیرمتر نشان می دهد یاد داشت نمایید.



(ب)

شکل (3-7)



(الف)

نتیجه:

با انجام دادن در تجربه دوم چنین نتیجه می گیریم که روشنی گروپ نسبت به تجربه اول کاهش می یابد.

سوالات:

- 1- چگونه میتوانید گروپ را روشن سازید؟
- 2- اگر سوئیچ را قطع نمایید گروپ روشن باقی میماند؟
- 3- عنصری که در یک سرکت انرژی را ضایع مینماید بنام چه یاد میشود؟

7-2: مقاومت

هرگاه انجام های یک هادی به یک بتری (منبع) وصل گردد، در انجام های هادی تفاوت پوتانشیل بوجود می آید. در نتیجه تطبیق تفاوت پوتانشیل چارج های برقی انرژی حاصل کرده و به حرکت آغاز می نماید. این چارج های متحرک در مسیر خود با اتم های هادی که در اطراف نقطه تعادل خود در حال اهتزاز می باشد تصادم کرده و یک قسمت انرژی خود را از دست می دهد. و سبب میشود که درجه حرارت هادی بلند برود. حرکت چارج ها در هادی مشابه به حرکت یک شخص در ازدحام میباشد. زیرا گفته میتوانیم که هادی دارای مقاومت برقی است.

یعنی جلوگیری از حرکت چارج ها در بین هادی عبارت از مقاومت برقی میباشد. مقاومت برقی را توسط نشان میدهد. واحد مقاومت برقی اوم است و توسط علامه (Ω) نشان داده میشود. این جریان برقی است که به سبب تفاوت پوتانشیل بوجود آمده و گروپ را روشن مینماید. هر عنصری که در یک سرکت انرژی را ضایع می کند بنام لود (مصرف کننده) یاد میشود.

تجربه نشان می دهد که تفاوت پوتانشیل در انجام های یک پارچه هادی مستقیم متناسب با جریان میباشد یعنی:

$$\Delta v \sim I$$

$$\Delta v = R J$$

$$R = \frac{\Delta v}{I}$$

در اینجا R ثابت تناسب و مقاومت هادی است و قیمت آن تابع طبیعت، ابعاد و حالت فیزیکی هادی میباشد. رابطه فوق بطور ساده تعریف مقاومت است و رابطه بین ولتج، جریان برق و مقاومت را تشکیل میدهد. اوم که واحد مقاومت است طور ذیل تعریف می گردد.

هرگاه در انجام های یک هادی تفاوت پوتانشیل یک ولت تطبیق گردد و در آن جریان یک امپیر جاری شود هادی نامبرده دارای مقاومت: یک اوم میباشد. اگر I به امپیر و به ولت اندازه شود، R به اوم (Ohm) اندازه می گردد. اگر L طول وایر و مقطع آن A باشد، مقاومت هادی مساوی است به:

$$R \sim \frac{L}{A}$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



در اینجا P ثابت تناسب است که بنام مقاومت مخصوصه یاد میشود و قیمت تابع ماده است که وایر از آن ساخته شده است. چون $P = R \frac{A}{L}$ است بنابراین واحد مقاومت مخصوصه اوم متر $Ohm \times m$ داست. گاه برای توضیح خاصیت برقی یک ماده کمیتی دیگری به کار برده میشود که بنام هدایت مخصوصه یاد میشود. هدایت مخصوصه معکوس مقاومت مخصوصه است یعنی $\delta = \frac{1}{\rho}$

مثال:

در انجام های یک گروپ تفاوت پوتانشیل $220V$ تطبیق شده است. اگر شدت جریان در گروپ $0.44A$ باشد، مقاومت برقی گروپ را دریافت نمایید.

$$V = 220 V, \quad I = 0.44 A, \quad R = ?$$

حل:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220V}{0.44A} = 500 \Omega$$

سوالات:

1 - در یک سرکت از مقاومت برای چه استفاده مینمایند؟

7-2-1: انواع مقاومت ها

مقاومت ها که بنام عناصر سرکت یاد میشوند در بسیاری از سرکت های برقی جهت کنترل اندازه جریان برق قسمت های مختلف سرکت بکار برده میشود. مقاومت های عادی به دو نوع اند:

یکی آن مقاومت ترکیبی است که دارای کاربن میباشد. و دیگر آن مقاومت وایر پیچده شده است که از وایر یک کوایل را میسازد. قیمت های مقاومت ها توسط Ohm به صورت نورمال توسط رنگ ها نیز مشخص میشود چنانچه در جدول نشان داده شده است.

جدول رنگ های که نشان دهنده قیمت های مقاومت ها است

رنگ	عدد	ضریب	a c
سیاه	0	$1 = 10^0$	
نماری	1	10^1	
سرخ	2	10^2	

	10^3	3	نارنجی
	10^4	4	زرد
	10^5	5	سبز
	10^6	6	نیلی (Blue)
	10^7	7	بنفش
	10^8	8	خاکی (Gray)
	10^9	9	سفید
5%	10^{-1}		طلایی
10%	10^{-2}		نقره ای
20%			بیرنگ (Color less)

حال سوال اینست که این مقاومت ها چگونه در یک سرکت وصل می شوند؟

7-2-2: اتصال مقاومت ها

فرض نماییم که با صدا در آوردن زنگ مکتب رخصت شدید و میخواهید با هم صنفیان خود از صنف و بعداً با گذاشتن از صحن مکتب از مکتب خارج شوید. شما دو راه دارید:

1 - میتوانید از یک دروازه صنف خارج شوید و در صحن مکتب راهی را انتخاب نمایید که در آن گروپ های زیادی از شاگردان یکی پی دیگری ایستاد باشند.

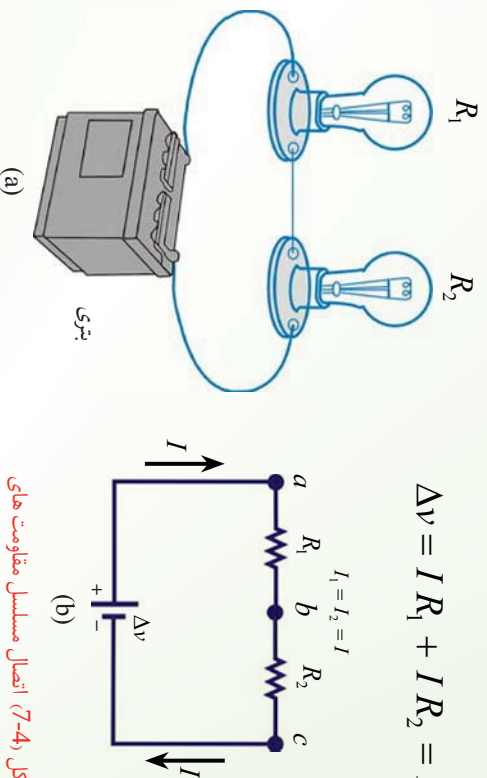
2 - شما میتوانید که بعد از خروج از صنف هر صنفی شما به خاطر عبور از صحن مکتب به راه های تقسیم شوند که در آنجا تنها یک یک گروپ شاگردان ایستاد باشند.

در کدام حالت به وقت کمتر ضرورت است که شما با پیمودن صحن مکتب بیرون شوید؟ واضح است که پیمودن مسیری وقت کمتری را در برمی گیرد که در آن جا تنها یک یک گروپ شاگردان ایستاده اند. میتوانیم مسیری را که در آن گروپ های پی در پی شاگردان ایستاده اند مقاومت های مسلسل و مسیری را که در آن تنها یک یک گروپ شاگردان ایستاده اند مقاومت



های موازی بگوییم، از این تشبه ساده میتوانیم جریان برق را در سرکت های در یافت نماییم که دارای مقاومت های بیشتر باشند. اگر دو مقاومت بیشتر از آن مطابق گروپ های شکل (7-4a) باهم وصل گردیده باشند آنرا اتصال مسلسل گویند. شکل (7-4b) دیاگرام سرکته را نشان می دهند که در آن گروپ مانند مقاومت ها با یک بتری وصل گردیده اند. اگر در یک اتصال مسلسل مقدرا چارج Q که از مقاومت R_1 خارج گردد باید وارد مقاومت R_2 گردد (این مشابه به حالتی است که هم صنفیان شما در صحن مکتب راهی را انتخاب کرده اند که در آن گروپ های زیاد شاگردان یکی بی دیگری ایستاده اند). به این سبب است که عین مقدار چارج از هر دو مقاومت در وقت معین عبور می نماید. بنابراین برای اتصال مسلسل دو مقاومت جریان در دو مقاومت دارای عین مقدار میباشد. زیرا مقدار چارجی که از مقاومت R_1 عبور می نماید باید در عین زمان از مقاومت R_2 نیز عبور نماید. تفاوت پوتانشیل تطبیق شده در انجام های اتصال مسلسل مقاومت بین مقاومت ها تقسیم میشوند. در شکل (7-4b) تفاوت پوتانشیل از a الی b مساوی به $I R_1$ و تفاوت پوتانشیل از b الی c مساوی به $I R_2$ است. تفاوت پوتانشیل از a الی c عبارت از ست از:

$$\Delta v = I R_1 + I R_2 = I (R_1 + R_2)$$



شکل (7-4) اتصال مسلسل مقاومت های

- a- اتصال مسلسل مقاومت های R_1 و R_2 دیاگرام سرکته با دو مقاومت.
- b- دیاگرام سرکته با دو مقاومت. در $R_{eq} = R_1 + R_2$ جریان عین قیمت را دارا است.
- c- یک مقاومت عوض دو مقاومت بکر برده شده است که دارای مقاومت معادل $R_{eq} = R_1 + R_2$ میباشد.

تفاوت پوتانشیل بتری در انجام های مقاومت R_{eq} تطبیق می شود چنانچه در شکل (7-4c) نشان داده شده است. $\Delta v = I R_{eq}$

در اینجا می بینیم که مقاومت معادل بالای جریان عینی اثری دارد که در صورت دو مقاومت داشت. یعنی اگر R_{eq} به همین بتری وصل گردد عین جریان برق حاصل میشود. از ترکیب این دو معادله میتوانیم عوض اتصال مسلسل این دو مقاومت یک مقاومت معادل که قیمت آن مساوی به مجموع قیمت های آن دو مقاومت باشد وصل نماییم.

$$\Delta v = I R_{eq} = I (R_1 + R_2)$$

$$R_{eq} = (R_1 + R_2)$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 +$$

مقاومت R_{eq} عبارت از مقاومت معادل ترکیب دو $R_1 + R_2$ میباشد، زیرا اگر R_{eq} عوض $R_1 + R_2$ گذاشته شود در سرکت جریان تغییر نمی کند. اگر سه مقاومت یا بیشتر از آن بصورت مسلسل وصل گردیده باشند مقاومت معادل آن عبارت است از:

رابطه فوق نشان می دهد که مقاومت معادل ترکیب مسلسل مقاومت ها عددًا مساوی به مجموع هر کدام مقاومت ها میباشد. ترکیب به هر کدام مقاومت همیشه بزرگتر میباشد.

قابل یاد آوری است که هر گاه در شکل فوق (7.4) فلمنت یک گروپ قطع گردد. بعد از این سرکت وصل نبوده بلکه یک سرکت باز میباشد. و گروپ دوم نیز خاموش میشود. این یک شکل عمومی سرکت مسلسل است. هر گاه در یک سرکت مسلسل یک آله از بین برود تمام آله ها از فعالیت باز می ماند.

سوالات

1- فرض نمایید که در شکل (7.4) چارج های مثبت اول از R_1 و بعداً از R_2 عبور می کنند. جریان برق در R_1 به مقایسهٔ جریان R_2 :

a: کوچک است. b: بزرگ است. c: عین چیز است.

2- هر گاه در شکل (7.4) غرض اتصال نقاط b و c از یک وایر استفاده نشود، آیا روشنائی گروپ R_1 :

a: زیاد میشود. b: کم میشود. c: عین چیز باقی میماند.

سوالات

a- سه مقاومت 6.75Ω ، 15.3Ω و 21.6Ω با باتری $12V$ طور مسلسل وصل گردیده اند.

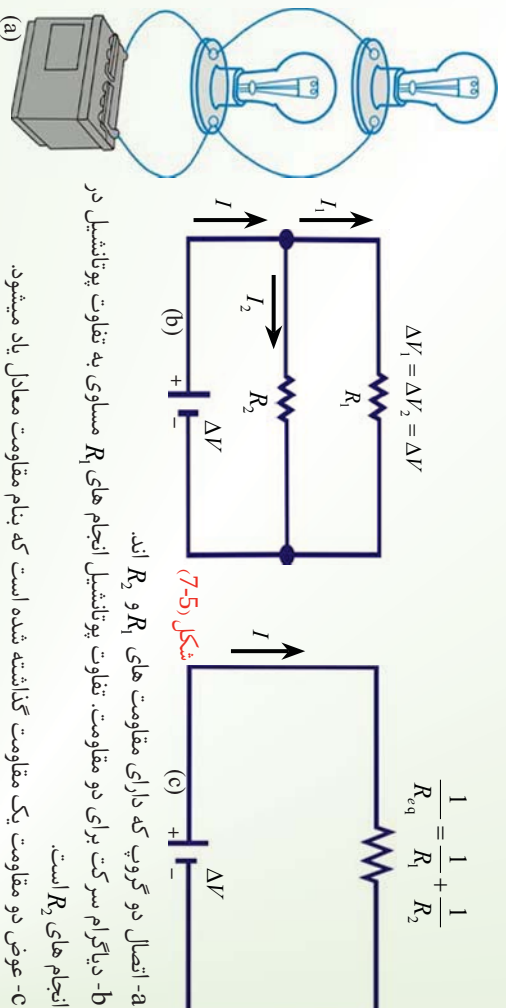
b- مقاومت معادل را محاسبه نمایید.

c- جریان را در سرکت معلوم نمایید.

حال دو مقاومت را در نظر می گیریم که بصورت موازی باهم وصل گردیده باشند چنانچه در شکل (7-5b) نشان داده شده است. وقتی که در شکل (7-5a) چارج a که بنام نقطه انشعاب یاد میشود برسد. به دو قسمت جدا میشود. یک اندازه و آن از طریق R_2 و قسمت باقی مانده آن از طریق R_1 عبور مینماید. در یک سرکت نقطه انشعاب عبارت از نقطه است که در آن جریان برق تقسیم می گردد (این حالت مشابه به حالتی است که هم صنفیان شما از صحن مکتب به راه های زیادی عبور می نمایند) این تقسیمات سبب میشود که جریان در هر مقاومت نسبت به آن کوچکتر است که از باتری منشأ میگیرد. و اساس قانون تحفظ چارج I که وارد نقطه a میشود باید مساوی جریانی باشد که از نقطه مذکور خارج می گردد.

$$I = I_1 + I_2$$

در اینجا I_1 جریان برق را در R_1 ، I_2 جریان را در مقاومت R_2 نشان میدهد.



a- اتصال دو گروپ که دارای مقاومت های R_1 و R_2 اند.

b- دیاگرام سرکت برای دو مقاومت. تفاوت پوتانشیل انجام هلی R_1 مساوی به تفاوت پوتانشیل در انجام های R_2 است.

c- عوض دو مقاومت یک مقاومت گذاشته شده است که بنام مقاومت معادل یاد میشود.

چنانچه در شکل (7-5) دیده میشود هر دو مقاومت طور مستقیم با بتری وصل است. بنابراین اگر مقاومت ها بطور موازی وصل گردیده باشند، در انجام های مقاومت ها تفاوت پوتانشیل عین چیز میباشد.

چون در انجام های مقاومت تفاوت پوتانشیل عین چیز میباشد، پس با در نظر داشت افاده $R = I \Delta v$ حاصل میشود که:

$$\begin{aligned} I = I_1 + I_2 &= \frac{\Delta v}{R_1} + \frac{\Delta v}{R_2} = \Delta v \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ &= \frac{\Delta v}{R_{eq}} \end{aligned}$$

در اینجا R_{eq} مقاومت معادل است که بالای سرکت همان اثری دارد که دو مقاومت موازی دارد، یعنی در سرکت جریان مجموعی ثابت باقی میماند (7-5C) از اینجا مقاومت معادل دو مقاومت موازی عبارت است از:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_{eq} &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

برای سه مقاومت و یا بیشتر از آن رابطه فوق را میتوان چنین تحریر کرد.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

از این افاده دیده میشود که معکوس مقاومت معادل دو یا بیشتر مقاومت های موازی مساوی به مجموع معکوس هر کدام مقاومت ها میباشد. بر علاوه مقاومت معادل همیشه نسبت به کوچکترین مقاومت این گروپ کوچکتر میباشد.

خلاصه نتایج حاصله در مورد سرکت های مسلسل و موازی در جدول ذیل ترتیب گردیده است.



موازی	مسلسل	
		سرکت دیگرام
$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ حاصل جمع جریان ها	$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$ برای هر مقاومت عین قیمت را دارد =	جریان برق
$\Delta v = \Delta v_1 = \Delta v_2 = \Delta v_3 = \dots$ برای هر مقاومت عین قیمت را دارد	$\Delta v = \Delta v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3 + \dots$ مجموعه تفاوت های پوتانشیل	تفاوت پوتانشیل
$\frac{1}{R_{eg}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ مجموعه معکوس مقاومت ها	$R_{eg} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ مجموعه هر کدام مقاومت ها	مقاومت معادل

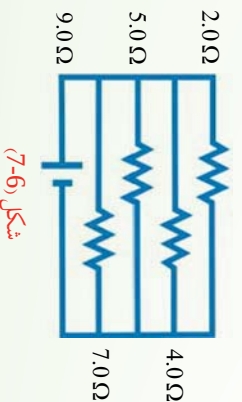
سوالات:

1- فرض نمایید که شما در شکل (4-7) مقاومت سومی را با آن دو مقاومت طور مسلسل افزود می کنید. آیا جریان در بتری:

- a. تزايد مينمايد. b. کاهش می يابد. c. ثابت باقي ميماند و d. آيا وليتج انجام هاي بتری تزايد مينمايد. e. کاهش می يابد. f. ثابت باقي ميماند.
- 2- فرض نمايد که شما در شکل (6-7) یک مقاومت سومی را با آن دو مقاومت طور موازی وصل نماييد. ايا در بتری جریان برق:
 - a. تزايد مينمايد. b. کاهش می يابد. c. ثابت باقي ميماند.
 - و آيا وليتج انجام هاي بتری: d. تزايد مينمايد. e. کاهش می يابد. f. ثابت باقي ميماند.

مثال:

یک بتری 9V با چهار مقاومت مطابق شکل ذیل وصل گردیده اند. مقاومت معادل سرکرت و جریان مجموعی را در سرکرت در یافت نماييد.



شکل (6-7)

حل: کمیت معلوم

$$\Delta v = 9v$$

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 4\Omega, R_3 = 5\Omega, R_4 = 7\Omega$$

$$R_{eq} = ? \quad I = ?$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}$$
$$= \frac{70 + 35 + 28 + 20}{140}$$

$$R_{eq} = \frac{153}{140} \Omega$$

$$I = \frac{\Delta v}{R_{eq}} = \frac{9v}{\frac{140}{153} \Omega} = \frac{9 \times 153}{140} \frac{v}{\Omega}$$

$$= 9.83A$$

سوالات:

1- یک وایر طویل را به پنج قسمت مساوی قطع مینمایند. بعداً این پنج قسمت را بصورت موازی وصل می کنند، که مقاومت محصله آن 2Ω می باشد. قبل از اینکه

وایر قطع گردد مقاومت طول ابتدایی وایر چند است.

2- یک مقاومت 4.2Ω ، مقاومت 8Ω و یک مقاومت 12Ω در انجام ها بتری

$24v$ بصورت موازی وصل گردیده اند.

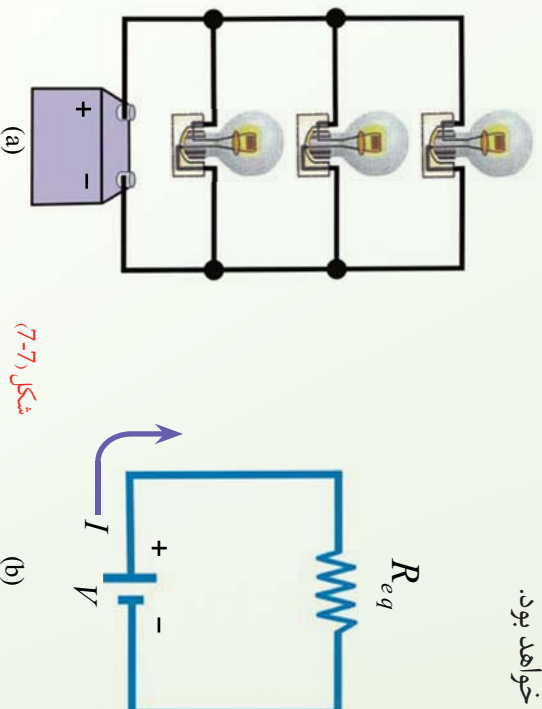
a. قیمت مقاومت معادل سرکت را حساب نمایید.

b. جریان برق را در هر مقاومت معلوم نمایید.

7-3: قوه محرکه برقی

به شکل ذیل (7-7) توجه نمایید، هرگاه شما از این سرکت بتری را بردارید آیا گروپ در سرکت روشن باقی خواهد. مانند؟

واضح است که بدون موجودیت تفاوت پتانسیل در سرکت نه چارج حرکت خواهد کرد و نه جریان برق موجود خواهد بود.



شکل (7-7)

پس برای اینکه گروپ روشن باقی بماند باید به بتری وصل گردد. هر آله که در یک سرکت انرژی پتانسیل چارج متحرک را زیاد مینماید.

عبارت از منبع قوه محرکه برقی (Electromotive Force) یا (emf) میباشد که توسط $\mathcal{E}$ نشان داده میشود. یا انرژی یک واحد چارج که توسط منبع جریان برق تهیه می گردد عبارت از قوه محرکه برقی (emf) میباشد. فکر نمایید که این نوع منبع مانند پمپ چارج است که بالای الکترون ها قوه وارد مینماید. تا در یک جهت معین حرکت نمایند. هرگاه انرژی هر چارج q را توسط w نشان دهیم، برای قوه محرکه برقی (emf) میتوانیم بنویسیم که: $\mathcal{E} = \frac{w}{q}$

چون قوه محرکه برقی (emf) یک بتری $\mathcal{E}$ عبارت از همان ولتج اعظمی ممکنه است که یک بتری بین ترمینل های خود دارد. بنابراین میتوانیم در رابطه فوق عوض قوه محرکه برقی $\mathcal{E}$ تفاوت پتانسیل اعظمی بتری V را بنویسیم.

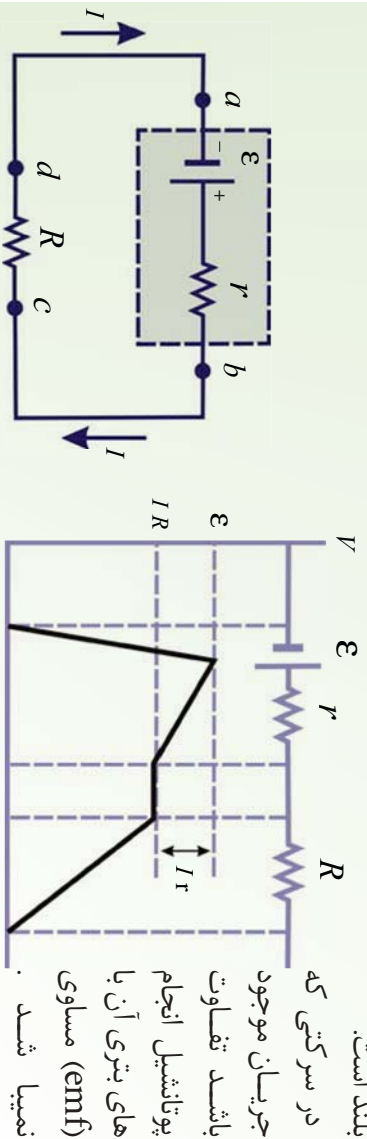
$$V = \frac{w}{q}$$

بتری ها و جنراتور ها منابع قوه محرکه برقی (emf) میباشند.

چون بتری خود دارای مقاومت داخلی میباشد پس وقتیکه چارج ها در بتری حرکت مینمایند تفاوت پتانسیل انجام های بتری (ولیتج ترمینل ها) نسبت به (emf) واقعی یک اندازه کاهش می یابد. با در نظر داشت مقاومت داخلی بتری معادله سرکت را چگونه میتوانیم بنویسیم؟

7-4: معادله سرکت برقی

برای حاصل کردن معادله سرکت برقی شکل (7-8)، را بار دیگر در نظر می گیریم و فرض مینماییم که مقاومت وایر های اتصال قابل صرف نظر است. سرکت فوق را با در نظر داشت مقاومت داخلی بتری طور ذیل رسم مینماییم قطب مثبت بتری نسبت به قطب منفی بتری دارای پوتانشیل بلند است.



a. سرکت دیاگرام (emf) منبع $\mathcal{E}$ (در این حالت مقاومت داخلی بتری r با مقاومت خارجی R وصل گردید است)

b. نمایش گرافیکی تغییر تفاوت پوتانشیل.

شکل (7-8)

(b): در پینبایی پوتانشیل د تغییر گرافیکی به رده

در سرکتي که جریان موجود باشد تفاوت پوتانشیل انجام های بتری آن با (emf) مساوی نمييا شد .

برای درک آن سرکت دیاگرام (7-8)، را در نظر می گیریم، که

در آن قوه محرکه برقی (emf) ها بتری با مقاومت داخلی آن نشان داده شده است.

حال فرض مینماییم که از a الی b از طریق بطری عبور می نماییم و در محل های مختلف پوتانشیل برقی را اندازه می کنیم. اگر از ترمینل (قطب) منفی به طرف قطب (مثبت) حرکت نماییم، پوتانشیل به اندازه $\mathcal{E}$ زیاد می گردد. مگر وقتیکه از مقاومت r عبور مینماییم، پوتانشیل به اندازه $I r$ کاهش می یابد، در حالیکه I جریان را در سرکت نشان می دهد. از اینجا و لیتج بتری (تفاوت پوتانشیل بین ترمینل های بتری) $\mathcal{V} = \mathcal{V}_b - \mathcal{V}_a$ عبارت است از:

$$\Delta \mathcal{V} = I R = \mathcal{E} - I r \dots (1)$$

از این رابطه واضح می گردد که مسالوی با ولتیتج سررکت باز است یعنی این در حالی ولتیتج ترمینل های بتری را نشان میدهد که جریان صفر باشد.

شکل (7-8b) نمایش گرافیکی تغییرات تفاوت پوتانشیل را در سررکت نشان میدهد. از شکل (7-8a) دیده میشود که ولتیتج ترمینل های بتری (Δv) باید با تفاوت پوتانشیل انجام های مقاومت R مسالوی باشد. مقاومت به حیث یک بار ($Load$) برای فعالیت آله، انرژی تهیه می نماید. در انجام این مقاومت مصرف کننده(بار) تفاوت پوتانشیل $\Delta v = I R$ است. با در نظر داشت این افاده از معادله (1) حاصل مینماییم که:

$$\mathcal{E} = I R - I r, \dots (2)$$

برای جریان I دریافت مینماییم که:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

این افاده معادله سررکت برقی است.

رابطه فوق نشان می دهد که جریان در این سررکت ساده تابع مقاومت مصرف کننده R که برای بتری مقاومت خارجی است و مقاومت داخلی r میباشد. اگر R نسبت به r خیلی بزرگ باشد، میتوانیم از r صرف نظر نماییم. اگر در یک سررکت از تعداد زیاد مقاومت های مصرف کننده و بتری ها استفاده شده باشد، رابطه فوق را میتوانیم چنین بنویسیم:

$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R + \sum r}$$

هرگاه از r به نسبت کوچک بودن آن صرف نظر نماییم داریم که:

$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R}$$

اگر هر دو طرف این معادله را به I ضرب نماییم حاصل میشود که:

$I^2 R - I^2 r = I \mathcal{E}$ رابطه فوق نشان می دهد که طاقتی که توسط بتری تولید میشود در R و r ضایع می گردد.

مثال: emf ، بتری $1.2v$ و مقاومت داخلی آن 0.05Ω است. انجام های بتری با مقاومت مصرف کننده 3Ω وصل میشود.

جریان در سررکت و ولتیتج انجام های بتری (تفاوت پوتانشیل) را دریافت نماییم.

حل: چون جریان در سررکت عبارت است از:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

$$I = \frac{12\text{v}}{3\Omega + 0.05\Omega}$$

$$= \frac{12\text{v}}{3.05\Omega}$$

$$= 3.93\text{A}$$

پس:

$$v = \mathcal{E} - I r$$

$$= 12\text{v} - (3.93\text{A})(0.05\Omega)$$

$$= 11.8\text{v}$$

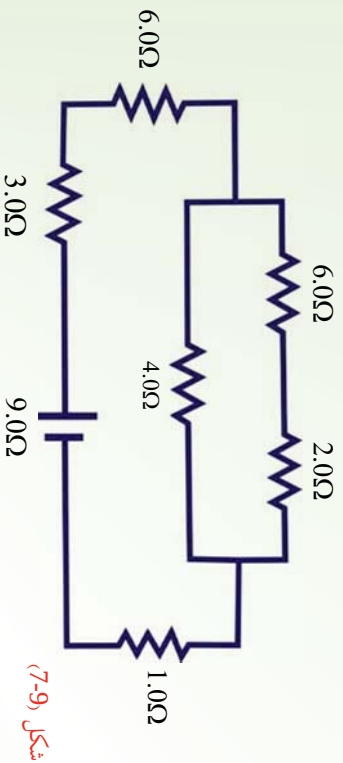
و

با استفاده از این قیمت میتوانیم تفاوت پتانسیل انجام هلی مقاومت مصرف کننده R را محاسبه نماییم:

$$v = I R = (3.93\text{A})(3\Omega) = 11.8\text{v}$$

7-5: تطبیقات

1. مقاومت معادل سرکت مغلق ذیل را دریافت نمایید.



شکل (7-9)

حل: برای در یافت مقاومت معادل سرکت طریقهٔ بهتر اینست که سرکت را به گروپ های مقاومت ها مسلسل و موازی تقسیم نماییم و بعداً برای هر گروپ، مقاومت معادل آنرا محاسبهٔ نمایید. برای رسیدن به این مقصد سرکت را بار دیگر مانند یک گروپ مقاومت ها یک طرف رسم مینماییم. چون زاویه ها بالای سرکت اثر نه دارد، پس لازم نیست که در دیاگرام سیستماتیکی نشان داده شوند. سرکت را بدون زاویه ها بار دیگر رسم مینماییم، طوری که ترتیب عناصر سرکت در آن حفظ گردیده باشد چنانچه در رسم ذیل نشان داده شده است.

- ترکیب مسلسل را تعیین نموده و مقاومت معادل را محاسبه مینماییم.
مقاومت های گروپ (a) و (b) بطور مسلسل میباشد.

$$R_{eq} = 3.0\Omega + 6.0\Omega = 9.0\Omega \quad \text{برای گروپ (a)}$$

$$R_{eq} = 6.0\Omega + 2.0\Omega = 8.0\Omega \quad \text{برای گروپ (b)}$$

- ترکیب موازی را تعیین نموده و مقاومت معادل آنرا محاسبه می نماییم.
مقاومت های گروپ (c) موازی اند.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{8.0\Omega} + \frac{1}{4.0\Omega} = \frac{0.12}{1\Omega} + \frac{0.25}{1\Omega} = \frac{0.37}{1\Omega} \quad \text{برای گروپ (c)}$$

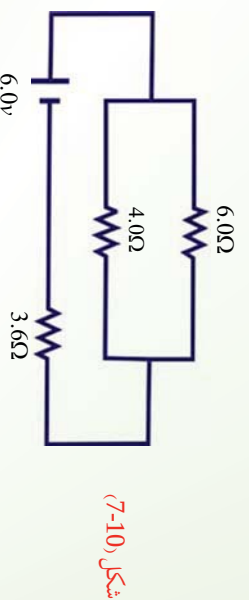
$$R_{eq} = 2.7\Omega$$

مراحل فوق را تازمانی تکرار مینماییم که مقاومت های سرکت به یک مقاومت کاهش نماید.
چنانچه بعداز تعیین گروپ های (b)، (a) و (c) مقاومت های گروپ (d) باقی میماند که آن ها
طور مسلسل میباشند پس:

$$\text{برای گروپ (d): } R_{eq} = 9.0\Omega + 2.7\Omega + 1.0\Omega$$

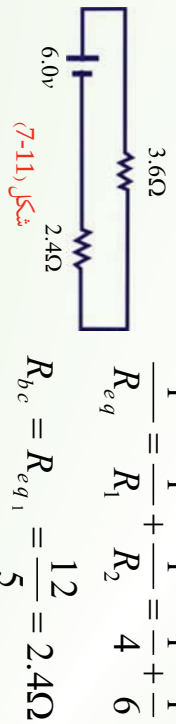
$$R_{eq} = 12.7\Omega$$

2. در سرکت ذیل قیمت های جریان های I_1 و I_2 را در یافت نمایید.



حل: اولاً مقاومت معادل ترکیب موازی مقاومت های 4Ω و 6Ω را در یافت می نماییم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{5}{12}$$



$$R_{bc} = R_{eq1} = \frac{12}{5} = 2.4\Omega$$

حال چنانچه در شکل فوق نشان داده شده است مقاومت های 2.4Ω ، 3.6Ω طور مثال وصل اند. بنابراین:

$$R_{ad} = R_{eq_2} = R_1 + R_2 = 2.4 + 3.6\Omega = 6.0\Omega$$

از اینجا:

$$I = \frac{V_{ad}}{R_{ad}} = \frac{6V}{6\Omega} = 1Amp$$

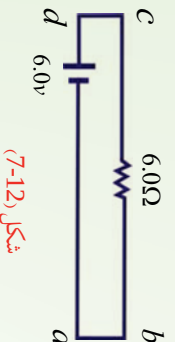
برای دریافت I_1 و I_2 باید تفاوت پوتانشیل بین نقاط b و c را شناسیم. چون مقاومت معادل مقاومت های موازی 2.4Ω است. و جریان در سرکت یک امپیر است، از اینجا تفاوت پوتانشیل V_{bc} عبارت است از:

$$V_{bc} = I R_{bc} = 2.4 \times 1 = 2.4V$$

این در انجام های مقاومت های 4Ω و 6Ω نیز تفاوت پوتانشیل میباشد. از آنجا که:

$$I_1 = \frac{V_{bc}}{4} = \frac{2.4}{4} = 0.6A$$

$$I_2 = \frac{V_{bc}}{6} = \frac{2.4}{6} = 0.4A \text{ او}$$



دید می شود که مجموعه جریان های I_1 و I_2 ، $1A$ است که جریان مجموعی را در سرکت نشان می دهد.

سوال

سرکت های خیلی مغلق را چگونه میتوانیم حل نماییم؟
سرکت های خیلی پیچیده را میتوانیم با استفاده از قوانین کرشهوف حل نماییم که طور ذیل مطالعه می گردد.

7-6: قوانین کرشوف

چنانچه دیدیم سرکت های ساده را میتوانیم به وسیلهٔ افادهٔ $\Delta v = IR$ و ترکیب مسلسل و موازی مقاومت های حل نماییم. هر گاه یک سرکت خیلی مغلق باشد یعنی در آن مقاومت ها و چندین منابع طوری وصل گردیده باشد که حل آن به وسیله قوانین متذکره ناممکن باشد پس آنها را توسط قوانین دیگر که بنام قوانین کرشوف یاد میشود حل شده میتوانند.

7-6-1: قانون اول کرشوف

قانون اول کرشوف که بنام قانون انشعاب نیز یاد میشود بیان مینماید که: مجموعهٔ تمام جریان های که در سرکت داخل نقطهٔ انشعاب می شوند مساوی به مجموعهٔ جریان های است که نقطهٔ انشعاب را ترک مینمایند. یعنی:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

نقطهٔ انشعاب در یک سرکت نقطهٔ را می گویند که در آن بیشتر از لین وصل شده باشد.

7-6-2: قانون دوم کرشوف

قانون دوم کرشوف که بنام قانون دوم حلقه نیز یاد میشود بیان مینماید که: مجموعه تفاوت های پتانسیل انجام های تمام عناصر شامل یک حلقه بسته باید مساوی به صفر باشد. یعنی:

$$\sum \Delta v = 0$$

قانون اول کرشوف قانون تحفظ چارج را بیان مینماید. یعنی تمام چارج های که داخل یک نقطه میشوند باید از آن نقطه خارج شوند زیرا چارج نمیتواند در نقطه بوجود آید. قانون دوم کرشوف از قانون تحفظ انرژی پیروی مینماید.



خلاصه فصل:

- جریان برق: عبور چارج برقی از هر مقطع عرضی یک سرکت عبارت از جریان برق میباشد و آنرا توسط حرف I نشان میدهند یعنی:

$$I = \frac{q}{t}$$

واحد جریان برق امپیر است که توسط حرف A نشان داده میشود.

- مقاومت برقی: جلوگیری از حرکت چارج ها در بین هادی عبارت از مقاومت برقی میباشد. هر عنصری که در یک سرکت انرژی را ضایع می کند بنام لود (مصرف کننده) یاد میشود. در یک سرکت مقاومت برقی با تفاوت پتانسیل انجام های مقاومت و جریان در آن طوری ذیل رابطه دارد.

$$R = \frac{\Delta v}{I}$$

در اینجا R عبارت از مقاومت هادی است و واحد آن اوم و یا ($\frac{volt}{Amp}$) میباشد.

- مقاومت های هادی به دو نوع اند.

یکی آن مقاومت ترکیبی است که دارای کاربن میباشد. و دیگر آن مقاومت وایر پیچیده است که از وایر یک کوایل میسازند.



• اتصال مقاومت ها:

الف: اتصال مسلسل مقاومت ها:

در اتصال مسلسل مقاومت ها و تفاوت پوتانشیل تطبیق شده بین مقاومت ها تقسیم میشود.

$$\Delta v = I R_1 + I R_2 \\ = I(R_1 + R_2)$$

و مقاومت معادل درینصورت $R_{eq} = R_1 + R_2$
ب: در اتصال موازی مقاومت ها جریان در نقطه انشعاب تقسیم میشود یعنی:

$$I = I_1 + I_2 \\ \text{و مقاومت معادل درینصورت عبارت است از:} \\ \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

• هر آله که در یک سرکت انرژی پوتانشیل چارج متحرک را زیاد مینماید عبارت از منبع قوه محرکه برقی (Electromotive Force) یا (emf) میباشد. که توسط حرف $\mathcal{E}$ نشان داده میشود و یا انرژی یک واحد چارج که توسط منبع جریان برق تهیه می گردد عبارت از قوه محرکه برقی (emf) می باشد. هر گاه انرژی هر چارج q را توسط w نشان دهیم، به این قوه محرکه برقی (emf) میتوانیم بنویسیم که:

$$\mathcal{E} = -\frac{w}{q}$$

که واحد آن ولت میباشد.

$$\bullet \text{ معادله سرکت برقی عبارت است از: } I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

در اینجا $\mathcal{E}$ قوه محرکه برقی سرکت، R مقاومت خارجی در سرکت و r مقاومت داخلی منبع میباشد. اگر در یک سرکت از تعداد زیاد مقاومت های مصرف کنند و بتری ها استفاده شده باشد.



$$I = \frac{\sum E}{\sum R + \sum r}$$

رابطه فوق را میتوانیم چنین بنویسیم:

• قوانین کرشهوف:

الف: قانون اول کرشهوف:

مجموعه تمام جریان های که در یک سرکت داخل نقطه انشعاب می شوند مساوی به مجموعه جریان های است که نقطه انشعاب را ترک مینمایند. یعنی:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

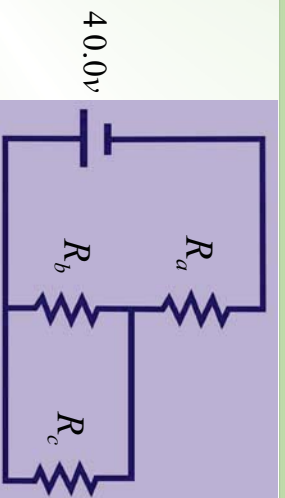
ب: قانون دوم کرشهوف:

مجموعه تفاوت های پتانسیل انجام های تمام عناصر شامل یک حلقه بسته باید مساوی به صفر باشد یعنی:

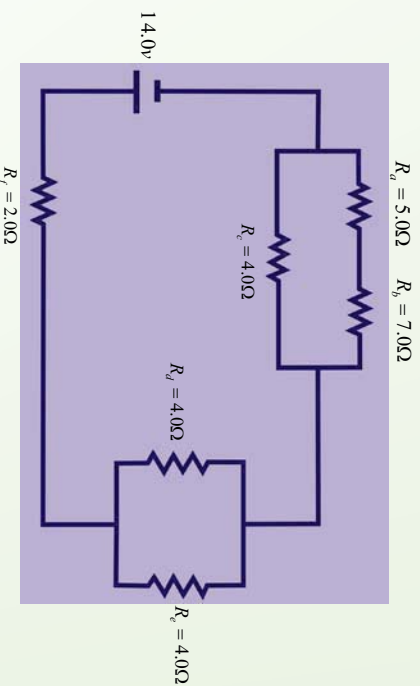
$$\sum \Delta v = 0$$

سوالات اخیر فصل:

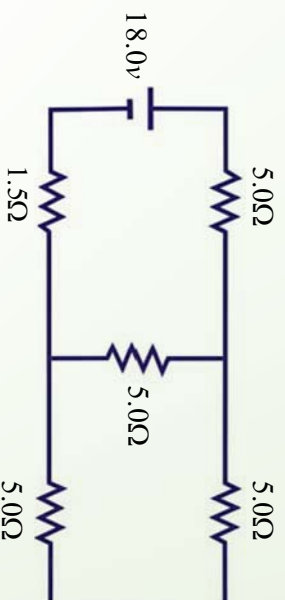
1. برای سرکت ذیل مقاومت معادل آنرا محاسبه نمایید.



2. در سرکت ذیل تفاوت پوتانشیل انجام های هر مقاومت و جریان آن را محاسبه نمایید.



3. مقاومت معادل سرکت مغلق ذیل را در یافت نمایید.



4. در مقاومت 1.5Ω سرکت مغلق فوق جریان برق را در یافت نمایید.

5. در انجام های مقاومت 1.5Ω سرکت مغلق فوق تفاوت پوتانشیل را در یافت نمایید.

6. برای عناصر یک سرکت با استفاده از سمبول ها معیاری سرکت دیاگرام را ترسیم نمایید که دارای یک بتری یک دانه سوئیچ باز ، یک گروپ و یک مقاومت را طور موازی داشته باشد.

هرگاه سوئیچ وصل گردد جهت جریان برق را در سرکت توسط وکتور نشان می دهد.

7. در سرکتهای ذیل تفاوت پوتانشیل انجامهای هر مقاومت و جریان را در آن دریافت نمایید.

a. یک مقاومت 4Ω و یک مقاومت 12.0Ω با منبع $4.0V$ طور موازی وصل گردیده باشند.

b. یک تفاوت 4Ω و یک مقاومت 12.0Ω با منبع $4.0V$ طور مسلسل وصل گردیده باشند.

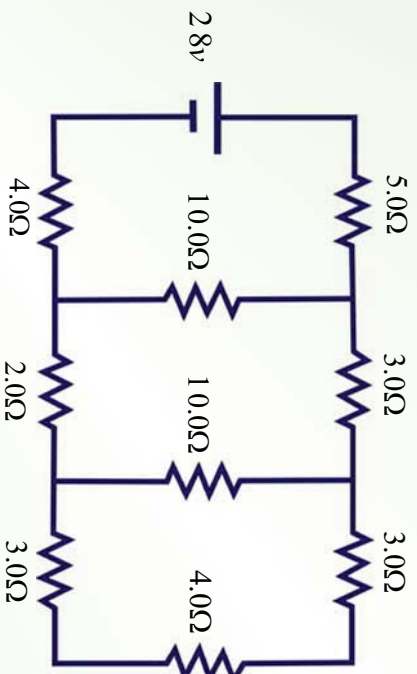
8. ولتج انجامهای (ترمینالها) یک بتری یا emf بیشتر است؟ توضیح نمایید که این دو کمیت چرا باهم برابر نیستند؟

9. توضیح نمایید که چرا سرکت شارتهی شود (آتش می گیرد).

10. برای سرکته ذیل.

a. مقاومت معادل سرکته، و.

b. جریان را در مقاومت 5.0Ω دریافت نمایید.



فصل هشتم

مقناطیس



اکثر مردم مقناطیس را به خاطر داشتن خاصیت جذب کننده آن می‌شناسند، چنانچه در شکل فوق نشان داده شده است. ممکن است شما اشکال مختلف مقناطیس مانند مقناطیس نعل مانند، میله مانند و پهن را دیده باشید، مقناطیس چیست؟ تمام اشکال مقناطیس، اشیای آهن دار مانند گیرای کاغذ و میخ ها را جذب مینمایند. این جذب در کدام قسمت

مقناطیس بیشتر صورت می گیرد؟ جذب شدید اشیای آهنی در انجام های مقناطیس صورت می گیرد و انجام های مقناطیس بنام قطب های مقناطیس یاد میشوند که یکی آنرا قطب شمال و دیگر آن قطب جنوب می گویند. چرا قطب های شمال و جنوب؟ این نام ها از عمل کرد یک مقناطیس بالای زمین اشتقاق گردیده است، زیرا اگر یک مقناطیس میله مانند از قسمت وسط آن آویزان گردد طوریکه در یک مستوی افقی طور آزاد دوران کرده بتواند، میله تا زمانی دوران خواهد کرد تا جهت های شمال و جنوب را اختیار نماید. در اینحالت آن انجام مقناطیس میله مانند که در جهت قطب شمال قرار دارد، قطب جنوب و انجایی که به طرف قطب جنوب زمین واقع است بنام قطب شمال مقناطیس یاد میشود. از مقناطیس در کدام چیزها استفاده می شود؟ از مقناطیس در میترها، موتورها و لودسیکرها استفاده صورت می گیرد. مقناطیس ها بین هم چگونه عمل متقابل انجام میدهند؟ قوه مقناطیسی بین دو مقناطیس را میتوانیم با قوه برقی بین دو ذره چارج دار تشبیه نمائیم طوریکه قطب های مشابه دو مقناطیس، یکدیگر را دفع کرده و قطب های مختلف یکدیگر را جذب مینمایند. بنا برین، قطب شمال یک مقناطیس، قطب جنوب مقناطیس دیگر را جذب می نماید، و اگر دو قطب شمال (یا قطب های جنوب) با یکدیگر نزدیک آورده شوند یکدیگر را دفع می کنند. چنانچه ما میتوانیم یک چارج برقی جداگانه را داشته باشیم، پس آیا میتوانیم یک قطب مقناطیس را حاصل نماییم؟ اگر یک مقناطیس دایمی طور متواتر قطع گردد، مهم نیست که چند مرتبه

قطع میشود، باز هم هر پارچه آن همیشه دارای قطب های شمال و جنوب خواهد بود زیرا که قطبهای مغناطیس همیشه یکجا بوده و نمیتوانیم یک قطب مغناطیس را به تنهایی حامل نمائیم. چون آهن توسط مغناطیس جذب می گردد، آیا آهن نیز مغناطیسی شده میتواند؟ بلی، یک پارچه آهن مغناطیسی ناشده میتواند به وسیله مالش با مغناطیس دائمی مغناطیس گردد. مغناطیسیت توسط یک مغناطیس نیز القا شده میتواند، طور مثال، اگر یک پارچه آهن مغناطیس ناشده نزدیک یک مغناطیس دائمی قوی گذاشته شود، این پارچه آهن مغناطیسی می گردد. عکس عملیه نیز شده میتواند یعنی یک آهن مغناطیس شده توسط حرارت دادن یا سرد ساختن و یا به وسیله چکش زدن میتواند مغناطیسیت خود را از دست دهد.

سوال اینست که آهن مغناطیس شده تا چه زمانی مغناطیس باقیمانده میتواند؟ از نظر مغناطیسیت مواد را به دو طبقه تقسیم مینمایند. یکدسته آن موادی اند که به آسانی مغناطیس میشوندو هم به آسانی مغناطیسیت خود را از دست می دهند، این نوع مواد را مواد نرم گویند مانند آهن، و نوع دیگری آن موادی اند که به سختی مغناطیس میشوند و به سختی مغناطیسیت خود را از دست میدهند که این دسته مواد را بنام مواد سخت یاد مینمایند مانند کوبالت و نکل. عمل متقابل بین مغناطیس ها با استفاده از مفهوم ساحة مغناطیسی تشریح می شود، پس ساحة مغناطیسی چیست؟ ساحة مغناطیسی تنها توسط مغناطیس دائمی بوجود می آید و یا جریان برق در یک هادی نیز سبب تولید ساحة مغناطیسی می گردد؟ اگر چنین باشد پس بین جریان برق و ساحة مغناطیسی رابطه ای وجود دارد. بنابراین سوالی طرح میگردد که آیا در یک ساحة مغناطیسی بالای یک هادی جریان دار قوه مغناطیسی عمل می نماید؟ اگر توسط یک هادی مستقیم جریان دار ساحة مغناطیسی تولید می گردد، پس آیا بوسیله کوابل و سولینوئید نیز ساحة مغناطیسی تولید میشود؟ در این مورد قانون بیوت – ساواریت چگونه بیان مینماید؟ با مطالعه این فصل برای تمامی این سوالات جواباتی در یافت می گردد. هم چنان توقع میرود که در اخیر این فصل شاگردان بدانند که یک کوابل انتقال دهنده جریان نیز مانند یک مغناطیس عمل مینماید.

8-1: مغناطیس و ساحة مغناطیسی

یونانی ها 800 سال قبل از میلاد سنگی را شناختند. که عبارت بود از اکساید آن (O_2 و E) که پارچه های آهن را جذب می کردند. رابطه بین مغناطیس و جریان برق توسط عالم دنمارکی اورسیتد در سال 1819 مشاهده گردید. موصوف دریافت که در نزدیک یک سیم انتقال دهنده جریان برق، عقربه قطب نما انحراف می نماید. نامبرده از این حادثه نتیجه گرفت که بین جریان برق و مغناطیس رابطه بی وجود دارد. ساحة مغناطیسی چگونه یک کمیت است؟ ساحة

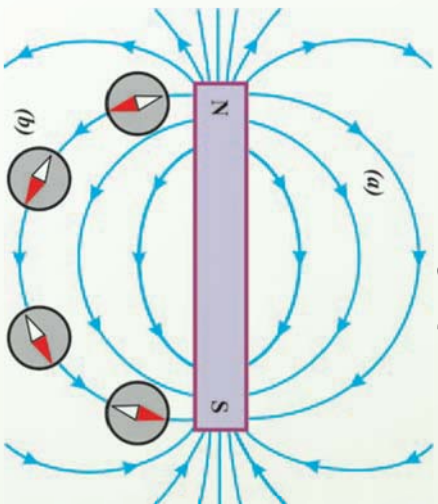


مغناطیسی که هر مغناطیس را احاطه کرده است، یک کمیت وکتوری است، یعنی هم مقدار

(a) مغناطیس میله مانند

(b) عقربه قطب نما جهت

خط ساحه را نشان میدهد.



شکل 1 8 ساحه مغناطیسی

و هم جهت دارد و معمولاً توسط (B) نشان داده میشود. ساحه مغناطیسی چگونه نشان داده میشود؟ بحیث نمونه ساحه مغناطیسی اطراف یک میله مغناطیسی را با استفاده از یک قطب نما پیدا کرده میتوانیم. چنانچه در شکل ذیل نشان داده شده است، هرگاه یک مغناطیس میله مانند کوچک که طور آزاد آویخته شده باشد به یک ساحه مغناطیسی نزدیک آورده شود، مانند عقربه قطب نما با خطوط ساحه مغناطیسی در یک خط واقع می گردد. دیده میشود که خطوط ساحه مغناطیسی از یک قطب مغناطیس خارج شده و به قطب دیگر مغناطیس داخل می گردد.

(قبول شده است که از قطب شمال خارج و به قطب جنوب داخل میگردد). یعنی که خطوط ساحه مغناطیسی نه آغاز دارد و نه انجام. این خطوط یک حلقه بسته را تشکیل می دهند. در مغناطیس دایمی خطوط ساحه در داخل خود مغناطیس ادامه پیدای کند تا حلقه بسته را تشکیل بدهد. بالاخره آن فضای نزدیک یک مغناطیسی که در آنجا اثر مغناطیسیت ملاحظه می گردد بنام ساحه مغناطیسی یاد می گردد. انحراف عقربه قطب نما از اثر مغناطیسیت است. چگونه میتوانیم به شدت ساحه مغناطیسی پی ببریم؟ برای تعیین شدت ساحه مغناطیسی، کمیتی را تعریف مینماییم که بنام فلکس مغناطیسی یاد میشود. فلکس مغناطیسی عبارت از تعداد خطوط ساحه بی است که از یک مساحت معین سطح عمود بالای ساحه عبور مینماید. فلکس مغناطیسی بوسیله ϕ_m نشان داده میشود و ذریعه فورمول ذیل محاسبه میگردد، که

$$\phi_m = A \cdot B \cdot \cos \theta$$

ثبوت این فورمول در فصل نهم صورت می گیرد. θ = (مساحت سطح) × فلکس مغناطیسی (مرکبه عمودی ساحه بالای مساحت سطح) =
چگونه میتوانیم بدانیم که ساحه مغناطیسی در کدام قسمت مغناطیس قویتر است؟ برای دانستن این موضوع فعالیت ذیل را انجام دهید.



فعالیت

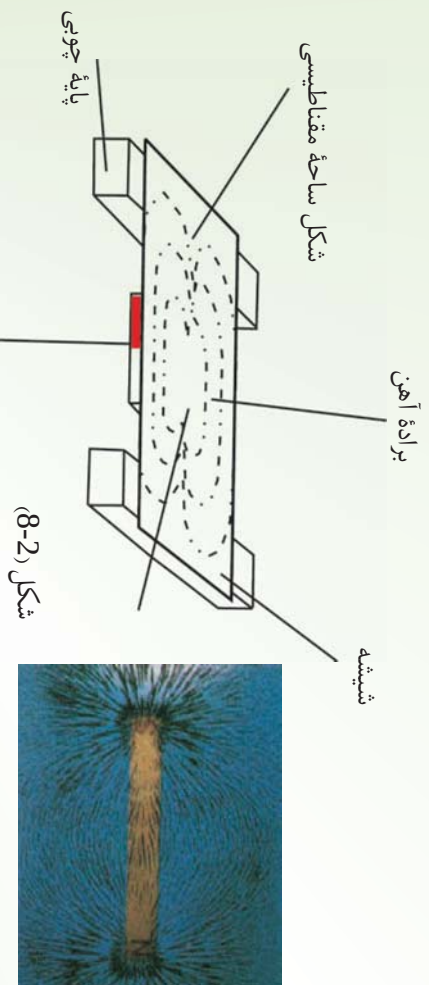
هدف: تشخیص ساحة مغناطیسی در قسمت های مختلف یک میله مغناطیسی.

مواد مورد ضرورت:

میله مغناطیس و شیشه.

طراز العمل:

شیشه را بالای میله مغناطیسی گذاشته و بر روی شیشه، براده آهن پاش دهید. شیشه را آهسته ضربه بزنید، شما خواهید دید که براده آهن بروی شیشه به خطوط منحنی تنظیم می شود که از یک انجام شروع و به انجام دیگری ختم می گردد. دیده میشود که این خطوط در انجام های میله با هم نزدیک و در قسمت وسط از همدیگر دورتر واقع اند. از اینجا نتیجه میشود که ساحة مغناطیسی در انجام های مغناطیس قوی و در قسمت وسط آن ضعیف است.



مغناطیس تحت شیشه

هم چنان به خاطر شناخت قطب های مغناطیسی و دانستن چگونگی عمل متقابل بین شان این فعالیت را انجام می دهیم.





فعالیت

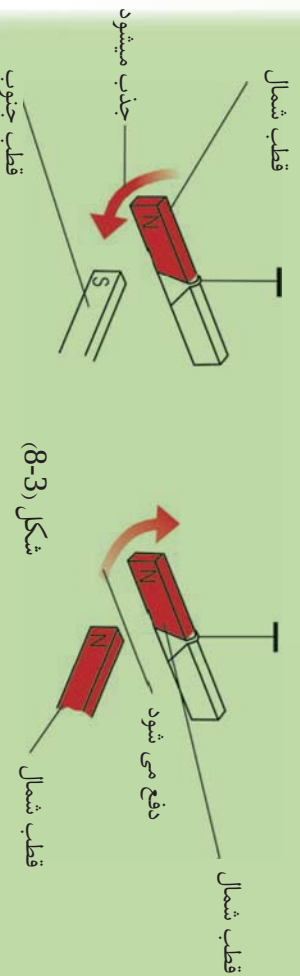
هدف: شناخت قطب های مغناطیسی و عمل متقابل بین شل.

مواد مورد ضرورت:

میله های مغناطیسی دو دانه، تار به اندازه ضرورت، میخ دو دانه، چکش.

طراز العمل:

هر دو میله مغناطیسی را طور آزاد آویزان نمایید. شما خواهید دید که این مغناطیس ها در امتداد شمال و جنوب قرار می گیرند. بنابراین آن انجام های مغناطیس ها که به طرف شمال واقع میگردند بنام قطب های جنوب مغناطیس ها و انجام هایی که بطرف جنوب زمین قرار می گیرند بنام قطب های شمال مغناطیس ها یا دمیثوند.

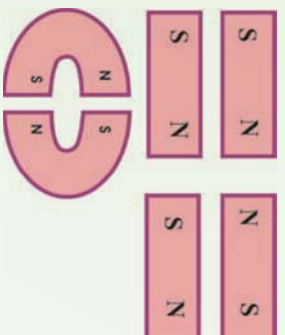


بعداً قطب های شمال مغناطیس ها و مرتبه دوم قطب های جنوب را باهم نزدیک نمایید. در مرتبه سوم قطب های شمال و جنوب را با همدیگر نزدیک نمایید. در نتیجه شما خواهید دید که قطب های شمال و هم چنان قطب های جنوب یکدیگر را دفع می نمایند، مگر قطب های مخالف یکدیگر را جذب مینمایند.



سؤال:

1. در اشکال ذیل نشان دهید که در کدام حالت مغناطیسی ها یکدیگر را جذب و در کدام حالت یکدیگر را دفع مینمایند.



2. اگر یک میله مغناطیسی را دونصف نمایید، هر پارچه دارای چند قطب خواهد بود؟

سؤال:

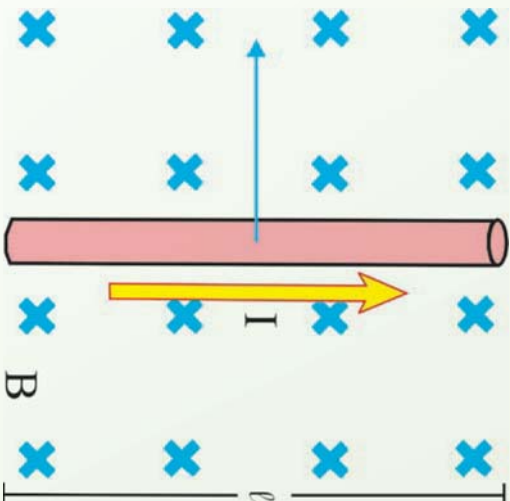
میدانید که در یک ساحة مغناطیسی، بالای یک ذره چارج دار متحرک یک قوه عمل مینماید. چون جریان برق عبارت از جریان های متحرک است، پس آیا در بین یک ساحة مغناطیسی بالای یک هادی حامل جریان، قوه وارد می شود؟ برای رایة جواب به این پرسش، بحث ذیل را ادامه می دهیم.

8-2: قوه مغناطیسی بالای یک هادی حامل جریان

یک قطعه وایر مستقیم را با طول L که جریان I را انتقال می دهد، در بین یک ساحة منظم مغناطیسی B مطابق شکل (8-4) در نظر می گیریم. هر گاه سمت های جریان برقی و ساحة مغناطیسی بالای یکدیگر عمود باشند، مقدار قوه مغناطیسی مجموعی بالای وایر توسط رابطه ذیل نشان داده میشود.

$$m = B \cdot I$$

(طول هادی در B) (جریان) (مقدار ساحة مغناطیسی) = مقدار قوه مغناطیسی



شکل (8-4) یک هادی جریان برق در یک ساحة مغناطیسی یک قوه را که به جهت جریان عمود است تولید میکند.

جهت قوه مغناطیسی را بالای وایر میتوانیم با استفاده از قانون دست راست دریافت نماییم. دست راست خود را طوری قرار دهید که کف دست تان در جهت ساحة مغناطیسی و چهار انگشت تان جهت جریان را داشته باشد. این چهار انگشت را طوری انحناء دهید

که جهت جریان برق با جهت ساحة مغناطیسی مطابقت نماید. در این حالت شصت تان جهت قوه مغناطیسی را بالای هادی نشان میدهد. بنابراین در شکل (8 4) جهت قوه مغناطیسی بالای وایر بطرف چپ میباشد. هرگاه جهت جریان برق هم جهت ساحة باشد یا جهت مخالف ساحة را داشته باشد، در اینصورت ها قوه مغناطیسی بالای وایر صفر است، از رابطه فوق می توانیم بنویسیم که:

$$B = - \frac{1}{l}$$

در این معادله می بینیم که در سیستم S، واحد ساحة مغناطیسی نیوتن (N) بر کولمب ضر در متر فی ثانیه است که بنام تسلا (Tesla) یا د میشود و به T نشان داده می شود.

$$1 \text{ T} = 1 \frac{N}{C.m/s}$$

چون کولمب بر ثانیه عبارت از امپیر است ، پس میتوانیم بنویسیم که:

$$1 \text{ T} = 1 \frac{N}{A.m}$$

مثال:

وایری که دارای طول 36m است جریان 22Amp ، را از طرف شرق به طرف غرب انتقال می دهد. هر گاه بالای وایر، قوه مغناطیسی به سبب ساحة مغناطیسی زمین به طرف پائین (بطرف زمین) و دارای مقدار $4.0 \times 10^{-2} \text{ N}$ باشد. در آن صورت مقدار ساحة مغناطیسی و جهت آنرا دریافت نمایید.

حل:

$$\text{کمیت داده شده: } I = 36\text{m}, \quad I_m = 4.0 \times 10^{-2} \text{ N} \quad B = ?$$

معادله یی را مینویسیم که بالای یک هادی حامل جریان برق از طرف ساحة مغناطیسی عمودی ، قوه مغناطیسی را بیان می نماید:

$$I_m = B \quad I \dots\dots\dots(3)$$

$$B = \frac{I_m}{I}$$

$$B = \frac{4.0 \times 10^{-2} \text{ N}}{(22 \text{ Amp})(36\text{m})} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$$

با استفاده از قانون دست راست برای پیدا کردن جهت $\vec{B}$ طوری ایستاده شوید که روی تان بطرف شمال باشد، شصت دست راست تان به طرف غرب (در جهت جریان برق) و کف دست تان را به طرف پائین (به طرف قوه) قرار دهید. جهت انگشتان دیگر تان به طرف شمال خواهد بود. بنابراین جهت ساحة مغناطیسی زمین از طرف جنوب به طرف شمال میباشد.

8-2-1: مومنت بالایی یک کوایل جریان دار

قبلاً نشان دادیم که بالای یک هادی حامل جریان در یک ساحة مغناطیسی چگونه قوه مغناطیسی عمل مینماید. بالای یک کوایل جریان دار در یک ساحة مغناطیسی چگونه مومنت مغناطیسی عمل مینماید؟ به خاطر دریافت جواب برای این پرسش یک کوایل مستطیل شکل که جریان (I) را انتقال میدهد در یک ساحة منظم مغناطیسی که موازی با مسطوی حلقه است ، مطابق شکل در نظر میگیریم. بالای کنار های 1 و 3 کوایل هیچ قوه یی عمل نمیکند، زیرا این وایرها با ساحة موازی اند. بالای کنار های 2 و 4 قوه های مغناطیسی عمل می کند زیرا این کنارها بالای ساحة عمود میباشد. مقدار این قوه ها براساس معادله (3)

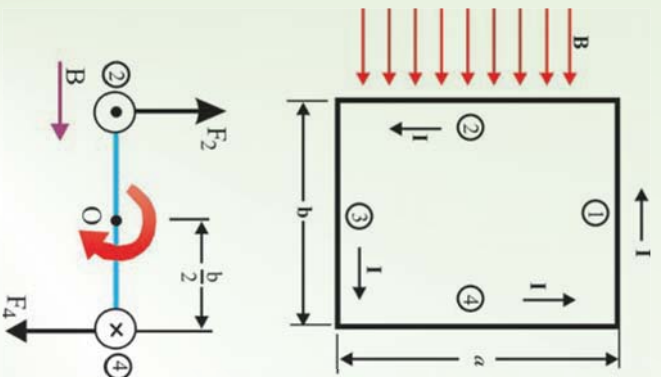
$$\text{مساوی است به: } B \quad a \quad I = \quad I_m \quad (8-5)$$

شکل (8-5)

a) کوایل مستطیل شکل در یک ساحة

مغناطیسی منظم

b) منقطه کوایل از جانب پائین



بالای وایر 2، جهت قوهٔ مغناطیسی $\vec{2}$ از صفحهٔ کاغذ به طرف خارج است، چنانچه در شکل (8-5a) نشان داده شده است. و بالای وایر 4، جهت قوهٔ مغناطیسی $\vec{4}$ از طرف صفحهٔ کاغذ به طرف داخل است. اگر از کنار 3 به طرف حلقه در امتداد کنار های 2 و 4 دیده شود، مانند شکل (8-5b) دیده میشود، و جهت های دو قوهٔ مغناطیسی $\vec{2}$ و $\vec{4}$ مطابق شکل دیده میشود. یاد آوری میشود که این دو قوه دارای جهت های مخالف بوده، مگر دارای عین خط عمل نمی باشند. بنابراین قوه های یک جفت را تشکیل میدهند که در نقطهٔ 0 در اطراف یک محور سبب دوران گردیده و یک مومنت تولید مینماید. مقدار این مومنت یا تورک عبارت است از:

$$\tau_m = \frac{b}{2} \frac{b}{2} + \frac{b}{4} \frac{b}{2} = (aB) \frac{b}{2} + (aB) \frac{b}{2} = ab B$$

در اینجا بازوی مومنت در اطراف O برای هر قوه $\frac{b}{2}$ است. چون مساحت اشغال شده توسط حلقه $A=ab$ است پس تورک اعظمی را میتوانیم طور ذیل بنویسیم:

$$\tau_m = AB$$

تورک اعظمی تنها زمانی صدق مینماید که ساحةٔ مغناطیسی موازی با مستوی حلقه باشد.

مثال:

یک کوایل مستطیل شکل دارای ابعاد $5.40\text{cm} \times 8.50\text{cm}$ و 25 حلقه بوده و جریان، 15.0amp را انتقال می دهد. کوایل در بین ساحةٔ مغناطیسی $0.350T$ که با مستوی کوایل موازی است گذاشته شده است. مقدار تورک عامل را بالای حلقه محاسبه نمائید.

حل: چون $\vec{B}$ بالای I و A عمود است پس داریم که:

$$\begin{aligned} \tau &= N AB = (25)(15.0 \times 10^{-3} A)(0.0540m)(0.0850m)(0.350T) \\ &= 6.02 \times 10^{-4} N.m \end{aligned}$$

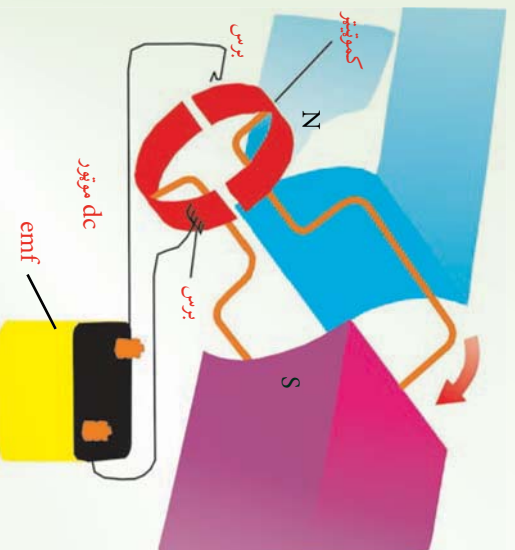
در اینجا، N تعداد حلقه های کوایل است.



8-2-2: موتور برقی

موتور برقی چیست و چگونه کار می کند؟

موتور برقی ماشینی است که انرژی برقی را به انرژی میخانیکی تبدیل می نماید. کار موتور مبتنی بر حقیقتی است که در یک ساحة مغناطیسی بالای یک هادی حامل جریان ، قوه مغناطیسی عمل می کند. در موتور نیز جریان به کوایل داده میشود. و بالای یک کوایل جریان دار قوه مغناطیسی سبب دوران آن میشود (شکل دیده شود)، کوایل موتور بالای یک میله دوار نصب و در بین قطب های مغناطیس قرار داده شده است. بورش ها با کموتیتر که در کوایل جریان را تغییر می دهد تماس دارد . این تغییر جریان سبب می شود که ساحة مغناطیسی تولید شده توسط جریان باید بصورت منظم تغییر نماید و به همین علت توسط ساحة مغناطیسی ثابت همیشه دفع می گردد. بنابراین کوایل و میله دوار به حرکت ادامه می دهد. یک موتور میتواند در حالی کار میخانیکی را انجام دهد که کوایل دوار با یک آله خارجی و صل گردد. زمانی که کوایل در موتور دور میزند ، مرکبه عمودی ساحة مغناطیسی در آن تغییر می نماید و یک قوه محرکه برقی (emf) را تولید می کند که در کوایل جریان را کاهش می دهد. این emf تولید شده بنام emf معکوس یا د می گردد. emf معکوس با ازدیاد تغییر ساحة مغناطیسی تراید مینماید. به عبارت دیگر، با دور خوردن سریع کوایل، emf معکوس نیز زیاد می گردد. تفاوت پوتانشیل که برای موتور جریان تهیه مینماید مساوی به تفاوت بین پوتانشیل تطبیق شده و emf معکوس است. در نتیجه، به سبب موجودیت emf معکوس نیز در کوایل جریان کاهش می یابد. به هر اندازه که موتور به سرعت دور می زند، در انجام های موتور emf خالص و در کوایل جریان خالص هر دو کوچک می گردد.



شکل (8-6) در موتور، جریان کوایل با ساحة مغناطیسی عمل متقابل انجام می دهد که سبب دوران کوایل و میله یی می گردد که کوایل بالای آن نصب شده است.

سوالات:

1. هر گاه در یک موتور از کموتتر استفاده صورت گیرد چه واقع میشود؟ توضیح نمایید.

8-3: قانون بیوت – ساوارت

ساحه های مغناطیسی که توسط قانون بیوت – ساوارت توضیح گردیده است ساحه هایی است که توسط یک هادی انتقال دهند جریان تولید شده باشد. این هادی میتواند یک هادی مستقیم طولی باشد، شکل کوایل را داشته باشد و یا سولینوئید باشد.

8-3-1: ساحه مغناطیسی یک هادی مستقیم طولی

ساحه مغناطیسی تولید شده توسط یک هادی حامل جریان طولی مستقیم را ذریعه تجربه ذیل ببینید:

فعالیت

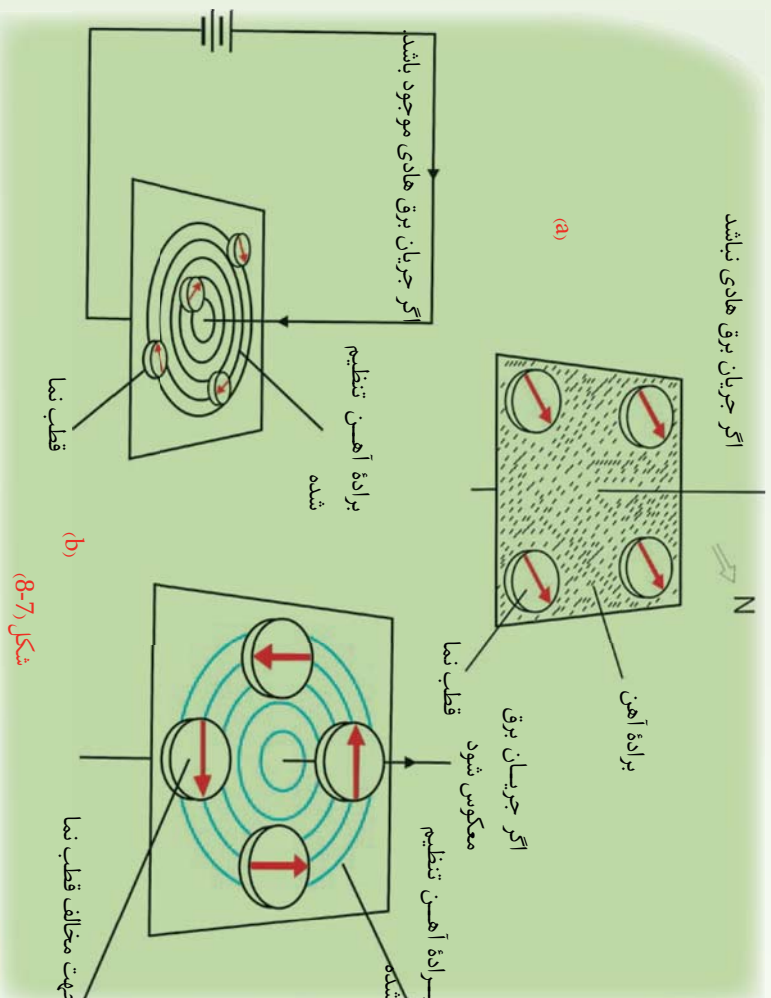
هدف: مشاهده ساحه مغناطیسی یک وایر حامل جریان.

مواد مورد ضرورت:

یک وایر طولی، یک ورق کاغذ سفید، بطری به اندازه ضرورت، یک تعداد قطب نما ها.

طرز العمل:

- وایر طولی را از کاغذ سفید طوری عبور دهید که کاغذ بصورت افقی قرار داشته باشد.
- بالای کاغذ براده آهن را پاش دهید.
- انجام های وایر را با بطری وصل نمایید و جریان را از آن عبور دهید. چیزی را که مشاهده می نمایید آنرا باهم صنفیان خویش شریک سازید، شکل (7-8)



هم چنان یک تعداد قطب ها را نزدیک وایر عمودی بالای مستوی افقی قرار دهید. زمانی که در وایر جریان وجود نداشته باشد، شما ببینید که عقربه های قطب نما ها چگونه واقع میشوند. مرتبه دیگر از وایر جریان را عبور دهید، ببینید که در موقعیت های عقربه های قطب نما ها چگونه تغییر بوجود می آید؟ مشاهدات خویش را بایکدیگر تان شریک سازید.

حالت اول نشان میدهد که هر گاه از وایر جریان عبور نماید، براده آهن در اطراف وایر دوایر متحدالمرکز را تشکیل می دهد. در حالت دوم که در وایر جریان وجود نه داشته باشد تمام عقربه ها به سبب ساحه مقناطیسی زمین درعین جهت قرار میگیرند، مگر زمانی که از وایر یک جریان مستقیم قوی عبور نماید، عقربه های قطب نماها در اطراف وایر در جهت مماس به دوایر متحدالمرکز انحراف مینماید. از این تجارب واضح می گردد که ساحه مقناطیسی توسط جریان تولید میشود. هر گاه جهت جریان تغییر نماید جهت عقربه ها نیز تغییر می نماید.

چگونه میتوانیم جهت این ساحةٔ مغناطیسی را تعیین نماییم؟

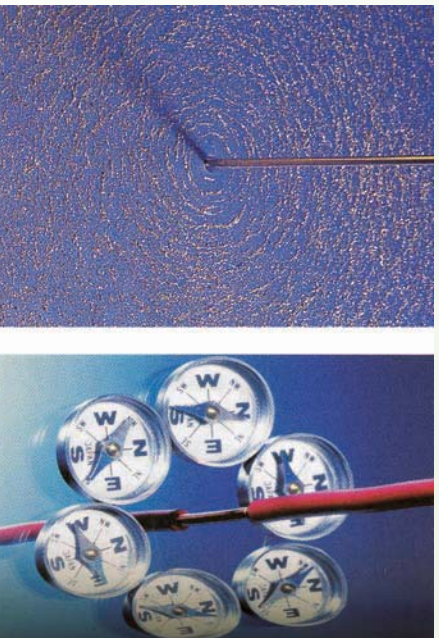
از تجارب فوق واضح می گردد که جهت ساحةٔ مغناطیسی B برای جریان قرار دادی توسط یک قانون ساده تعیین می گردد که بنام قانون دست راست یاد می شود. اگر وایر را طوری در دست راست بگیریم که شصت ما جهت جریان را داشته باشد، چنانچه در شکل نشان داده شده است،

انحنای چهار انگشت دیگر ما در جهت B میباشد.

شکل (8-8)

a- وقتی که وایر یک جریان قوی را انتقال می دهد.

b- عقربه های قطب نماها میتوانند غرض نشان دادن ساحةٔ مغناطیسی بکار برده شود.



هم چنان شکل (9-8) نشان میدهد که B در هر محل مسیر دایروی یا مرکزیت وایر، دارای عین

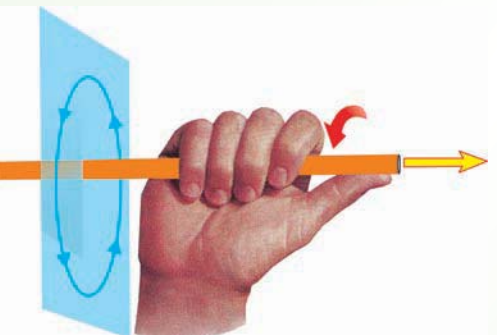
مقدار بوده و در مستوی عمودی بالای وایر واقع میباشد. تجارب نشان میدهد که B با جریان در

وایر تناسب مستقیم و به فاصله از وایر تناسب معکوس دارد. یعنی $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$ در اینجا، $\frac{\mu_0}{2\pi}$

ثابت تناسب است که بصورت تجربی حاصل می گردد.

μ_0 بنام ضریب نفوذ فضای آزاد یاد می شود و قیمت آن

$$\frac{4\pi \times 10^{-7}}{A.m} \text{ } \mu_0 \text{ er است.}$$



شکل (8-9) استفاده از قانون دست راست برای تعیین B

2-3-8: ساحة مغناطیسی یک کوابل

چگونه میتوانیم جهت ساحة مغناطیسی تولید شده توسط یک کوابل دایروی حامل جریان را تعیین نماییم؟ جهت ساحة مغناطیسی یک کوابل دایروی حامل جریان را چنانچه در شکل (8-10a) نشان داده شده است با استفاده از قانون دست راست پیدا کرده میتوانیم. بدون اینکه توجه گردد که قانون دست راست در کدام محل حلقه تطبیق می شود، ساحة در نقاط داخل حلقه دارای عین جهت بوده و بطرف بالا می باشد. یاد آوری می گردد که خطوط ساحة مغناطیسی یک حلقه حامل جریان مشابه به خطوط یک میله مغناطیسی می باشد، چنانچه در شکل (8-10b) نشان داده شده است.

برای یک حلقه، ساحة در مرکز حلقه عبارت است از: $B = \frac{\mu_0}{2} R$ شعاع حلقه است.

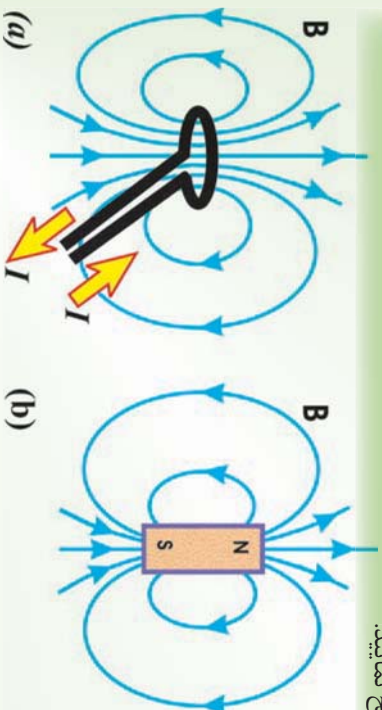


فعایت

هدف: ساختن الکترو مغناطیس
مواد مورد ضرورت: بطری های خشک، وایر پوش دار به اندازه یک متر، یک میز، بزرگ، عقربه مغناطیسی.

طرح العمل:

وایر را، به اطراف میخ پیچانیده، طوری که در شکل ذیل نشان داده شده است، از انجام های وایر پوش آنرا دور ساخته و بعداً این انجام ها را به ترمینل های بطری وصل نمائید. از عقربه مغناطیسی به خطری استفاده نمائید که نشان دهید یا میخ مغناطیس شده است یا خیر. بعداً بطری را طور معکوس وصل نمائید تا جهت جریان تغییر نماید. بار دیگر عقربه مغناطیسی را به همان قسمت میخ نزدیک سازید. شما خواهید دید که نوک عقربه مغناطیسی تغییر مینماید. آیا میتوانید توضیح نمائید که چرا جهت عقربه مغناطیسی تغییر مینماید؟ گیرهای کاغذ را به میخ در حالی نزدیک نمائید که بطری وصل باشد. با گیرهای کاغذ چه واقع میشود؟
با تغییر دادن تعداد حلقه ها بالای میخ و هم چنان با اتصال دو بطری، تجربه را تکرار نمائید و چیزی را که می بینید توضیح نمائید.



شکل (8-10)،
a- ساحة مغناطیسی یک کوابل
دایروی حامل جریان
b- ساحة مغناطیسی یک میله
مغناطیسی

8-3-3: ساحة مغناطیسی سولینوئید

سولینوئید چیست؟ ساحة مغناطیسی تولید شده توسط سولینوئید در کدام محل قویتر میباشد؟ گذاشتن یک میله آهن در داخل سولینوئید بالای ساحة مغناطیسی چه تأثیر دارد؟

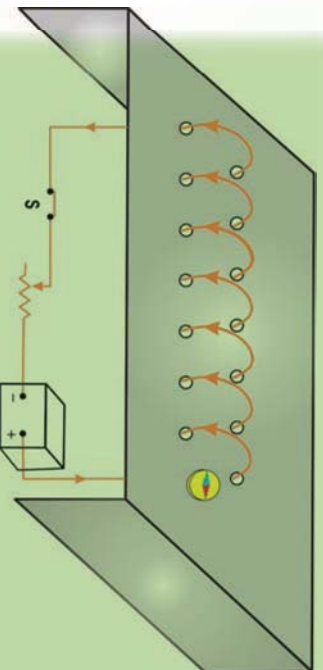
سولینوئید عبارت از یک وایر طویل است که بشکل فنر پیچیده شده باشد، چنانچه در شکل (8-11) نشان داده شده است.

فعالیت زیر را انجام دهید:



فعالیت

یک قطی پلاستیکی یا کاغذی را گرفته و در امتداد دو خط به فاصله های مساوی آنرا سوراخ نمایید. یک سیم را از سوراخ ها طوری عبور دهید که مطابق شکل، یک سولینوئید ساخته شود. از سولینوئید یک جریان ثابت را عبور دهید و با استفاده از عقربه مغناطیسی یا براده آهن خطوط ساحة مغناطیسی سولینوئید را مشاهده کنید. مشاهدات خویش را باهم شریک ساخته و بعداً با معلوماتی که در مورد ساحة مغناطیسی سولینوئید بدست آورده اید مقایسه نمایید.

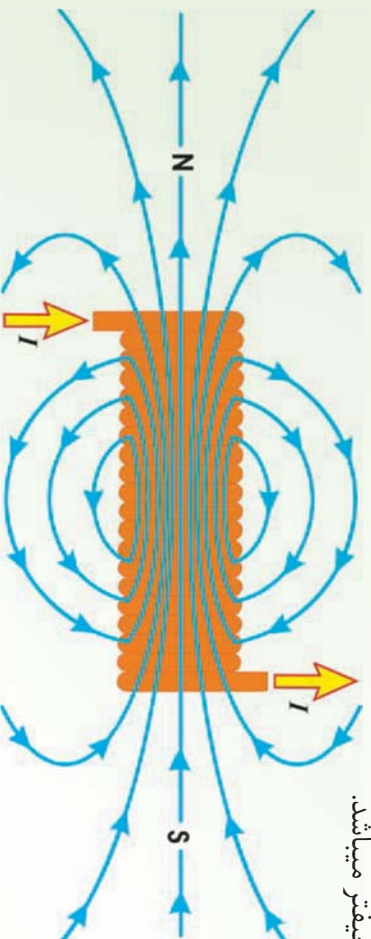


شکل (8-11)



سولینوئید در بسیاری موارد مهم است زیرا وقتی که سولینوئید جریان را انتقال میدهد، مانند یک مغناطیس عمل مینماید. ساحة مغناطیسی در داخل سولینوئید نسبت به جریان تزايد مینماید و با تعداد حلقه های واحد طول متناسب است یعنی: $B = n\mu_0$

در اینجا $n = \frac{N}{l}$ (تعداد حلقه ها فی واحد طول) است. N ، تعداد حلقه ها و l ، طول سولینوئید را نشان میدهد. μ_0 ثابت و I اندازه جریان مستقیم در سولینوئید است. در داخل کوایل با گذاشتن یک میله آهنی میتوانیم ساحة مغناطیسی سولینوئید را افزایش دهیم: این آله عموماً بنام الکترومگنیت یادمی شود. ساحة مغناطیسی که در میله تولید میشود. با ساحة مغناطیسی سولینوئید جمع میشود، که معمولاً یک مغناطیس قوی را میسازد. شکل (8-12) خطوط ساحة مغناطیسی یک سولینوئید را نشان میدهد. گفتنی است که خطوط ساحة در داخل سولینوئید دارای عین جهت بوده، تقریباً موازی اند، طور منظم واقع اند و باهم نزدیک میباشند. این نشان میدهد که ساحة در داخل سولینوئید قوی و تقریباً منظم است. ساحة خارج سولینوئید غیر منظم و نسبت به ساحة داخل سولینوئید ضعیفتر میباشد.



شکل (8-12) در داخل سولینوئید ساحة قوی و منظم است.

سؤالات:

- 1- ساحة مغناطیسی تولید شده توسط یک وایر حامل جریان مستقیم دارای کدام شکل است؟
- 2- چرا ساحة مغناطیسی در داخل سولینوئید نسبت به خارج سولینوئید قویتر است؟

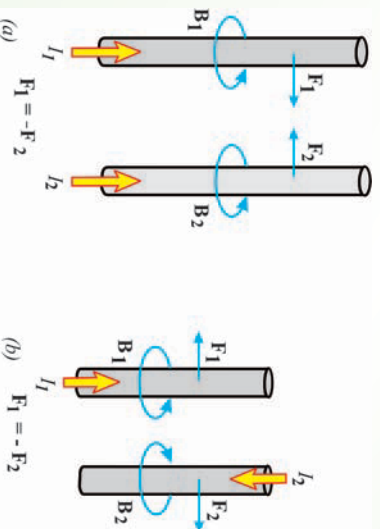
8-4: قوه های مغناطیسی بین دو وایر حامل جریان

هرگاه یک هادی حامل جریان در یک ساحة خارجی واقع گردد، آیا بالای هادی قوه مغناطیسی عمل می نماید؟ چرا؟ قوه های مغناطیسی بین هادی های حامل جریان با جهات جریان های داخل هادی چگونه رابطه دارند؟

از قبل میدانیم که هرگاه یک هادی حامل جریان در بین یک ساحة مغناطیسی خارجی واقع گردد، بالای آن قوه مغناطیسی عمل مینماید، زیرا جریان هادی، خود یک ساحة مغناطیسی را تولید مینماید و در نتیجه عمل متقابل بین این دو ساحة مغناطیسی، بالای هادی، قوه مغناطیسی عمل می کند. از اینجا به آسانی فهمیده میتوانیم که هرگاه دو هادی حامل جریان نزدیک یکدیگر قرار داده شود، یکی بالای دیگر قوه های مغناطیسی وارد مینمایند. هرگاه دو هادی با هم موازی باشند، جهت ساحة مغناطیسی که توسط یک هادی تولید میشود بالای جهت جریان هادی دیگر عمود میباشند، و برعکس نیز چنین است. به این ترتیب قوه مغناطیسی $B_1 = B_2$ را بالای یکدیگر وارد مینمایند، در اینجا B مقدار ساحة مغناطیسی است که توسط یک هادی بوجود می آید.

حال دو وایر طولیل مستقیم و موازی را طوری در نظر میگیریم که در شکل (8-13) نشان داده شده است. هرگاه جریان ها در هر دو وایر دارای عین جهات باشند، دو وایر یکدیگر را جذب مینمایند. این ادعا با استفاده از قانون دست راست به اثبات می رسد.

جهت شصت شما جهت جریان در یک وایر، جهات انگشتان شما جهت ساحة تولید شده توسط وایر دیگر، و جهت و کتوری که از کف دست شما در این حالت خارج می گردد، جهت قوه را به طرف وایر دیگر نشان می دهد. هرگاه جریان ها در وایرها دارای جهات مخالف باشند، وایرها یکدیگر را دفع مینمایند.



شکل (8-13) دو وایر موازی که هر کدام آن جریان ثابت را انتقال می دهد، یکی بالای دیگری قوه مغناطیسی وارد می نماید.

a- هرگاه جریان ها دارای عین جهات باشند وایرها یکدیگر را جذب می نمایند.

b- هرگاه جریان ها دارای جهات مخالف باشند، وایرها یکدیگر را دفع مینمایند.

خلاصه فصل:

• مغناطیس طبیعی همان اکساید های سنگی (e_3) اند که پارچه های آهنی را جذب مینمایند.

• فضای نزدیک یک مغناطیس که در آنجا مغناطیسیت اثر می نمایدو این اثر مغناطیسیت مانند انحراف عقربه قطب نما مشاهده می گردد بنام ساحة مغناطیسی یاد میشود.

• بالای یک وایر مستقیم با طول l که جریان I را انتقال می دهد در بین ساحة مغناطیسی، قوه مغناطیسی ذیل مینماید. $B l$

• هرگاه یک حلقه مستطیل شکل که دارای عرض a و طول b بوده و جریان I در آن جاری باشد در ساحة مغناطیسی قرار گیرد که با مستوی حلقه موازی باشد، مومنت اعظمی بالای حلقه عبارت است از: $ab B = \tau_m$ در اینجا A مساحت حلقه است.

$$= AB$$

• موتور برقی ماشینی است که انرژی برقی را به انرژی میخانیکی تبدیل مینماید.

• قانون بیوت- ساواری آن ساحة مغناطیسی را بیان می نماید که توسط یک هادی حامل جریان تولید شده باشد. این هادی میتواند یک هادی مستقیم طولی باشد، شکل کوایل را داشته باشد یا سولینوئید باشد.

• ساحة مغناطیسی (B) یک هادی مستقیم طولی با جریان هادی تناسب مستقیم و با فاصله از هادی تناسب معکوس دارد یعنی:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$$

در اینجا $\frac{\mu_0}{2\pi}$ ثابت تناسب است. μ_0 بنام ضریب نفوذ فضای آزاد یاد میشود و قیمت آن $b = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{A.m}$ است.



- خطوط ساحةً مغناطیسی یک حلقهٔ حامل جریان، مشابه به خطوط میلهٔ مغناطیسی است و در مرکز حلقه، ساحة عبارت است از:

$$B = \frac{\mu}{2} \text{ در اینجا } R \text{ شعاع حلقه است.}$$

- شدت ساحةٔ مغناطیسی در داخل سولینوئید نسبت به جریان توزیید میماید. به تعداد حلقه در فی واحد طول متناسب است یعنی: $B = \mu_0 n I$ و در اینجا $n = \frac{N}{l}$ (تعداد حلقه فی واحد طول) است. N تعداد حلقه ها و l طول سولینوئید است.

سوالات فصل:

1- هرگاه شما در قطب شمال زمین قرار داشته باشید موقعیت عقربهٔ مغناطیسی چگونه خواهد بود؟

2- هرگاه یک پارچهٔ آهنی مغناطیس ناشده توسط یک قطب مغناطیس جذب گردد، آیا توسط قطب مخالف دفع خواهد شد؟

3- شما دو میلهٔ آهنی و پارچهٔ تار محکم دارید. هرگاه یک میلهٔ مغناطیس شده و دیگران مغناطیس نشده باشد، چگونه میدانید که کدام میله مغناطیس شده است.

4- یک هادی حامل جریان طوری قرار گرفته است که در آن الکترون ها از شرق به طرف غرب در حرکت اند. هرگاه یک عقربهٔ مغناطیسی را بالای این هادی بگذارید، عقربه به کدام جهت انحراف می نماید؟ (گفتنی است که جهت حرکت چارج های مثبت بحیث جهت مثبت جریان تعریف شده است)

5- شدت ساحةٔ مغناطیسی یک سولینوئید تابع کدام فکتور ها است؟

6- هرگاه یک سولینوئید توسط تاری طوری آویخته شده باشد که بتواند طور آزاد دور بزند،



زمانی که سولینوئید جریان مستقیم را انتقال دهد آیا از آن بحیث یک قطب نما استفاده کرده می‌توانیم؟ هر گاه جریان آن متناوب باشد، آیا باز هم از آن بحیث قطب نما استفاده کرده می‌توانیم؟ توضیح دهید.

7- یک وایر، جریان $10.0A$ را در جهتی انتقال می‌دهد که با ساحة مغناطیسی زاویه 90° را تشکیل می‌دهد. هرگاه بالای طول $50m$ این وایر، مقدار قوه مغناطیسی $15.0N$ باشد، شدت ساحة مغناطیسی را دریافت نمایید؟

8- جریان $I = 15A$ در جهت مثبت محور X و عمود بالای ساحة مغناطیسی جاری می‌باشد. بالای هادی در جهت منفی محور Y قوه مغناطیسی در فی واحد طول آن $0.12 \frac{N}{m}$ است. مقدار و جهت ساحة مغناطیسی را در ناحیه بی محاسبه نمایید که جریان از آن عبور می‌نماید.

9- ساحة مغناطیسی را در داخل سولینوئید چگونه می‌توانیم قوی کرد؟
a- با از دیاد تعداد حلقه‌ها در فی واحد طول.

b- با ترازد جریان.

c- با گذاشتن میله آهنی در بین سولینوئید.

d- توسط تمام نقاط ذکر شده فوق.

10 - شکل ذیل را در نظر بگیرید:

هرگاه وایر 1 جریان I_1 را انتقال و ساحة مغناطیسی B_1 را تولید نماید و وایر 2 جریان I_2 را انتقال و ساحة مغناطیسی B_2 تولید نماید. جهت ساحة مغناطیسی در موقعیت وایر 2:

a- بطرف چپ است.

b- بطرف راست است.

c- بطرف داخل صفحه است.

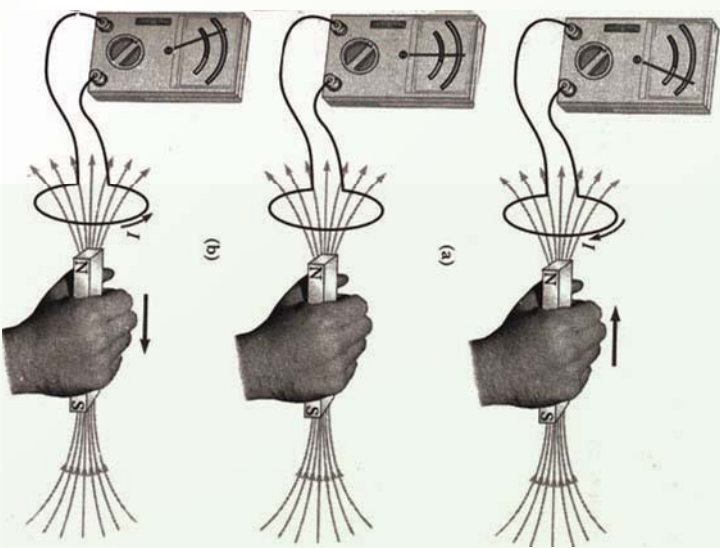
d- از صفحه به طرف خارج است



فصل نهم

القای الکترومغناطیسی و برق متناوب

قبلاً دیدیم که توسط القای برقی میتوانیم اجسام را برقی (چارج دار) نماییم. هم چنان القای مغناطیسی را نیز شناختیم. در حالت اول به سبب القا در ماده هادی، چارج برقی تولید میشود و در حالت دوم به سبب القا در یک ماده فیرومگنیتیک، خاصیت مغناطیسی به وجود می آید. حال پرسش مطرح می گردد که آیا ممکن است در یک سرکت بدون بتری یا منبع، جریان برق تولید شود؟ اگر این کار ممکن باشد پس سوآلی مطرح می گردد که قوه محرکه برقی این جریان القا شده را چه می گویند؟ القای خودی چیست؟ برای این پرسش ها با مطالعه این فصل جواب گفته میتوانیم. زمانیکه این موضوعات را درک نمودیم بعداً به سوآلاتی مانند این که سرکت RL چگونه سرکته است؟ در کویل انرژی چگونه ذخیره میشود؟ سرکت های RC و LC چگونه سرکت هایی اند؟ القای متقابل چگونه صورت میگیرد؟ ترانسفارمر چیست؟ و جنراتور برقی دایمو چیست؟ نیز میتوانیم جواب دریافت نماییم. آیا ممکن است در یک سرکت در عدم موجودیت بتری یا منبع برق جریان برق تولید گردد؟



برای دریافت جواب به این پرسش فعالیت ذیل را انجام می دهیم:

یک حلقه سیم را در نظر می گیریم که مطابق شکل فوق با یک گلوانونومتر وصل شده است. زمانیکه یک مغناطیس به این حلقه نزدیک آورده شود عقربه گلوانونومتر به یک طرف انحراف مینماید و این عقربه در حلقه موجودیت جریان برق را نشان می دهد که در شکل (a) انحراف عقربه گلوانونومتر به طرف راست نشان داده شده است. زمانیکه حرکت

مقناطیسی توقف داده شود و گلوانومتر نسبت به حلقه حالت سکون را اختیار نماید مطابق شکل (a)، انحراف عقربه گلوانومتر مشاهده نمیشود. این عملیه عدم موجودیت جریان برق را در حلقه نشان می دهد. زمانی که مقناطیس از حلقه دور میشود عقربه گلوانومتر در جهت مخالف حرکت مینماید. چنانچه در شکل (b) نشان داده شده است، این کار در حلقه موجودیت جریان برق را در جهت مخالف نشان می دهد. بالاخره اگر مقناطیس در حالت سکون حفظ گردد و حلقه به آن نزدیک یا از آن دور ساخته شود، عقربه گلوانومتر انحراف مینماید. از این مشاهدات نتیجه می شود که در وقت حرکت مقناطیس نسبت به حلقه در حلقه ساحة مقناطیسی تغییر مینماید. بنابراین مشاهده میشود که بین جریان و ساحة مقناطیسی متغیر رابطه ای وجود دارد. نتایج این تجارب حقیقی را آشکار میسازد که در یک سرکت حتی در صورت عدم موجودیت بطری هم جریان برق تولید میشود. این نوع جریان به نام جریان القا شده یاد میشود و گفته میشود که این جریان به وسیله یک قوه محرکه برقی (emf) القا شده تولید میشود. بنابراین مفهوم جریان القایی و emf القایی را باید شناخت، و به این منظور سرکت های RL ، RC و LC مطالعه میشود، اینکه در کوایل انرژی چگونه ذخیره میشود نیز در این فصل مطالعه می گردد. به همینگونه اینکه القای متقابل چگونه صورت می گیرد، ترانسفورمر چیست و جنرانور چگونه فعالیت می نماید را نیز تا پایان این فصل مطالعه خواهیم کرد.

9-1: مفهوم القا

به خاطر درک مفهوم القا فعالیت ذیل را انجام دهید:

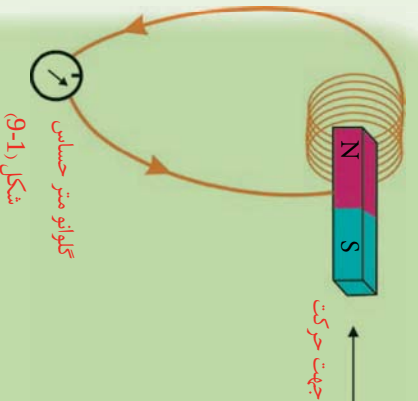


مواد مورد ضرورت:

مقناطیس میله مانند، گلوانومتر حساس، کوایل ساخته از سیم، لین های اتصالی

طراز العمل:

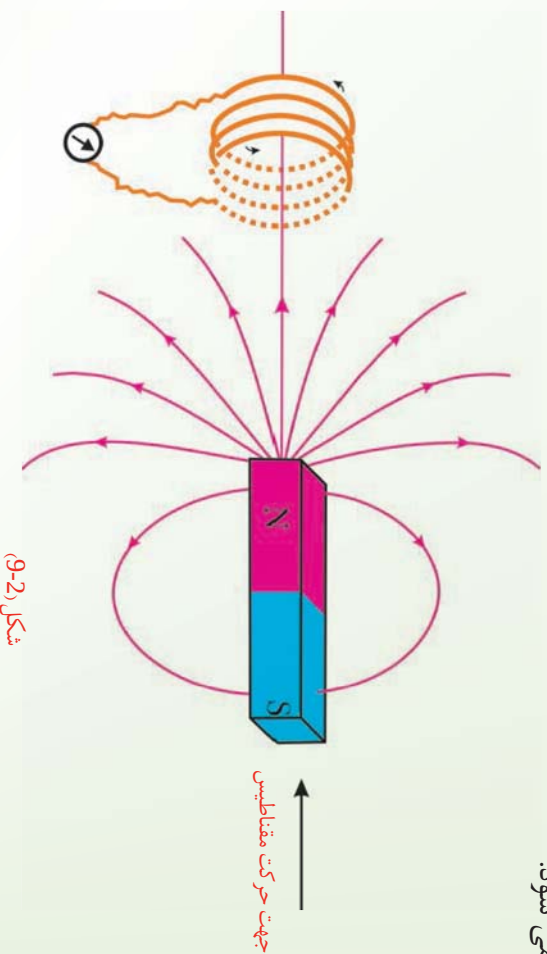
1. کوایل و گلوانومتر را مطابق شکل ذیل وصل نمایید.
2. میله مقناطیسی را به کوایل نزدیک نمایید، چیزی را که می بینید آنرا بنویسید.
3. میله مقناطیسی را از کوایل دور نمایید، چیزی را که می بینید آنرا یادداشت نمایید.



نتیجه:

شما مشاهده خواهید کرد که با نزدیک یا دور ساختن میله مغناطیسی به کویل، عقربه گلوآنومتر انحراف مینماید و این موجودیت جریان برق را در کویل نشان می دهد. یعنی که به سمت حرکت میله مغناطیسی نسبت به کویل، در کویل جریان برق تولید میشود. این حادثه را القای الکترومغناطیسی و جریان تولید شده را جریان برقی القاء شده می گویند. اینکه چگونه حرکت میله مغناطیسی نسبت به کویل سبب تولید جریان برقی القاء شده می گردد، آنرا چنین توضیح مینماییم:

نزدیک یا دور شدن میله مغناطیسی به کویل سبب تغییر ساحة مغناطیسی در کویل می شود.



شکل (2-9)،

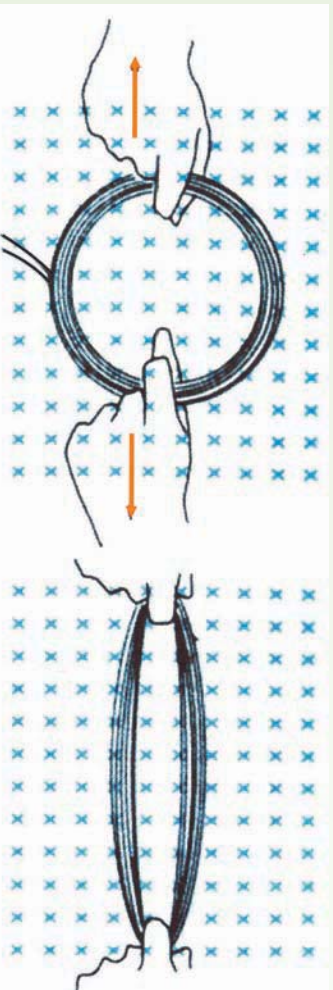
و به این سبب در کویل جریان القای برقی به وجود می آید. ازینجا نتیجه می گیریم که: تغییر ساحة مغناطیسی از یک حلقه بسته سبب ایجاد جریان برقی القاء شده در حلقه می گردد.

برعلاوه طریقه های ذکر شده فوق طریقه های دیگری نیز وجود دارند که میتواند توسط آنها جریان برق در کویل تولید شود.

اگر یک کویل در بین ساحة مغناطیسی منظم گذاشته شود، بعداً شکل کویل را تغییر

دهیم طوریکه مساحت کواایل تغییر نماید، مشاهده میشود که به سبب این عمل در کواایل جریان برق تولید میشود. از اینجا نتیجه میشود که:

در بین یک ساحةً مغناطیسی به وسیلهً تغییر مساحت یک حلقهٔ بسته، در حلقه جریان القایی به وجود می آید.



شکل (9-3): جریان برق القا شده به اساس تغییر مساحت حلقه در ساحةً مغناطیسی.

9-2: قوهٔ محرکهٔ برقی جریان القایی

شما دیدید زمانیکه میلهٔ مغناطیسی به حلقه نزدیک آورده میشود یا از حلقه دور می گردد، در حلقه جریان برق تولید میشود، که این جریان به وسیلهٔ emf القایی تولید می شود. از این تجربه آشکار می گردد که با نزدیک کردن و دورساختن میلهٔ مغناطیسی از حلقه و هم چنان در صورت تغییر سائز حلقه، شدت ساحةً مغناطیسی تغییر مینماید. و در نتیجه در این تغییر emf در سرکت تولید می گردد. یک طریقهٔ پیشبینی تولید جریان در حالت داده شده اینست که باید ملاحظه گردد چقدر خطوط ساحةً مغناطیسی توسط حلقه قطع می گردد. طور مثال، حرکت سرکت در بین ساحةً مغناطیسی سبب میشود که تعداد خطوط در حلقه تغییر نماید.

با تغییر دادن سائز حلقهٔ سرکت یا به سبب دوران حلقه، تعداد خطوط ساحة یی که از حلقه عبور می کنند تغییر مینماید، و این سبب تغییر شدت یا جهت ساحةً مغناطیسی میشود. چون عبور خطوط ساحةً مغناطیسی از مساحت یک حلقه عبارت از فلکس مغناطیسی است، پس از تجارب فوق گفته میتوانیم که در نتیجهٔ تغییر فلکس نظر به زمان از حلقه، قوهٔ محرکهٔ برقی (emf) تولید میشود، که به نام قوهٔ محرکهٔ برقی emf القا شده یاد می گردد.

برای محاسبه القا شده باید از قانون اندکشن مغناطیسی فارادی استفاده نمایید. برای یک حلقه سرکت، این قانون طور ذیل بیان میشود:

$$emf = -\frac{\Delta\phi_M}{\Delta t}$$

فلکس مغناطیسی ϕ_M را میتوانیم طور ذیل نیز بنویسیم:

$$\phi_M = AB \cos \theta$$

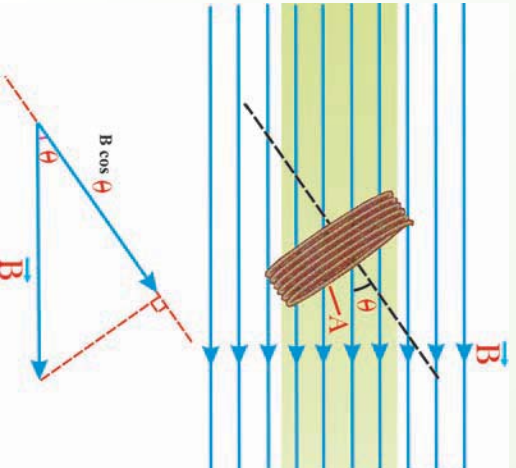
این رابطه بیان مینماید که تغییر شدت ساحة مغناطیسی B ، مساحت حلقه A و زاویه θ نظریه زمان، (emf) القا شده را تولید می کند و حد emf مرکبه عمودی ساحة مغناطیسی را بالای مستوی حلقه نشان می دهد. زاویه عبارت از زاویه بین ساحة مغناطیسی و عمود بالای مستوی حلقه میباشد، چنانچه در شکل نشان داده شده است:

$$emf = -\frac{\Delta\phi_M}{\Delta t}$$

ϕ_M مغناطیس را چنین نوشته کرده

$$\phi_M = AB \cos \theta$$

شکل (4-9) زاویه بین ساحة مغناطیسی و عمود بالای مستوی حلقه با شدت ساحة مغناطیسی بالای مستوی حلقه مساوی می باشد.



علامه منفی نشان می دهد که ساحة مغناطیسی القا شده، مخالف تغییر ساحة مغناطیسی تطبیق شده است. اگر تعداد حلقه های پیچیده شده N باشد، emf القا شده وسطی به طور ساده، N برابر emf القا شده است که برای یک حلقه میباشد. بنابراین شکل عمومی قانون اندکشن مغناطیسی فارادی عبارت است از: $emf = -N \frac{\Delta\phi_M}{\Delta t}$ ، در اینجا N تعداد حلقه ها است.

گفتنی است که واحد ساحة مغناطیسی در سیستم SI تسلا (T) است که با $\frac{N}{A \cdot m}$ مساوی میباشد. هم چنان میتوانیم تسلا را با واحد معادل $\frac{S}{m^2}$ نیز نشان دهیم.

3: القای خودی (Self Induction)

کلمه القا برای کدام (emf) ها و جریان ها به کار برده میشود؟
کلمه القا برای emf ها و جریان هایی به کار برده میشود که توسط تغییر ساحة مغناطیسی تولید شده باشند. برای وضاحت این موضوع، سرکتي را در نظر می گیریم که متشکل از یک سویچ، یک مقاومت و یک منبع emf باشد.

آیا با وصل کردن سویچ، جریان ناگهانی در سرکت به قیمت اعظمی خود می رسد؟
زمانی که وصل گردد جریان از صفر الی قیمت اعظمی اش ($\mathcal{E}/r$) به طور ناگهانی جهش نمی کند و این موضوع را قانون اندکشن فارادی طور ذیل بیان مینمایند:

زمانیکه جریان برق نظر به وقت تزايد مینماید، از بین حلقه سرکت، فلکس مغناطیسی نیز به سبب این جریان نظربه وقت تزايد میکند. این فلکس زیاد شونده در سرکت یک emf القا شده را تولید می کند emf القا شده دارای جهتی میباشد که در حلقه جریان تولید نماید تا ساحة مغناطیسی ناشی از آن مخالف تغییر ساحة مغناطیسی اصلی باشد. بنابراین emf القا شده دارای جهت مخالف emf بتری میباشد. این حالت به نسبت تزايد لحظوی جریان برق الی قیمت نهایی حالت تعادل آن بیشتر تزايد تدریجی آن را نشان می دهد. به این سبب است که جهت emf القا شده به نام emf معکوس نیز یاد میشود. این اثر به نام اندکشن خودی یاد میشود، زیرا فلکس از سرکت تغییر مینماید و در نتیجه emf القا شده به وجود می آید که خود سرکت آنرا تولید می نماید. قوه محرکه برقی $\mathcal{E}_1$ که در این حالت تولید می شود، به نام emf القا شده یاد می گردد.

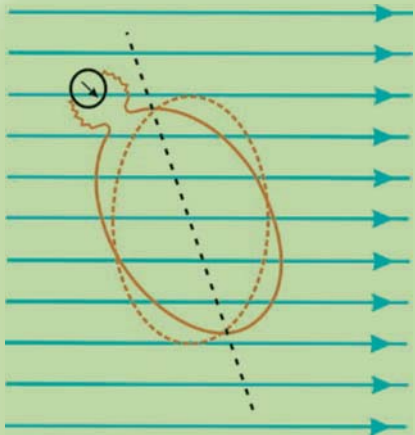


فعالیت

دبا اجرای فعالیت ذیل با طریقه دیگری تولید جریان برق القا شده آشنا می شویم.
میله مغناطیسی را در نزدیک یک حلقه بگذارید. بدون اینکه فاصله میله مغناطیسی از حلقه تغییر نماید، حلقه را دور بدهید. چیزی را که در گلوونومتر مشاهده می کنید آنرا یادداشت نمایید. شما خواهید دید که با انجام این کار، گلوونومتر یک جریان برق را نشان می دهد. علت آن اینست که با دور دادن حلقه در بین ساحة مغناطیسی مطابق



شکل 5) شدت ساحة مغناطیسی و مساحت حلقه تغییر نمی کند، بلکه زاویه بین ساحة مغناطیسی و مساحت تغییر مینماید. از این فعالیت نیز نتیجه میشود که: تغییر زاویه بین حلقه و ساحة مغناطیسی نیز عامل ایجاد جریان القا شده می گردد. طرق ایجاد جریان القا شده در یک حلقه طور ذیل خلاصه می شود:



شکل (5-9) در زمان دوران حلقه در ساحة مغناطیسی زاویه بین مساحت حلقه و ساحة مغناطیسی

طرق تولید جریان القا شده در یک سرکت

نهایی	قبلی	توضیح
سرکت مغناطیسی داخل یا خارج ساحة مغناطیسی می گردد. (با توسط حرکت سرکت یا مغناطیسی) در یک میله مغناطیسی می چرخد. دوران سرکت در بین یک ساحة مغناطیسی (تغییر زاویه بین مساحت سرکت و ساحة مغناطیسی) تغییر شدت یا جهت ساحة مغناطیسی		

مشاهده میشود که یا تغییر ساحت مغناطیسی در حلقه تغییر مساحت حلقه، و یا با تغییر زاویه بین مساحت و جهت ساحت مغناطیسی، در گوایل جریان برق تولید میشود.

حال کمیتی را تعریف مینماییم که این سه کمیت نامبرده در آن شامل باشد و آن عبارت از فلکس مغناطیسی میباشد.

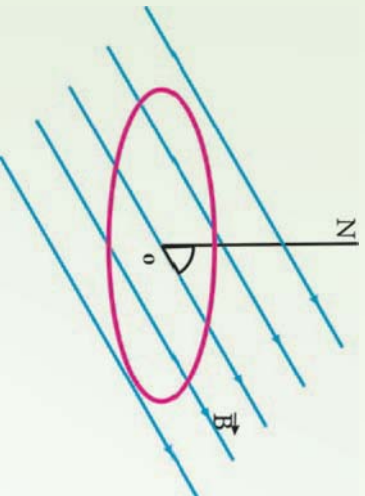
فلکسی مغناطیسی:

فرض نمایید که با مساحت A یک حلقه مطابق شکل ذیل در ساحت منظم B قرار دارد. فلکس مغناطیسی که از این سطح عبور می نماید طور ذیل تعریف و توسط Φ نشان داده میشود.

$$\Phi = BA \cos \theta$$

در رابطه فوق θ زاویه بین جهت ساحت مغناطیسی $\vec{B}$ و خط عمود بالای سطح حلقه میباشد. در سیستم SI واحد فلکس مغناطیسی ویر (Wb) است. از معادله فوق نتیجه میشود که:

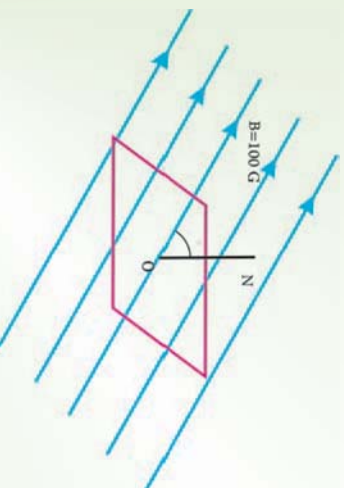
$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$$



شکل (9-6) در یک ساحت مغناطیسی منظم $\vec{B}$ حلقه و عمود N بالای سطح حلقه و θ زاویه بین عمود N و ساحت مغناطیسی است.

مثال:

الف) فلکس مغناطیسی را از بین سطح حلقه مستطیل شکلیکه دارای ابعاد $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ میباشد در حالی دریافت نمایید که عمود بالای سطح آن با ساحت مغناطیسی 100 گوس، زاویه 60° را تشکیل بدهد.



شکل (9-7)

ب) اگر این حلقه را طوری دور بدهیم که زاویه بین خط عمود بالای آن و خطوط ساحه مقناطیسی از 60° به 30° کاهش یابد، تغییر فلکس مقناطیسی را دریافت نمایید.

حل:

الف) مطابق شکل، خط ON را بالای سطح طور عمود رسم نمایید. زاویه بین ساحه مقناطیسی و خط ON، 60° است، بنابراین داریم که:

$$A = 30 \times 20 = 600 \text{ cm}^2 = 6 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$B = 100 = 10^{-2} \text{ T}$$

$$\begin{aligned} \phi &= BA \cos \theta = 10^{-2} \times 6 \times 10^{-2} \cos 60^\circ \\ &= 3 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{aligned}$$

ب) در وضعیت جدید داریم که:

$$\theta' = 30^\circ$$

$$\phi' = BA \cos \theta' = 10^{-2} \times 6 \times 10^{-2} \cos 30^\circ$$

$$\phi' = 5.2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

تغییر فلکس به سبب این دوران عبارت است از:

$$\Delta \phi = \phi' - \phi = 5.2 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-4} = 2.2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$



فعالیت

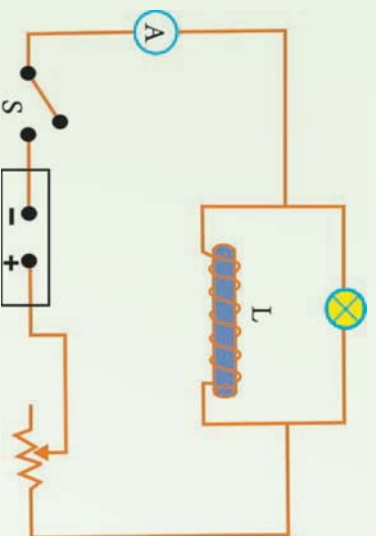
هدف: مطالعه تغییر جریان در یک سرکت و ترسیم گراف آن.

مواد مورد ضرورت: یک چراغ 12 ولت، بتری، ریوستات، سوئیچ، لین های ارتباطی، کوایل (دارای 200 یا 400 حلقه باشد)، هسته آهنی

طرح العمل:

1. سرکت را مطابق شکل ذیل وصل نمایید.
2. ریوستات را طوری تنظیم نمایید که چراغ طور ضعیف روشن گردد.
3. سوئیچ را ناگهانی قطع نمایید و مشاهدات خویش را با گروه خود تحت بحث قرار داده و بعداً با هم صنفان خود آنرا شریک سازید.

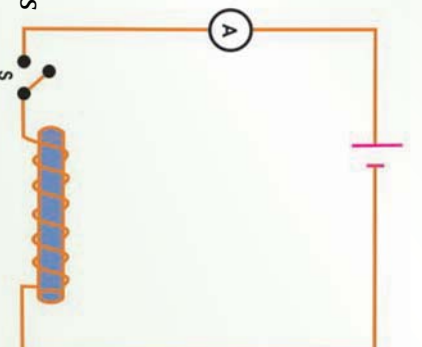
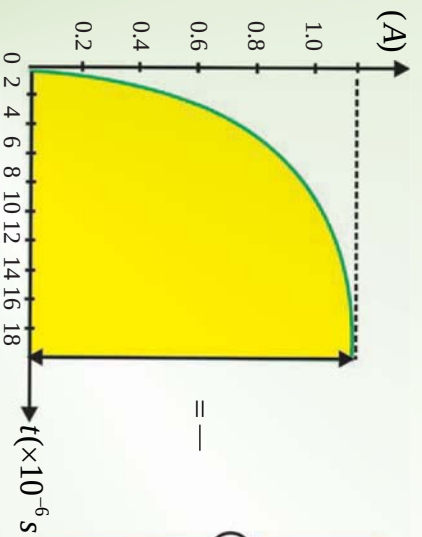




شکل 9-8)

نتیجه: چنانچه میدانید، تغییر جریان در یک کویل سبب تولید قوه محرکه برقی در کویل می گردد. تولید قوه محرکه برقی سبب می شود که جریان به سرعت به قیمت نهایی خود نرسد. به طور مثال سرکت (9) را در نظر بگیرید که در آن یک کویل با حلقه های نسبتاً بیشتری به انجام های یک بتری وصل گردیده است.

زمانیکه سوئیچ را وصل مینماییم جریان به طور ناگهانی به همان اندازه نمی رسد که از قانون اهم ($=$) (ازینجا نتیجه میشود که در حین وصل سوئیچ، جریان با تراید آغاز می نماید و قوه محرکه برقی خود در مقابل قوه محرکه برقی بتری الفأ می گردد. در نتیجه جریان در سرکت از حالتی کوچکتر میشود که کویل در سرکت نباشد. یعنی جریان از آن اندازه کوچکتر است که از رابطه $=$ حاصل می شود. با گذشت زمان و با نزدیک شدن جریان به قیمت I چگونگی تغییر جریان بطی می گردد. چون جریان برابر به قیمت I گردید بعد از این جریان تغییر نکرده و قوه محرکه برقی صفر میشود.

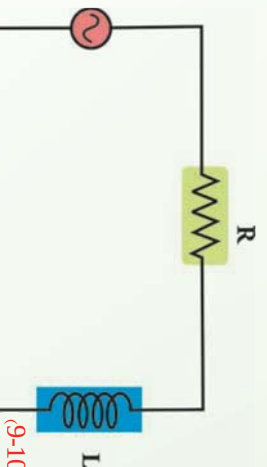


شکل 9-9) در سرکتی که شامل کویل است اثر کویل
 a) مقاومت R کویل.
 b) چگونگی تغییر جریان در حین وصل کردن سوئیچ.

9:4: سرکت های RL

سرکتی را در نظر می گیریم که شامل یک مقاومت و یک کوایل باشد. چنانچه در شکل (9-10) نشان داده شده است. به اساس دیاگرام فاز که در شکل (9-10) رسم گردیده است، ولتییج انجام های مقاومت با جریان هم فاز میباشد و ولتییج انجام های کوایل با جریان به اندازه زاویه 90° تفاوت فاز دارد. ولتییج مجموعی عبارت از حاصل جمع وکتوری این فازها میباشد. مقدار ولتییج مجموعی عبارت است از:

$$\begin{aligned} V_m &= \sqrt{(V_m)^2 + (V_m X)^2} \\ &= \sqrt{V_m^2 + V_m^2 X^2} \end{aligned}$$



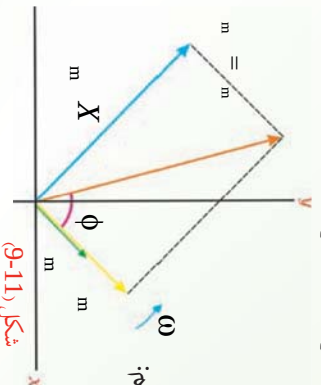
شکل (9-10)

افاده بی که در این حالت امپیدنس را تعریف می نمایم عبارت است از:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

واحد امپیدنس اوم است.

برای سرکت RL فکتور طافت را میتوانیم چنین بنویسیم:



شکل (9-11)

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

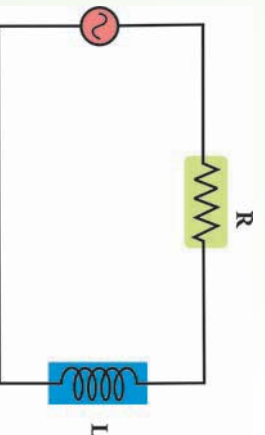
مثال:

کوایلی با اندکتیویتی $0.38H$ (هنری) و یک مقاومت 225Ω با جنراتور ac که دارای ولتییج rms برابر به 30.0 ، و فریکوئسی $60.0Hz$ میباشد، طور مسلسل وصل گردیده است.

(a) قیمت rms جریان را در سرکت دریافت نمایید.

(b) قیمت rms ولتییج را در انجام های مقاومت دریافت نمایید.

(c) قیمت rms ولتییج را در انجام های کوایل دریافت نمایید.



شکل (9-12)

شکل نشان می دهد که یک جنراتور ac با فرکانسی 60.0Hz به صورت مسلسل با مقاومت 22.5Ω و کوایل به اندکیتی $0.38H$ وصل گردیده است.

چون در صورت اتصال مسلسل از هر عنصر سرکت عین جریان عبور می نماید از اینجا rms جریان برق در سرکت عبارت است از: $rms = \frac{rms}{Z}$

در اینجا امپدانس عبارت است از:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

ولتییج rms در انجام های مقاومت rms است.

ولتییج rms در انجام های کوایل rms میباشد.

حل:

a) نخست امپدانس سرکت را محاسبه می کنیم:

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \\ &= \sqrt{(225\Omega)^2 + [2\pi(60.05^{-1})(0.38H)]^2} \\ &= 267\Omega \end{aligned}$$

حال برای دریافت جریان rms از Z استفاده می نماییم.

$$rms = \frac{rms}{Z} = \frac{30.0}{267\Omega} = 0.112A_{pm}$$

b) با ضرب کردن rms در R ولتییج rms را در انجام های مقاومت دریافت می نماییم:

$$rms = (0.112A)(225\Omega) = 25.2$$

c) با ضرب کردن ریکتانس کوایل در rms و ولتییج rms را در انجام های کوایل حاصل می نماییم:

$$\begin{aligned} rms X rms &= (0.112A)2\pi(60.0s^{-1})(0.38H) \\ &= 16.0 \end{aligned}$$

5. انرژی ذخیره شده در کوایل

هرگاه در انجام های یک کوایل تفاوت پتانسیل تطبیق گردد، از طرف منبع به کوایل انرژی داده میشود. یک قسمت این انرژی در مقاومت R که با هر سیم میباشد، ضایع می گردد و قسمت باقیمانده آن در ساحة مقناطیسی کوایل ذخیره میشود که توسط رابطه ذیل حاصل



$$= \frac{1}{2}$$

می گردند.

این انرژی در ساحةء مقناطیسی که بر سبب عبور جریان از کوایل تولید میشود، ذخیره می گردند.

مثال: کوایلی را که دارای ضریب اندکتیویتی 0.4 و مقاومت 100Ω میباشد در نظر بگیرید. کوایل با بتری 6 وصل گردیده است. مقدار انرژی ذخیره شده را در کوایل معلوم نمایید.

حل:

بعد از اینکه جریان در سرکت به قیمت نهایی خود برسد داریم که:

$$= - = \frac{6}{100} = 0.06 \text{ Amp}$$

با استفاده از رابطه (4) فوق، انرژی ذخیره شده در کوایل عبارت است از:

$$= \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \\ = \frac{1}{2} (0.4)(0.06)^2 = 7.2 \times 10^{-4} \text{ oul}$$

9.6: سرکت RC

یک سرکت ac را در نظر می گیریم که مطابق شکل (9-13)، شامل یک خازن با ظرفیت C و یک مقاومت R باشد.

چنانچه در دیاگرام فازي (9-13)، رسم گردیده است، ولتيج انجام های خازن با جریان به اندازه زاویه 90° تفاوت فاز دارد، طوریکه ولتيج مجموعی نسبت به جریان تاخیر فاز دارد. ولتيج مجموعی سرکت عبارت از حاصل جمع وکتوری این فاز ها میباشد.

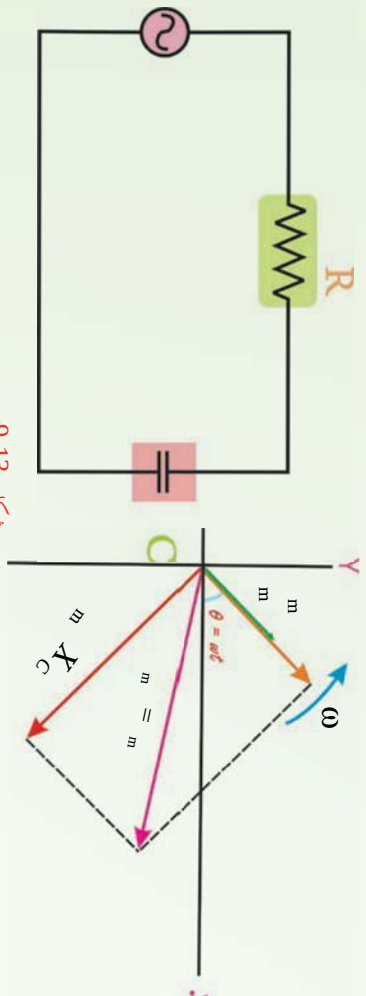
مقدار ولتيج مجموعی عبارت است از:

$$\begin{aligned} V_m &= \sqrt{(V_m)^2 + (X_C)^2} \\ &= \sqrt{V_m^2 + X_C^2} \end{aligned}$$

افاده یی که در این حالت امپدانس را تعریف می نماید عبارت است از:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$





شکل (9-13)

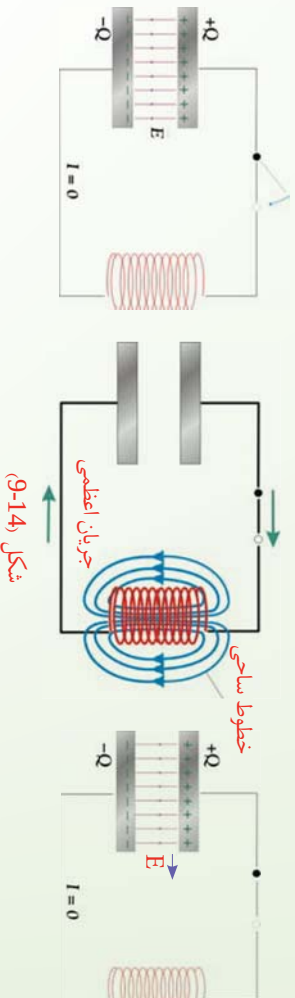
فکتور طاقّت را برای سرکت RC میتوانیم چنین بنویسیم:

$$\cos \phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

9-7: سرکت های LC

ساده ترین سرکتی که بدون جنراتور، یک جریان برقی نوسانی را نشان می دهد عبارت از سرکت LC است، یعنی این سرکتی است که بدون یک کوایل و یک خازن چیزی دیگری ندارد. طور مثال فرض می نماییم که در $t = 0$ یک خازن چارج دار با یک کوایلی وصل می گردد که در این لحظه در سرکت جریان برق وجود ندارد، چنانچه در شکل (9-14a) نشان داده شده است. چون خازن چاردار است و دارای ولتیی $V_C =$ میباشد، بنابراین سبب جاری شدن جریان در سرکت میشود، چنانچه در شکل (9-14b) نشان داده شده است. خازن به سرعت از چارج خالی می گردد و ولتیی آن به صفر سقوط می کند، ولی جریان در سرکت جاری خواهد بود. زیرا کوایل جریان را در سرکت حفظ می نماید. در حقیقت، جریان برق تا زمانی جاری باقی میماند که خازن به صورت مکمل در جهت مخالف به خاطر توقف جریان، چارج گردد، چنانچه در شکل (9-14c) نشان داده شده است. در این وقت جریان برق واپس به مسیری جاری می گردد که از آن آمده است و حوادث مشابه تکرار می گردند، که سبب امیترزات متواتر جریان میشود. این امیترزات دوام می کند زیرا نه کوایل و نه هم خازن انرژی را ضایع می کند. این حالت به صورت مکمل مشابه به حالتی است که یک کتله توسط یک فنر در محیطی امیترز می کند که در آنجا اصطکاک وجود ندارد، چنانچه در شکل (9-14) نشان داده شده است. در $t = 0$ خازن بالای لوحه های خود دارای چارج

Q میباشد، یعنی که خازن به اندازه $\frac{Q^2}{2C} = e$ ذخیره انرژی دارد. این حالت مشابه به حالتی است که فنر به اندازه فاصله x منقبض گردیده و به اندازه $\frac{1}{2} k x^2 = e$ انرژی پوتانسیل را ذخیره مینماید. بعد از مدتی چارج خازن صفر میشود، بنابراین دارای انرژی نمیشد. مگر این انرژی ضایع نمی گردد، بلکه حال این انرژی در کویل می باشد، چیزی که جریان برق I را انتقال می دهد و انرژی $e = \frac{1}{2} I^2 = \frac{1}{2} k x^2$ را ذخیره می کند. این حالت در سیستم کتله - فنر مطابقت به وضعیتی مینماید که فنر در حالت تعادل واقع باشد. در این وقت انرژی مجموعی سیستم عبارت از انرژی حرکی کتله $(k = \frac{1}{2} m^2)$ میباشد، و در فنر انرژی ذخیره شده وجود ندارد.



چون جریان برق ادامه دارد، این جریان خازن را با قطبیت مخالف تا زمانی میکند که اندازه چارج آن به Q و ذخیره انرژی آن به U_c حالتی برسد که در بود. در سیستم کتله - فنر این حالت به همان حالت فنر مطابقت مینماید که به اندازه مشابه x انبساط کرده باشد، که تمام انرژی ابتدایی را به شکل انرژی پوتانسیل دوباره ذخیره می کند. بنابراین می بینیم که بین خازن، فنر، کویل و کتله شباهت نزدیک وجود دارد. بر علاوه چارج خازن با انبساط فنر و جریان در کویل با سرعت کتله شباهت دارد. به طور مثال انرژی ذخیره شده در کویل $(\frac{1}{2} I^2)$ با انرژی حرکی کتله $(\frac{1}{2} m v^2)$ مطابقت دارد. از مقایسه انرژی پوتانسیلی فنر $(\frac{1}{2} k x^2)$ و انرژی ذخیره شده در خازن $(\frac{1}{2} C V^2)$ می بینیم که سفتی فنر مشابه $\frac{1}{C}$ است. از اینجا نتیجه میشود که یک خازن با داشتن ظرفیت بزرگ (C) میتواند مقدار زیادی چارج را ذخیره نماید. چنانکه یک فنر با داشتن (ثابت قوه بی کوچک) میتواند با آسانی انبساط نماید (اگر C بزرگ باشد، پس $k = \frac{1}{C}$ کوچک است).

در سیستم کتله - فنر، فریکوئسی طبیعی زاویه بی اهتزاز از خواص سیستم تعیین می گردد. یعنی:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

در شکل (9-14) فریکوئسی طبیعی سرکت LC را میتوانیم با در نظر داشت این دریافت نماییم که ولتییج rms انجام های خازن C باید مساوی به ولتییج rms انجام های کوایل باشد. این شرط را میتوانیم چنین بنویسیم:

$$e_{msC} = r_{ms} X_c = r_{ms} X$$

$$r_{ms} \left(\frac{1}{\omega C} \right) = r_{ms} (\omega)$$

برای ω دریافت مینماییم که:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f \dots\dots\dots (10-24)$$

واحد آن در SI c^{-1} است.

اگر تبدلات ذیل را به وجود آوریم $m \rightarrow \frac{1}{c}$ و $k \rightarrow \frac{1}{c}$ ، میتوانیم دریافت نماییم که:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{1}{C}}$$

مشابهت سیستم کتله- فنر و سرکت در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول: مشابهت بین سیستم کتله - فنر و سرکت LC

سیستم کتله - فنر	سرکت LC
X موقعیت Δ $= \frac{\Delta}{\Delta t}$ سرعت M کتله K ثابت قوه وی فریکوئسی طبیعی $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	Q چارج Δ $= \frac{\Delta}{\Delta t}$ جریان برق L اندکتانس $\frac{1}{C}$ معکوس ظرفیت فریکوئسی طبیعی $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

تمرین:

می خواهیم که فریکوئسی طبیعی یک سرکت LC را با استیشن رادیویی FM وصل نماییم که سسکنال $88.5MHz$ را پخش می نماید. اگر در این سرکت با $1.5\mu Hz$ یک کوایل بکار برده شده باشد، به کدام ظرفیت خازن ضرورت میباشد.

حل: از رابطه $\omega = \frac{1}{\sqrt{C}}$ برای ظرفیت دریافت مینماییم که:

$$C = \frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{[2\pi(88.5 \times 10^6 \text{ s}^{-1})]^2 (1.50 \times 10^{-6} \text{ H})}$$
$$= 2.16 \times 10^{-12}$$

9-8: اتقای متقابل

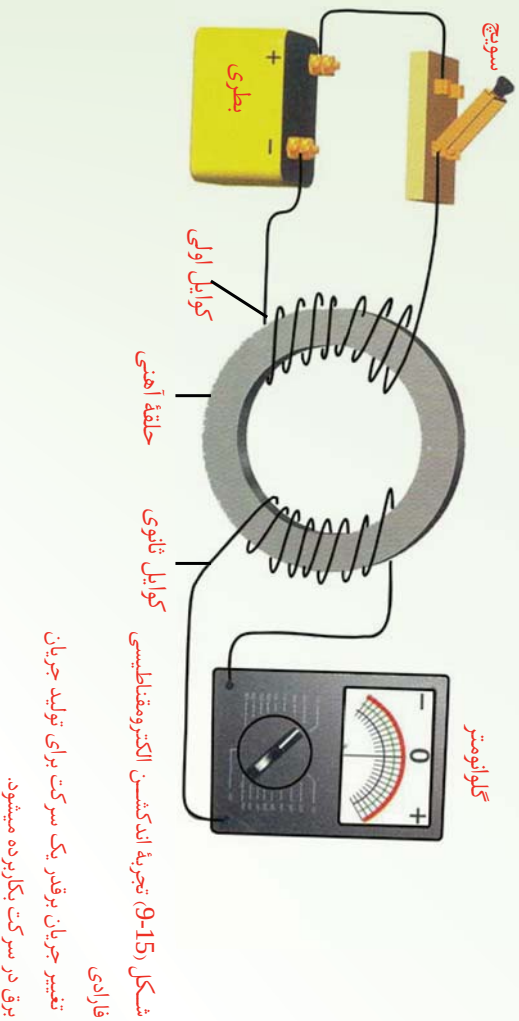
اصول اساسی اندکشن الکترومغناطیسی، مرتبهٔ اول توسط میخایل فارادی (Michael Faraday) تشریح شد. از آلات تجربی که موصوف استفاده کرده است، در شکل (9-15) نشان داده شده است. این آلات یک کوایل بوده که با سوییچ وصل گردیده و یک بتری است که عوض مغناطیس غرض تولید مساحهٔ مغناطیسی بکار برده شده است. این کوایل به نام کوایل اولی یاد میشود و سرکت آن به نام سرکت اولی یاد می گردد. مساحهٔ مغناطیسی توسط خاصیت مغناطیسی حلقهٔ آهنی که در اطراف آن کوایل اولی پیچانیده شده است قوی می گردد. کوایل دومی در طرف دیگر حلقهٔ آهنی پیچانیده شده و با یک گلوانومتر وصل گردیده است. زمانیکه مساحهٔ مغناطیسی کوایل اولی تغییر مینماید، یک قوهٔ محرکه برقی (emf) در کوایل دوم تولید می گردد. وقتیکه سوییچ در کوایل اول وصل شود، عقربهٔ گلوانومتر در سرکت دوم به یک جهت انحراف مینماید و بعداً به صفر بر می گردد. زمانیکه در سرکت اول جریان برق ثابت باشد عقربهٔ گلوانومتر صفر خوانده میشود.

پیشگویی مقدار این emf به اساس قانون اندکشن فارادی صورت می گیرد، میتوانیم قانون فارادی را طوری بنویسیم که emf تولید شده در کوایل اول متناسب یا تغییر جریان است. این کار را انجام داده میتوانیم، زیرا بین مساحهٔ مغناطیسی تولید شده توسط جریان در کوایل یا سولینوئید و خود جریان تناسب مستقیم وجود دارد. قانون فارادی از اثر تغییر جریان در سرکت اول شکل ذیل را دارد.

$$emf = -N \frac{\Delta \Phi_M}{\Delta t} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ثابت M به نام اندکتنس متقابل سیستم دو کوایل یاد میشود. اندکتنس متقابل کوایل ها مربوط به خواص هندسی و موقعیت های شان نسبت به یکدیگر میباشد. یک جریان متغیر در کوایل دوم نیز یک emf را در سرکت اول تولید مینماید. در حقیقت زمانیکه در کوایل دوم جریان تغییر مینماید، emf تولید شده در کوایل اول با داشتن عین قیمت M از معادله مشابه پیروی می کند.

emf تولید شده در کوایل دوم، با تغییر تعداد حلقه های کوایل دوم تغییر کرده میتواند. این ترتیب اساس یک آله برقی خیلی مفید را تشکیل می دهد که به نام ترانسفارمر یاد میشود و بعداً آنرا مطالعه مینماییم.

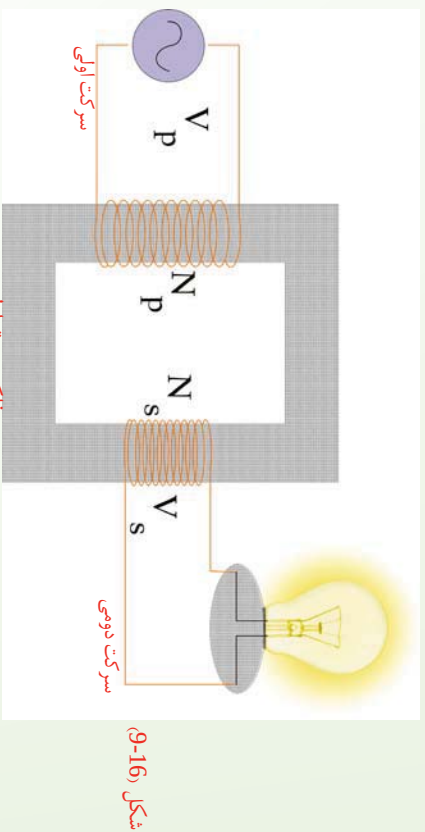


9-9: ترانسفارمر

اکثراً ضرورت واقع میشود که یک emf کوچکتر ac به emf بزرگتر تبدیل گردد، یا یک emf تطبیق شده بزرگتر به emf کوچکتر تبدیل شود. آله بی که این تبدیلات را ممکن میسازد عبارت از ترانسفارمر است.

شکل خیلی ساده آن یک ترانسفارمر ac است که مشابه به و سایل تجربه فارادی، در اطراف یک هسته آهنی نرم از پیچاندن وایر دو کوایل ساخته میشود. در شکل (9-16) طرف چپ که دارای N_1 حلقه است به یک منبع تفاوت پوتانسیل ac وصل می گردد. این کوایل به

نام حلقه های اولی یا طور خالص اولی یاد میشود. کوایل طرف راست که با مقاومت R وصل میشود و دارای حلقه های N_2 میباشد به نام حلقه های دومی یاد می گردد. مانند تجربه فارادی، هسته آهنی تقریباً تمامی خطوط ساحة مغناطیسی را طوری یکجا مینماید که از هر دو کوایل عبور نماید.



چون شدت ساحة مغناطیسی در هسته آهنی و مقطع عرضی هسته برای هر دو حلقه اولی و دومی مشابه اند، پس مقدار تفاوت پوتانسسیل های ac در انجام های هر دو حلقه تنها به سببی تفاوت مینماید که تعداد حلقه های کوایل ها متفاوت میباشد emf تطبیق شده که در حلقه های اولی سبب به وجود آمدن ساحة مغناطیسی متغیر می شود، با ساحة متغیر به اساس قانون اندکشن فارادی رابطه دارد.

$$\Delta_1 = -N_1 \frac{\Delta\Phi_M}{\Delta t}$$

به عین ترتیب، emf تولید شده در انجام های کوایل دومی عبارت است از:

$$\Delta_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

نسبت Δ_2 بالای Δ_1 سبب می شود که تمام حدود طرف راست هر دو معادله به استثنای 1 و 2 اختصار گردد. معادله ذیل حاصل شده عبارت از معادله ترانسفارمر است.

$$\Delta_2 = \frac{N_2}{N_1} \Delta_1 \quad (\text{معادله ترانسفارمر})$$

emf تطبیق شده در کوایل اول × تعداد حلقه های کوایل دوم
 $\frac{\text{تعداد حلقه های کوایل اول}}{\text{emf تولید شده در کوایل دوم}}$

طریق دیگر نشان دادن این معادله اینست که نسبت تفاوت پوتانسیل ها مساوی به نسبت تعداد حلقه ها وضع شود.

$$\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

اگر N_2 نسبت به N_1 بیشتر باشد، emf انجام های کوایل دومی نسبت به کوایل اولی بیشتر می باشد، و این نوع ترانسفارمر به نام ترانسفارمر افزایشده (step-up transformer) یاد می نمایند. اگر N_2 نسبت به N_1 کمتر باشد، emf انجام های کوایل دومی نسبت به کوایل اولی، کوچکتر بوده و این نوع ترانسفارمر به نام ترانسفارمر کاهش دهنده (step-down transformer) یاد میشود. از اینجا دیده میشود که یک ترانسفارمر بعضی کمیات را طور رایگان تهیه مینماید. طور مثال یک ترانسفارمر افزایشده میتواند emf تطبیق شده را از 10v به 100v بلند ببرد طوریکه طاقت خروجی از کوایل دوم مساوی به طاقت ورودی به کوایل اولی میباشد. در حقیقت انرژی به شکل حرارت و تشعشع ضایع میشود، بنابراین طاقت خروجی نسبت به طاقت ورودی کوچکتر خواهد بود. تزاید emf تولید شده در کوایل دوم به این معنی است که در آن باید در جریان یک کاهش متناسب صورت بگیرد.

مثال: از یک ترانسفارمر افزایشده در لین استفاده میشود تا تفاوت پوتانسیل تهیه نماید اگر کوایل اولی دارای 75 حلقه باشد کوایل دومی باید دارای چند حلقه باشد؟

حل:

$$\text{کمیت های معلوم: } N_1 = 75 \text{ turns}, \Delta_2 = 2400, \Delta_1 = 120$$

$$N_2 = ?$$

یک حالت را انتخاب نمایید: از معادله ترانسفارمر استفاده نمایید:

$$\Delta_2 = \frac{N_2}{N_1} \Delta_1$$

شکل (9-17)،



برای دریافت کمیت مجهول معادله را دوباره بنویسید:

$$N_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} N_1$$

قیمت های مربوط را در معادله وضع و آنرا حل نمایید:

$$N_2 = \left(\frac{2400}{120}\right) 75 \text{ turns} = 1500 \text{ turns}$$

$$N_2 = 1500 \text{ turns}$$

از یاد حلقه ها در کوایل دومی نشان می دهد که emf در کوایل دوم بیشتر است و ضریب افزایشده ترانسفرمر 1:20 میباشد.

9-10: جنراتورها) a (

شما میدانید که در یک سرکت، جریان برق میتواند با توسط تغییر ساحة مقاطیسی و یا توسط حرکت سرکت در داخل یا خارج ساحة مقاطیسی تولید گردد. طریق دیگر تولید جریان برق عبارت از تغییر موقعیت حلقه نسبت به ساحة مقاطیسی میباشد. طریقۀ دوم برای تولید جریان برق طریق عملی تولید انرژی برقی را نشان می دهد. در حقیقت انرژی میخانیکی که برای چرخاندن حلقه بکاربرده میشود، به انرژی برقی تبدیل می گردد. آله بی که این تغییر را انجام می دهد. به نام جنراتور برقی یاد میشود. در بیشتر دستگاه های تجارتی طاقت، انرژی میخانیکی به شکل انرژی دورانی تهیه می شود. طور مثال در دستگاه تولید برق آبی، آب از یک ارتفاع بالای پره های توربین طور مستقیم سقوط می کند و سبب دوران توربین می شود. در دستگاه های تولید برق حرارتی از ذغال سنگ و گاز طبیعی به حیث مواد سوخت به خاطر تبدیل آب به بخار استفاده میشود، و این بخار برای دوران توربین مستقیماً بالای پره های توربین وارد می گردد.

اساس یک جنراتور را حرکت دورانی یک توربین به خاطر چرخاندن حلقه وایر در یک ساحة مقاطیسی تشکیل می دهد. یک جنراتور ساده در شکل (9-18) نشان داده شده است. زمانیکه حلقه میچرخد مساحت مؤثر حلقه نسبت به وقت تغییر مینماید، و در سرکت خارجی که در انجام های حلقه وصل گردیده است، یک emf و جریان برق را تولید می نماید. یک جنراتور به صورت متمادی یک متغیر را تولید می کند. حلقه بی از وایر را در نظر می گیریم که با سرعت زاویوی ثابت در یک ساحة مقاطیسی منظم می چرخد. میتواند حلقه متشکل از چهار وایر هادی باشد.





در این مثال حلقه در ساحةً مقناطیسی در جهت مخالف عقربه ساعت میچرخد که جهت آن به طرف چپ است.

زمانیکه مساحت حلقه بالای خطوط ساحةً مقناطیسی عمود باشد، چنانچه در شکل (9-19) نشان داده شده است، هر قسمت وایر در حلقه با خطوط ساحةً مقناطیسی طور موازی حرکت می نماید. در این لحظه ساحةً مقناطیسی بالای چارج های هر قسمت وایر قوه وارد نمی کند.

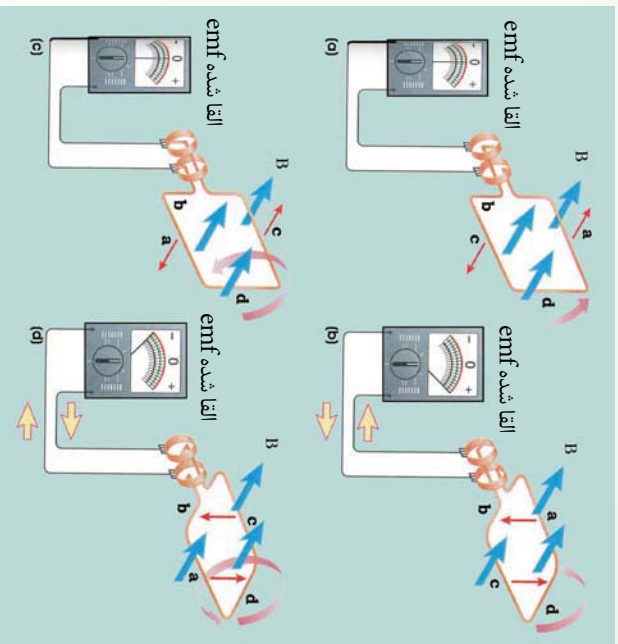
بنابراین در هر قسمت، emf القا شده صفر است. زمانیکه چرخش حلقه از این موقعیت عبور می کند، قسمت های a و c خطوط ساحةً مقناطیسی را قطع می کند، بنابراین قوه مقناطیسی بالای چارج های این قسمت ها عمل می نماید، و به این سبب emf القا شده بیشتر می گردد. جهت قوه مقناطیسی

شکل (9-18) در یک جنراتور ساده، از اثر چرخیدن حلقه های هادی در یک ساحةً مقناطیسی، در حلقه ها جریان متناوب برق تولید می شود.

بالای چارج های قسمت های b و d از وایر به طرف خارج است. بنابراین حرکت این قسمت ها emf و جریان را حمایت نمی کند.

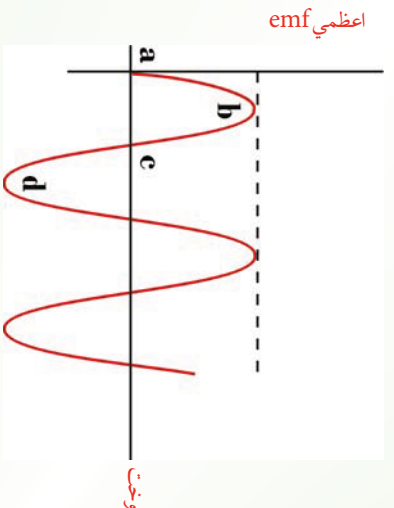
بالای چارج ها بزرگترین قوه مقناطیسی و کوچکترین emf در لحظه بی واقع می گردد که قسمت های a و c بالای خطوط ساحةً مقناطیسی طور عمود حرکت می نماید، چنانچه در شکل (9-19) نشان داده شده است. این حالت زمانی واقع میشود که مستوی حلقه با خطوط ساحة موازی باشد.

چون قسمت a در ساحة به طرف پایین حرکت می نماید در حالیکه قسمت c به طرف بالا می رود، پس emf های آن ها دارای جهات مخالف میباشند، مگر هر دو، جریانی در جهت مخالف عقربه ساعت تولید می کنند. تا وقتیکه حلقه به دوران ادامه می دهد، قسمت های a و c کمترین خطوط را قطع مینماید و emf کوچک میشود. زمانیکه مستوی حلقه بالای ساحة مقناطیسی عمود میشود، حرکت قسمت های a و c بار دیگر صفر میشود، چنانچه در شکل (9-19) نشان داده شده است. حال قسمت های a و c در جهات مخالف همان موقعیت ها در حرکت میباشند که در حالات a و b داشت. در نتیجه قطبیت، emf القا شده و جهت جریان در جهت مخالف تغییر می نماید. چنانچه در شکل (9-19) نشان داده شده است



شکل 9-19، در ساحةً مغناطیسی برای
حلقهٔ دورانی، emf القا شده
زمانی صفر است که حلقه بالای ساحة
عمود باشد،
مانند حالات a و c ، و قیمت اعظمی را
دارد زمانی که
حلقه با ساحة موازی باشد. چنانچه در
حالات b و d نشان داده شده است.

زمانیکه حلقه می چرخد، گراف



شکل (9-20) در حلقهٔ دورانی تغییر القا شده
نسبت به وقت توسط یک موج مانند نشان
داده میشود.
حروف بالای منحنی با موقعیت های حلقه در
شکل مطابقت می نمایند.

تغییر emf به تابع وقت در شکل (9-20)
نشان داده شده است. گفتنی است که بین
این گراف و منحنی سین (sin) شباهت
و وجود دارد. چهار محل نشانی شده بالای
منحنی شکل (9-19) با چهار موقعیت حلقه
نسبت به ساحةً مغناطیسی مطابقت می نماید.
در موقعیت های a و c emf صفر است.
این موقعیت ها به همان لحظه یی مطابقت
می کند که مستوی حلقه با جهت ساحةً
مغناطیسی موازی باشد، در موقعیت های b و
 d ، emf دارای قیمت های اعظمی و اصغری
خود میباشد.

این موقعیت ها با لحظاتی مطابقت می کند که
مستوی حلقه بالای ساحةً مغناطیسی عمود
باشد. emf القا شده در حلقه در نتیجهٔ تغییر

ثابت زاویه بین عمود بالای حلقه و خطوط ساحةً مغناطیسی حاصل می شود. معادله برای emf تولید شده را توسط جنراتور میتوانیم از قانون اندکشن فارادی بدست آوریم. در این معادله (emf) زاویه موقعیت نسبی توسط افاده معادل آن () تعویض گردیده است. در اینجا ω فریکونسی زاویوی موقعیت نسبی $2\pi f$ میباشد.

$$emf = NAB\omega \quad \omega t$$

معادله فوق مانند گراف شکل (20-9) تغییر سینوسايدل emf را نسبت به وقت نشان می دهد. با آسانی میتوانیم قیمت اعظمی emf را برای یک تابع سینوسايدل محاسبه نماییم. emf زمانی قیمت اعظمی را دارد که مستوی حلقه با ساحةً مغناطیسی موازی باشد، یعنی زمانی که $\omega t = 1$ باشد. از اینجا $\theta = 90^\circ = \omega t$ ، میباشد. در این حالت افاده فوق شکل ذیل را اختیار مینماید:

$$emf = NAB\omega \quad | \text{ اعظمی}$$

گفتنی است که emf اعظمی، تابع چهار کمیت میباشد، که آنها عبارت اند از: تعداد حلقه ها (N)، مساحت حلقه (A)، ساحةً مغناطیسی (B) و فریکونسی زاویوی دورانی (ω) .

جهت جریان متناوب با فریکونسی ثابت تغییر مینماید

گفتنی است که در شکل (20-9) emf از مثبت به منفی تبدیل می گردد. در نتیجه، جریان خروجی از جنراتور جهت خود را طور منظم تغییر می دهد. این نوع جریان برق به نام جریان متناوب (alternating current) یا ac یاد میشود. در یک جنراتور ac اندازه دوران های کوایل قیمت اعظمی emf تولید شده را تعیین مینماید. فریکونسی جریان متناوب یک کشور نسبت به کشور دیگر تفاوت دارد. در آیالات متحده، کانادا و امریکای مرکزی برای جنراتورهای تجارتي، فریکونسی دارای 60Hz است. این چنینین معنی می دهد که جهت یک سايکل مکمل emf در هر ثانيه 60 مرتبه تغییر مینماید. در انگلستان، اروپا و تعداد بیشتر کشورهای آسیایی و افریقایی 50Hz به کار برده میشود، $2\pi f = \omega$ است و فریکونسی f توسط Hz اندازه میشود).



خلاصه فصل:

- در اثر حرکت میله مغناطیسی نسبت به کواایل در کواایل جریان تولید می گردد. این واقعه را القای الکترومغناطیسی و جریان تولید شده را جریان القا شده برقی می گویند.
- عبور خطوط ساحة مغناطیسی از مساحت یک حلقه عبارت از فلکس مغناطیسی است، پس در نتیجه تغییر فلکس نظر به زمان در حلقه، قوه محرکه برقی تولید می شود که به نام قوه محرکه برقی (emf) القا شده یاد میشود.
- فلکس مغناطیسی که از یک سطح عبور می کند طور ذیل تعریف و توسط حرف Φ نشان داده میشود. $\Phi = AB \cos \theta$
- درینجا θ زاویه بین جهت ساحة مغناطیسی $\vec{B}$ و خط عمود بالای سطح حلقه میباشد.
- انرژی که در ساحة مغناطیسی کواایل ذخیره میشود، توسط رابطه ذیل بدست می آید.
$$C = \frac{1}{2}$$
- انرژی که در ساحة برقی خازن ذخیره میشود، توسط رابطه ذیل حاصل می گردد:
$$C = \frac{q^2}{2C}$$
- آله بی که یک emf کوچکتر ac را به emf بزرگتر یا یک emf تطبیق شده بزرگتر را به emf کوچکتر تبدیل می نماید عبارت از ترانسفاورمر است.
- آله بی که انرژی میخانیکی را به انرژی برقی تبدیل می نماید به نام جنراتور یاد میشود.



سؤالات فصل:

1. تفاوت بین فلکس مغناطیسی و ساحة مغناطیسی چیست؟
2. یک حلقه بی از وایر در بین ساحة مغناطیسی قرار دارد. برای کدام موقعیت حلقه، فلکس اعظمی است؟ برای کدام موقعیت فلکس صفر است؟
3. یک کویل مستطیل شکل که دارای 50 حلقه و $50\text{cm} \times 10.0\text{cm}$ ابعاد میباشد از محلی که $B = 0$ است به محلی که $B = 0.500T$ است طوری سقوط مینماید که جهت ساحة مغناطیسی بالای مستوی حلقه عمود می باشد. اگر این تغییر مکان برای مدت $0.250s$ صورت بگیرد، قوه محرکه برقی القا شده وسطی را در کویل محاسبه نمایید.
4. یک الکترومقناطیس قوی بالای مساحت مقطع عرضی $0.200m^2$ یک ساحة مغناطیسی منظم $1.60T$ را تولید مینماید. یک کویلکه دارای 200 حلقه و به صورت کل 20.0Ω مقاومت دارد در اطراف الکترومقناطیس گذاشته میشود. بعداً در الکترومقناطیسی جریان برق را کاهش میدهیم تا اینکه در مدت $20.0ms$ به صفر برسد. جریان برق القا شده را در کویل دریافت نمایید
5. یک کویل که دارای مساحت $0.100m^2$ میباشد، با $\frac{re}{c}$ 60.0 در اطراف محوری می چرخد که بالای ساحة مغناطیسی $0.200T$ عمود باشد.
- a) اگر کویل دارای 1000 حلقه باشد، emf تولید شده اعظمی را در کویل دریافت نمایید؟
- b) زمانیکه ولتییج تولید شده اعظمی باشد، کویل نسبت به ساحة مغناطیسی دارای چگونه موقعیت میباشد؟



مأخذ:

1. PHYSICS (PRINCIPLES WITH APPLICATIONS), by Douglas C. Gain Coli, Published by Pearson Education Inc, 2005.
2. PHYSICS by James S. Walker, Pearson Education Inc. USA, New Jersey, 2004
3. PHYSICS by R.A. Serwey and J.S. Faughn, 2006 by Holt, Rinhart and Winston.
4. PHYSICS, A Text book, published by Surat Publishing Company, Printed in TURKEY, 1996.
5. Physics for Scientists and Engineers, by Raymond- A. Serway, Thomson Asia PTE. LTD, 2003
6. Physics 3 (OPTICS), by Mehmet Ali YAZ, SURAT Publication, ISTANBUL, 1996

7. کتاب درسی فزیک صنف یازدهم مکاتب تعلیمات عمومی، ریاست تألیف و ترجمه، وزارت معارف، کابل، 1381 هـ.ش.
8. اصول فزیک (جلد اول)، هانس سی. او هانیان، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، 1383 هـ.ش.
9. فزیک (1) وازمایشگاه، شورای برنامه ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی، وزارت آموزشی و پرورش ایران، 1386 هـ.ش.
10. فزیک (3) و آزمایشگاه، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش، شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، 1385 هـ.ش.

