

فیزیک (۲)

(دوره دوم متوسطه-ریاضی فیزیک)

سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

الکتریسته ساکن

نکاتی در رابطه با بارهای الکتریکی:

۱- اجسام در اثر مالش با پارچه ابریشمی دارای بار الکتریکی می شوند. پلاستیک دارای بار منفی و شیشه دارای بار مثبت می گردد.

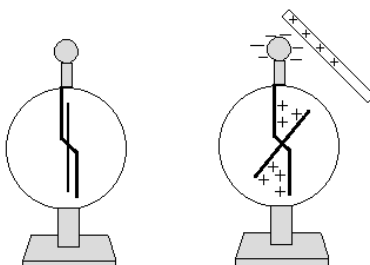
۲- در یک اتم خنثی ، تعداد الکترون ها با تعداد پروتونها برابر است و بنابراین بار خالص صفر است. هنگام مالش اجسام الکترون تولید نمی شود یا از بین نمی رود، بلکه تعدادی الکترون از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود. جسمی که الکترون از دست می دهد تعداد الکترونهاش کمتر از تعداد پروتونهای آن می شود و جسم دارای بار مثبت می شود، و جسمی که الکترون می گیرد تعداد الکترونهاش بیش تر از پروتونهای آن می شود و جسم دارای بار منفی می شود.

۳- نوع باری که یک جسم بر اثر مالش پیدا می کند را می توان بر اساس جدولی موسوم به سری تریبو الکتریک (سری الکتریکی مالشی) تعیین نمود. در این جدول مواد پایین تر الکترون خواهی بیشتری دارند ، یعنی اگر دوماه در تماس با یکدیگر قرار گیرند ، الکترون ها از ماده ی بالاتر جدول به ماده ای که در زیر جدول قرار دارند منتقل می شوند. مثلاً اگر تفلون با نایلون مالش داده شود، الکترون ها از نایلون به تفلون منتقل می شوند.

۴- یکای بار الکتریکی کولن (C) نام دارد.

۵- بارهای ناهمنام یکدیگر را می ربایند و بارهای همنام یکدیگر را می رانند.

۶- بار دار بودن یک جسم ونوع بار الکتریکی اجسام را می توان به وسیله ی الکتروسکوپ تشخیص داد، ساختمان الکتروسکوپ به شکل زیر است:



سری تریبو الکتریک
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهریا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

نکته - اگر مقدار بار موجود بر روی دو کره ی رسانا با شعاع های برابر، q_1 و q_2 باشد و سپس این دو کره را به هم متصل کنیم و از هم جدا نماییم، بار هر کره پس از جدا شدن به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

q_1 و q_2 : مقدار بار الکتریکی هر کره قبل از اتصال

q'_1 و q'_2 : مقدار بار الکتریکی هر کره پس از اتصال

دستگاه منزوی: دستگاهی که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

دو اصل مهم الکتریسیته ساکن:

۱- اصل پایستگی بار: مجموع جبری همه ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است، یعنی بار می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

۲- اصل کوانتیده بودن بار: باری که یک جسم به دست می آورد یا از دست می دهد همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است. (e بار یک الکترون است و مقدار آن برابر 1.6×10^{-19} کولن است).

$$q = \pm ne$$

n : تعداد الکترون ها

q : بار الکتریکی (c)

تمرین ۱- یک حصار سیمی عایق بندی شده از زمین می تواند توسط بادی که به آن می وزد باردار می شود، چرا؟

تمرین ۲- چرا وقتی روکش پلاستیکی غذا را روی یک ظرف پلاستیک می کشید و آن را درلبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت می ماند؟

تمرین ۳- با توجه به جدول سری تریبو الکتریک تعیین کنید در صورتیکه آلومینیم با کاغذ مالش داده شود، هر کدام دارای چه نوع بار الکتریکی می شوند؟

تمرین ۴- یک میله پلاستیکی را با پارچه ی پشمی مالش می دهیم. پس از مالش ، بار الکتریکی میله پلاستیکی -۸۰ nC می گردد.

- الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟
 ب) تعداد الکترون های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.
 پ) با محاسبه توضیح دهید آیا بار الکتریکی یک جسم می تواند $۱۰^{-۲۰} \times ۴$ کولن باشد؟

تمرین ۵- در رابطه با اتم $^{۱۲}_6\text{C}$ به پرسش ها پاسخ دهید:

- الف) بار الکتریکی اتم وهسته کربن چند کولن است؟
 ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

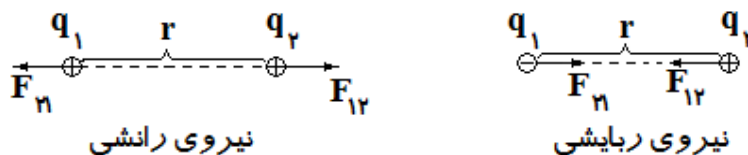
تمرین ۶- چگونه توسط یک الکتروسکوپ می توانیم تشخیص دهیم که:

الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا عایق؟

پ) نوع بار میله ی باردار چیست؟

قانون کولن: نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه ای که در راستای خط مستقیم بین آنها اثر می کند با حاصلضرب بزرگی بارها ($q_1 \times q_2$) رابطه ی مستقیم و با مجذور فاصله ی آنها از یکدیگر (r^2) رابطه ی وارونه دارد:



$$F_{12} = F_{21} = \frac{K |q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \quad \frac{N.m^2}{C^2}$$

q_1 و q_2 : اندازه ی بارهای الکتریکی (C)

r : فاصله ی دو ذره ی باردار (m)

F : نیروی بین دو ذره ی باردار (N)

k : ثابت قانون کولن ($\frac{N.m^2}{C^2}$)

ϵ_0 : ثابت گذردهی الکتریکی خلأ ($9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$)



ترازوی پیچشی کولن: در یک سر یک میله ی نارسنای سبک افقی یک گوی

باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن یک قرص قرار دارد، در حالیکه میله ی نارسنا از وسط توسط یک رشته سیم کشسان و نازک آویخته شده است. یک گوی مشابه با بار منفی از حفره ای به داخل استوانه ی شیشه ای برده می شود. درجه هایی بر سطح استوانه حک شده است که فاصله ی زاویه ای بین دو گوی باردار را نشان می دهد. نیروی مؤثر بین این بارها از فاصله ی زاویه ای در وضعیت تعادل به دست می آید.

مولد واندوگراف: وسیله ای است که با حرکت تسمه ی آن بار الکتریکی روی کلاهک توخالی آن ایجاد می شود.

نکته ۱- طبق قانون سوم نیوتن نیرویی که هر یک از دو ذره ی باردار به یکدیگر وارد می کنند با هم برابرند.

نکته ۲- برای حل مسائل نسبت دو نیرو (چند برابری) می توان از رابطه ی زیر کمک گرفت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1}{q_1} \times \frac{q'_2}{q_2} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

مثال ۱- دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -3\mu C$ در فاصله چند سانتی متری از یکدیگر قرار بگیرند تا ۶۰ نیوتن نیرو بر یکدیگر وارد کنند؟

مثال ۲- دو کره ی بسیار کوچک و بدون بار در فاصله ی ۳۰ میلی متری از یکدیگر ثابت شده اند. اگر 5×10^{12} الکترون از یکی از کره ها بگیریم و به کره ی دوم بدهیم ، نیرویی که بر هم وارد می کنند چند نیوتن خواهد بود؟

مثال ۳- مجموع بار الکتریکی دو ذره ی باردار با بار الکتریکی همنام $12\mu C$ است. اگر این دو ذره در فاصله ی ۶cm از یکدیگر قرار گیرند نیروی ۸۰ نیوتن برهم وارد می کنند. اندازه ی بار هریک از ذرات چند میکروکولن است؟

مثال ۴- با کلمات مناسب کامل کنید.

- الف) اگر اندازه هریک از دو ذره ی باردار را سه برابر کنیم نیروی الکتریکی بین آنها.....برابر می شود.
 ب) اگر فاصله ی بین دو ذره ی باردار را دو برابر کنیم نیروی بین آنها.....برابر می شود.
 پ) اگر اندازه ی یکی از دو ذره باردار دو برابر شود نیروی بین آنها برابر می شود.
 ت) اگر فاصله دو ذره باردار دو برابر و اندازه بار الکتریکی هریک نصف شود نیروی بین آنها.....برابر می شود.

مثال ۵- فاصله ی بین دو ذره باردار باید چند برابر گردد تا نیرویی که به هم وارد می کنند، ۴۴ درصد افزایش یابد؟

تمرین ۷- دو کره ی هم اندازه ی باردار در فاصله ی 3cm از یکدیگر ثابت شده اند. چه تعداد الکترون از یکی از کره ها بگیریم و به دیگری اضافه کنیم تا نیروی 160N به یکدیگر وارد نمایند؟

تمرین ۸- دوبر الکتريکی همنام و هم اندازه در فاصله ی معینی ازهم قراردارند. اگر نیمی از یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم نیروی بین آنها چند برابر می شود؟

تمرین ۹- با کلمات مناسب کامل کنید.

- الف) اگر اندازه هریک از دو ذره ی باردار را دوبرابر کنیم نیروی الکتریکی بین آنها.....برابر می شود.
 ب) اگر فاصله ی بین دو ذره ی باردار را نصف کنیم نیروی بین آنها.....برابر می شود.
 پ) اگر اندازه ی یکی از دو ذره باردار نصف شود نیروی بین آنها برابر می شود.
 ت) اگر فاصله دو ذره باردار نصف و اندازه بار الکتریکی هریک دوبرابر شود نیروی بین آنها.....برابر می شود.

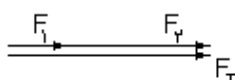
تمرین ۱۰- اگر فاصله ی بین دو ذره ی باردار را 36cm افزایش دهیم نیرویی که به هم وارد می کنند $\frac{1}{16}$ برابر می شود. فاصله ی دو ذره باردار در ابتدا چقدر بوده است؟

تمرین ۱۱- دو کره ی کوچک رسانای هم اندازه با بارهای $q_1 = -2\mu\text{C}$ و $q_1 = 18\mu\text{C}$ را به هم تماس داده و در فاصله ی 4 سانتی متری از یکدیگر قرار می دهیم. نیرویی که دو کره در این فاصله به هم وارد می کنند را به دست آورید.

اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی: نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برآیند نیروهایی است که هریک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن وارد می کنند. (در تمام حالت هایی که بررسی می شود نیروها یا همراستا و یا عمود بر هم هستند و بررسی سایر حالت ها خارج از برنامه کتاب درسی است)

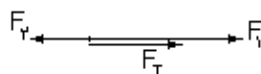
نکته: نیروی الکتریکی مانند هر نیروی دیگری کمیتی برداری است، بنابراین با توجه به اصل برهم نهی، قواعد برآیند برداری برای دو بردار نیروی F_1 و F_2 را به صورت زیر به خاطر بسپارید:

(۱) اگر دو بردار با یکدیگر هم جهت باشند:



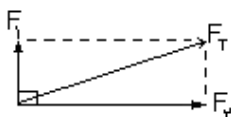
$$F_T = F_1 + F_2$$

(۲) اگر دو بردار خلاف جهت یکدیگر باشند:



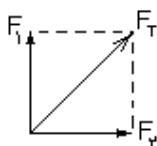
$$F_T = |F_1 - F_2|$$

(۳) اگر دو بردار عمود بر هم باشند:



$$F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

(۴) اگر دو بردار هم اندازه و عمود بر هم باشند:



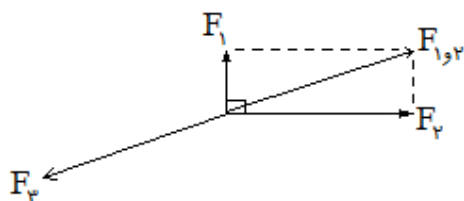
$$F_T = \sqrt{2}F_1$$

تذکر: هنگامی که از چند بردار برآیند گیری می کنید بایستی از بردارها دو به دو برآیند گیری نمایید و الویت را به به بردار های خلاف جهت و هم جهت بدهید.

نکته ۱- برآیند دو بردار هنگامی صفر است که دو بردار هم اندازه و خلاف جهت باشند.

نکته ۲- برآیند سه بردار هنگامی صفر است که برآیند دوتا از آنها با سومی برابر و خلاف جهت آن باشد. به عنوان

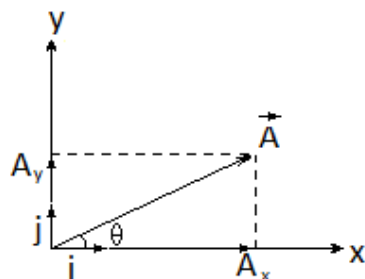
مثال اگر در شکل زیر برآیند سه بردار F_1 و F_2 و F_3 صفر باشد، آنگاه:



$$F_{21} = F_3$$

نکته ۳- برای یک ذره ی باردار ساکن (در حال تعادل) در مسائل برابند نیروها را مساوی صفر قرار دهید.

تجزیه ی یک بردار و نوشتن آن برحسب بردارهای یکه: یک واحد روی محور x ها بردار i و یک واحد روی محور y ها بردار j نامیده می شود. بر این اساس بردارها را می توان به صورت زیر برحسب i و j نوشت:



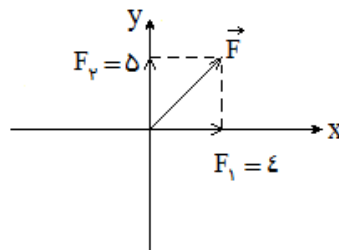
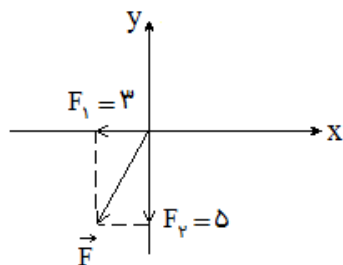
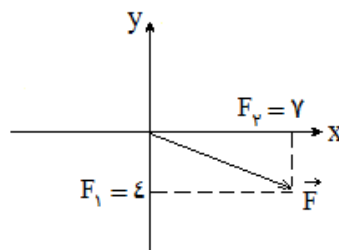
خودبردار: $\vec{A} = A_x i + A_y j$

اندازه یا بزرگی بردار: $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$

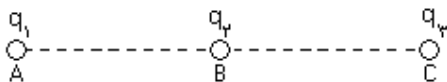
به طور مثال بردارهای زیر را بر حسب بردارهای یکه بنویسید:

$F_y = \lambda$

$F_x = \epsilon$



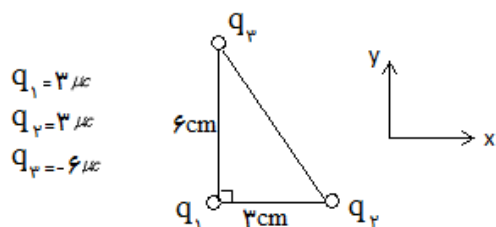
مثال ۶- سه ذره باردار مطابق شکل زیر قرار دارند. اگر $q_1 = 4\mu C$, $q_2 = -2\mu C$, $q_3 = 5\mu C$, $AB = BC = 3cm$ باشد.



الف) اندازه و جهت نیروی الکتریکی وارد بر q_3 را تعیین کنید.

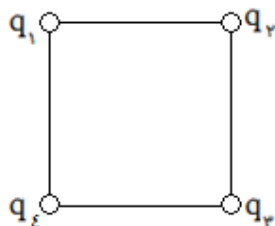
ب) نیروی برآیند وارد بر q_3 را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

مثال ۷- با توجه به شکل زیر:



الف) نیروی خالص وارد بر q_1 را بر حسب بردارهای یکه بدست آورید.
 ب) اندازه نیروی خالص وارد بر q_1 را به دست آورید.

مثال ۸- چهار ذره باردار مانند شکل زیر در چهار رأس یک مربع به ضلع 3 cm قرار گرفته اند اندازه و جهت نیروی



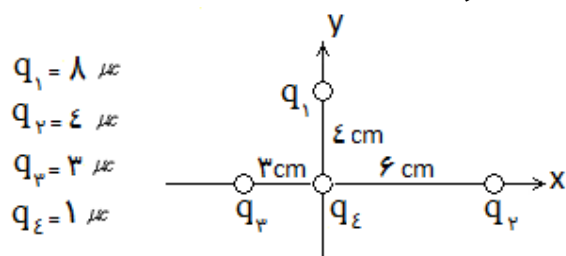
وارد بر q_3 را تعیین کنید.

$$q_1 = -6\sqrt{2} \mu C$$

$$q_2 = q_3 = 4 \mu C$$

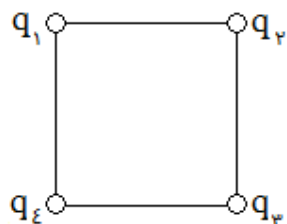
$$q_4 = 5 \mu C$$

مثال ۹- در شکل زیر نیروی خالص وارد بر q_4 را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.



مثال ۱۰- دو بار الکتریکی $q_1 = 1\mu C$ و $q_2 = 16\mu C$ در فاصله 30 cm از یکدیگر قرار گرفته اند. بار الکتریکی $+q$ را در چه فاصله‌ای از q_1 و روی خط واصل دو بار قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟

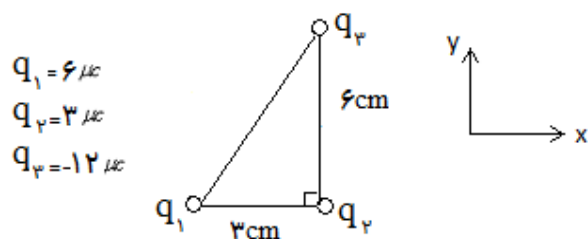
مثال ۱۱- دو بار الکتریکی q و $-4q$ در فاصله 18 cm از یکدیگر ثابت شده اند. یک ذره ی باردار سوم را در چه فاصله ای از بار q و روی خط واصل دو بار قرار دهیم تا در تعادل قرار داشته باشد؟



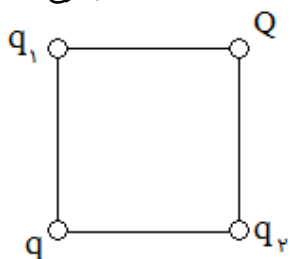
مثال ۱۲- چهار ذره ی باردار مطابق شکل در چهار رأس یک مربع به ضلع 3 cm ثابت شده اند، اندازه و علامت بار q_2 را به گونه ای تعیین کنید تا برآیند نیروهای وارد بر q_4 صفر باشد. ($q_1 = q_3 = 3\mu C$)

مثال ۱۳- دو بار الکتریکی $q_1 = q_2 = 2\mu C$ دارای جرمهای $m_1 = m_2 = 20\text{ g}$ در فاصله 3 cm از یکدیگر نگاه داشته شده‌اند. اگر دو بار الکتریکی رها شوند شتابی که در اثر نیروی الکتریکی هر یک از بارها پیدا می کند چقدر است؟

تمرین ۱۲- در شکل زیر نیروی وارد بر q_2 را بر حسب بردارهای یکه بدست آورید.

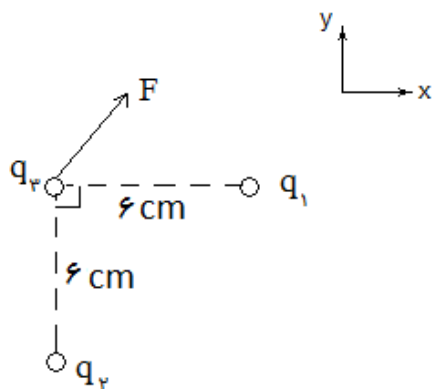


تمرین ۱۳- چهار ذره ی باردار مطابق شکل مقابل در چهار رأس مربعی به ضلع a قرار گرفته است ، اندازه و نوع بار Q را به گونه ای تعیین کنید تا بار $+q$ در تعادل باشد . ($q_1 = q_2 = 2 \mu C$)



تمرین ۱۴- در شکل زیر نیروی الکتریکی بر آیند وارد بر q_3 برابر $F = 5 \cdot N$ می باشد. علامت و اندازه ی q_1 را به دست

آورید. ($q_2 = 3 \mu C$ و $q_3 = 4 \mu C$)

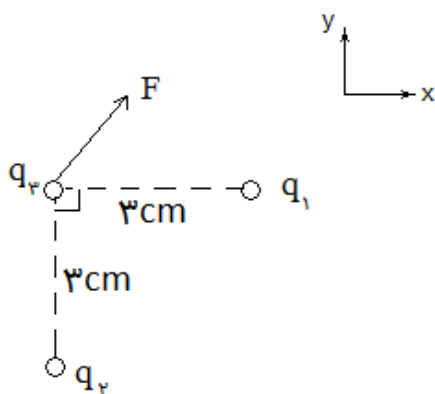


تمرین ۱۵- دوبار الکتریکی q_1 و $q_2 = -4q_1$ در فاصله ی 18 cm از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله ای از q_1 و روی خط واصل آنها بار $+q$ را قرار دهیم تا بر آیند نیروهای وارد بر آن صفر گردد؟

تمرین ۱۶ - در شکل زیر نیروی الکتریکی بر آیند وارد بر $q_3 = 2\mu C$ به صورت $\vec{F} = 10\hat{i} + 10\sqrt{3}\hat{j}$ (در مقیاس SI) است.

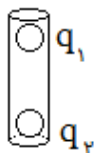
الف) علامت و اندازه q_1 و q_2 را به دست آورید.

ب) زاویه بردار نیرو را با محور x بدست آورید.



تمرین ۱۷ - درون یک استوانه مانند شکل زیر دو ذره ی باردار با بارهای $2\mu C$ در فاصله ی 30 cm از یکدیگر معلق

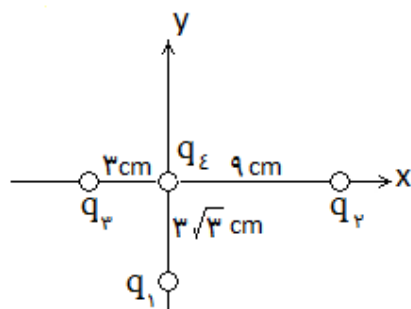
قرار گرفته اند. جرم ذره ی باردار بالایی چند گرم است؟



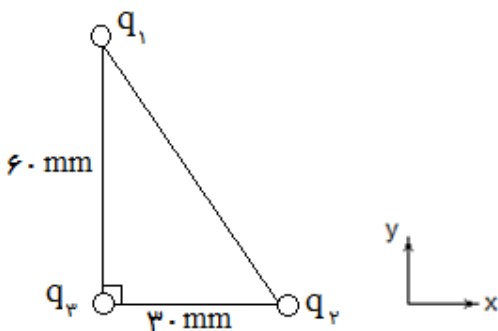
تمرین ۱۸ - باتوجه به شکل به پرسش ها پاسخ دهید: ($q_3 = q_4 = 1\mu C$, $q_2 = -1\mu C$, $q_1 = 12\mu C$)

الف) بر آیند نیروهای وارد بر q_4 را رسم و محاسبه کنید.

ب) بردار بر آیند نیروهای وارد بر q_4 را بر حسب $\hat{i}$ و $\hat{j}$ بنویسید.

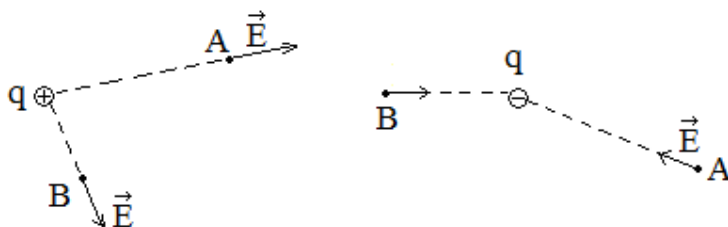


تمرین ۱۹- در شکل زیر نیروی خالص وارد بر q_3 به صورت $\vec{F} = 3.0\hat{i} - 8.0\hat{j}$ است. اگر $q_1 = 6\mu C$ باشد، q_2 چند میکروکولن است؟



تعریف میدان الکتریکی: بارهای الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی دارند که باعث می شود به بارهای دیگر نیرو وارد شود، نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم.

جهت میدان الکتریکی: جهت میدان الکتریکی در هر نقطه، هم جهت با نیروی وارد بر یک بار الکتریکی مثبت کوچک (بار آزمون یا $+q_0$) در آن نقطه است. (یعنی برای آنکه جهت میدان الکتریکی را در یک نقطه تعیین کنیم باید در آن نقطه به طور فرضی بار $+q_0$ قرار دهیم و جهت نیروی وارد بر آن را تعیین کنیم، جهت میدان هم جهت با جهت این نیرو است) به عنوان مثال به جهت میدان در نقطه ی A و B توجه کنید:

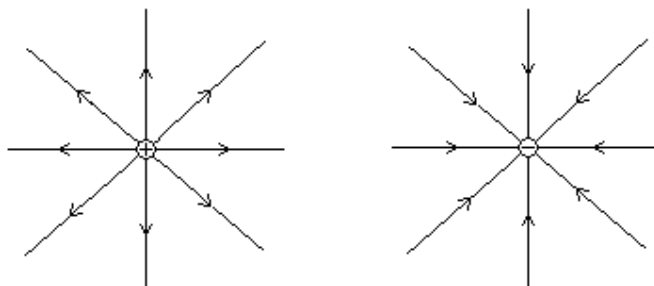


خطوط میدان الکتریکی: اگر جهت میدان الکتریکی را در تمام نقاط فضای اطراف جسم باردار مشخص کنیم، خطوطی به دست می آید که به آن خطوط میدان الکتریکی می گوئیم.

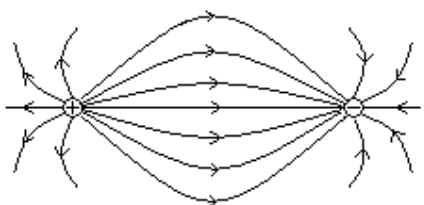
قواعد رسم خطوط میدان الکتریکی:

- ۱- در هر نقطه بردار میدان باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.
- ۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان دهنده ی بزرگی میدان در آن جاست، هر جا خطوط میدان متراکم تر باشد، بزرگی میدان بیشتر است.
- ۳- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می شوند و خطوط میدان خالص هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند.

خطوط میدان الکتریکی بارهای نقطه ای: مطابق شکل زیر و با توجه به قواعد گفته شده و با استفاده از جهت نیروی وارد بر بار آزمون ($+1C$) خطوط میدان بارهای مثبت و منفی به صورت زیر رسم می شوند:



خطوط میدان ناشی از دو قطبی الکتریکی: دو بار الکتریکی ناهمنام و هم اندازه ی مجاور هم دو قطبی الکتریکی نامیده می شود و خطوط میدان الکتریکی آن مطابق شکل زیر است:



میدان الکتریکی یکنواخت: میدانی است که اندازه ی آن در تمام نقاط یکسان است و خطوط آن موازی، هم جهت و هم فاصله اند:



نکته - وجود میدان الکتریکی مستقل از بار آزمون است.

مثال ۱۴ - خطوط میدان الکتریکی ناشی از دو بار الکتریکی هم نام و هم اندازه را در هر یک از حالت های زیر رسم کنید:

الف)

ب)

 $\oplus q$
 $\oplus q$
 $\ominus q$
 $\ominus q$

تمرین ۲۰- موارد زیر را رسم کنید.

الف) خط های میدان الکتریکی را در اطراف دو بار الکتریکی مجاور q_1 و q_2 با فرض $q_1 > q_2$ رسم کنید.

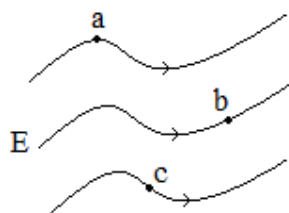
ب) خط های میدان الکتریکی را در اطراف دو بار الکتریکی مجاور q_1 و q_2 با فرض $|q_1| > q_2$ رسم کنید.

تمرین ۲۱- شکل مقابل خطوط یک میدان الکتریکی را نشان می دهد. باتوجه به شکل به سؤالات پاسخ دهید.

الف) جهت میدان (بردار میدان) را در این سه نقطه رسم کنید.

ب) آیا این میدان یکنواخت است؟ (با ذکر دلیل)

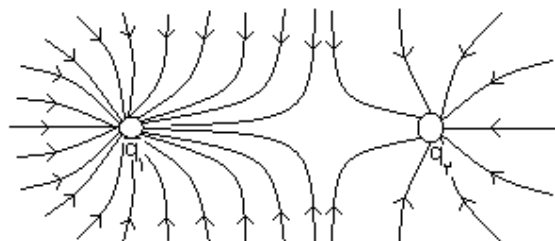
پ) اگر در نقطه a بار $-q$ قرار گیرد جهت نیروی خالص وارد بر آن را رسم کنید.



تمرین ۲۲- خطوط میدان الکتریکی بین بار نقطه ای و صفحه ی باردار شکل زیر را رسم کنید.

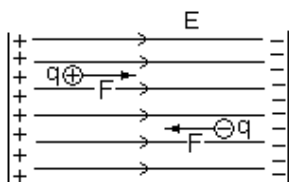


تمرین ۲۳- باتوجه به خطوط میدان رسم شده علامت ذرات باردار را تعیین کرده و اندازه ی آنها را باهم مقایسه کنید.



تمرین ۲۴- چرا خطوط میدان الکتریکی بر آیند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند؟

نکته: بر بار الکتریکی واقع در داخل میدان الکتریکی از طرف میدان الکتریکی نیرو وارد می گردد (بر بار الکتریکی مثبت هم جهت با خط های میدان الکتریکی نیرو وارد می شود و بر بار منفی خلاف جهت خط های میدان الکتریکی نیرو وارد می شود).

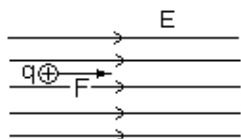


محاسبه ی اندازه ی میدان الکتریکی: میدان الکتریکی در دو حالت زیر بررسی می شود: (یکای میدان الکتریکی N/C است)

الف) محاسبه ی اندازه ی میدان الکتریکی با داشتن نیروی وارد برابر:

F: نیروی وارد بر بار الکتریکی داخل میدان (N)

q: اندازه ی بار الکتریکی داخل میدان (c)



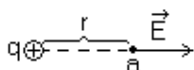
$$E = \frac{F}{|q|}$$

ب) محاسبه ی اندازه ی میدان الکتریکی بار نقطه ای در یک نقطه:

q: اندازه ی بار تولید کننده ی میدان (c)

r: فاصله از بار (m)

$$E = \frac{k|q|}{r^2}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$



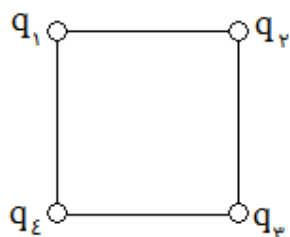
اصل برهم نهی میدان الکتریکی: میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه ای از فضا برابر مجموع میدان هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می کند.

مثال ۱۵- عوامل مؤثر بر میدان الکتریکی یک ذره ی باردار را نام ببرید.

مثال ۱۶- یک ذره ی باردار به جرم ε گرم داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت $2 \times 10^5 \text{ N/C}$ به حالت تعادل و معلق قرار گرفته است، اگر جهت خطوط میدان رو به بالا باشد، تعیین کنید؛
الف) نوع بار الکتریکی ب) اندازه ی بار الکتریکی

مثال ۱۷- دو بار الکتریکی $q_1 = -2\mu\text{C}$ و $q_2 = 4\mu\text{C}$ در فاصله ی 6cm از یکدیگر قرار گرفته اند.
الف) اندازه و جهت میدان الکتریکی برآیند را در وسط فاصله ی این دو بار تعیین نمایید.
ب) اگر بار $q = -5\mu\text{C}$ در وسط فاصله ی این دو بار قرار گیرد بزرگی نیروی وارد بر آن را به دست آورید.

مثال ۱۸- چهار ذره ی باردار مانند شکل مقابل در چهار رأس یک مربع به ضلع

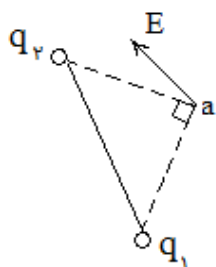


$2\sqrt{3}\text{cm}$ قرار گرفته اند، $q_1 = 2\mu\text{C}$ ، $q_2 = 4\mu\text{C}$ ، $q_3 = 6\mu\text{C}$ و $q_4 = 8\mu\text{C}$ است.

الف) اندازه و جهت میدان الکتریکی برآیند را در مرکز مربع تعیین کنید.
ب) اگر بار الکتریکی $q = -5\mu\text{C}$ در مرکز مربع قرار گیرد، نیروی خالص وارد بر آن را برحسب بردارهای یکه تعیین کنید.

مثال ۱۹- دو بار الکتریکی $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -32\mu C$ در فاصله ی 24cm از یکدیگر ثابت شده اند، در چه فاصله ای از q_2 و روی خط واصل این دو بار، بزرگی میدان الکتریکی برآیند صفر است؟

تمرین ۲۵- دو ذره باردار که روی دو رأس یک مثلث متساوی الساقین ثابت شده اند . میدان الکتریکی برآیند ناشی

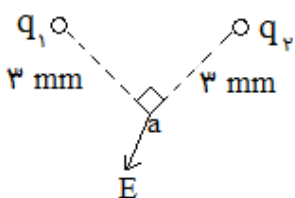


از دو بار در نقطه a به شکل زیر است.

الف) علامت هر یک از ذرات باردار را تعیین کنید.

ب) اندازه بار ذرات را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۲۶- میدان الکتریکی برآیند دو بار $q_1 = ?$ و $q_2 = 0.8\mu C$ میکروکولن در نقطه ی a برابر $E = 10^9$ نیوتن برکولن



است. علامت و اندازه ی q_1 را به دست آورید.

تمرین ۲۷- ذره ی باردار $q = -2\mu C$ به جرم 5 گرم داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت به حالت تعادل و معلق

قرار گرفته است، تعیین کنید؛

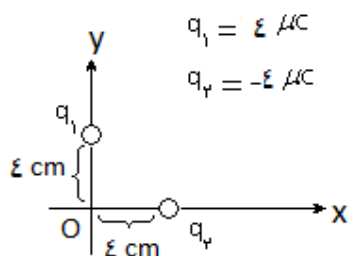
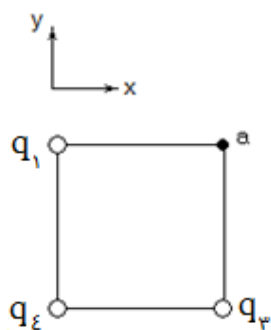
الف) جهت خطوط میدان به کدام سمت است؟

ب) بزرگی میدان چقدر است؟

تمرین ۲۸- در فاصله 6cm از یک ذره ی باردار میدان الکتریکی E است، اگر اندازه ی بار ذره را نصف کنیم، در چه فاصله ای از آن میدان الکتریکی دو برابر می شود؟

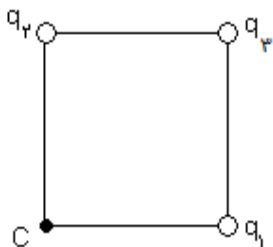
تمرین ۲۹- دوبار الکتریکی نقطه ای q_1 و $q_2 = -16q_1$ در فاصله ی معینی از یکدیگر قرار دارند. اگر در فاصله ی 12cm از q_2 روی خط واصل دوبار میدان الکتریکی برآیند صفر باشد، فاصله ی دوبار از یکدیگر چقدر است؟

تمرین ۳۰- هر ضلع مربع شکل زیر 3cm است. میدان الکتریکی هریک از بارهای الکتریکی و برآیند آنها را در نقطه ی a بدست آورید. ($q_1 = 1\mu\text{C}$, $q_2 = 10\mu\text{C}$, $q_3 = 3\mu\text{C}$)



تمرین ۳۱- دو ذره ی باردار مطابق شکل زیر روی محور x و y ثابت شده اند. میدان الکتریکی برآیند را در نقطه ی O بر حسب بردارهای یکه i و j بنویسید.

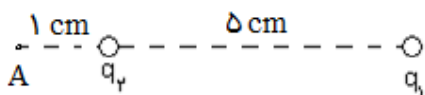
تمرین ۳۲- سه ذره ی باردار مطابق شکل زیر در ۳ رأس مربع ثابت شده اند، اگر $q_1 = q_2 = 3 \mu C$ باشد، اندازه و علامت q_3 را به گونه ای تعیین کنید که میدان الکتریکی بر آیند در نقطه ی C صفر گردد.



تمرین ۳۳- مطابق تصویر زیر $q_1 = 12 \mu C$ و $q_2 = 2 \mu C$ روی یک خط ثابت شده اند.

الف) بردار میدان الکتریکی بر آیند را بر حسب بردارهای یکه در نقطه A به دست آورید.

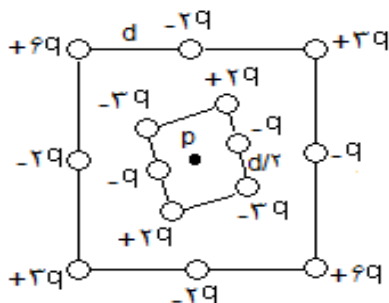
ب) اگر بار $q_1 = -2 \mu C$ در نقطه A قرار گیرد نیروی بر آیند وارد بر آن را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.



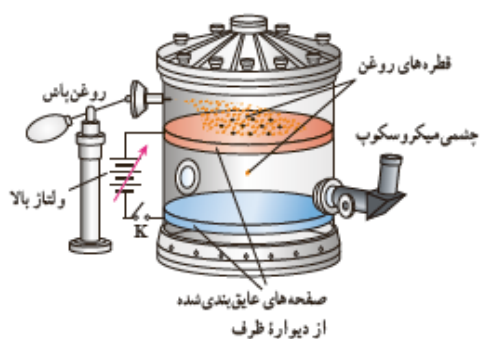
تمرین ۳۴- شکل روبه رو دو آرایه ی مربعی از ذرات باردار را نشان می دهد. مربع ها که در نقطه ی p هم مرکزند،

همردیف نیستند. ذره ها روی محیط مربع به فاصله ی d یا $d/2$ از هم قرار گرفته اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی

بر آیند در نقطه ی p چیست؟ (جواب بر حسب k، q و d باشد)



آزمایش قطره-روغن میلیکان: بار الکتریکی طبق رابطه ی $(q=\pm ne)$



کوانتیده است یعنی همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است. میلیکان بین دو ورقه ی فلزی موازی و افقی میدان الکتریکی قائم ینکناخت را توسط یک منبع ولتاژ بالا ایجاد کرد. او در مرکز ورقه ی بالایی چندین روزنه ی کوچک ایجاد کرده بود که از طریق آنها قطره های روغن حاصل از یک روغن پاش به ناحیه ی بین دو ورقه می پاشید، بیش تر این قطره ها در اثر مالش با دهانه ی خروجی روغن پاش باردار می شدند. میلیکان با تغییر دادن میدان الکتریکی بین صفحات به حرکت قطره های روغن در این فضا توجه کرد و با تحلیل این حرکت و با در نظر گرفتن مقاومت هوا، نیروی الکتریکی وارد بر هر قطره را محاسبه کرد و از آنجا بار الکتریکی هر قطره را تعیین نمود. با تکرار آزمایش او دریافت که بار قطره ها برابر بار بنیادی $(e=1/6 \times 10^{-19})$ یا مضرب درستی از این مقدار است.

محاسبه ی کار در هنگام جابه جا کردن یک بار الکتریکی با سرعت ثابت داخل میدان الکتریکی ینکناخت:

برای آنکه بار الکتریکی با سرعت ثابت داخل یک میدان الکتریکی ینکناخت جابه جا شود باید بر آن دو نیرو وارد گردد، یکی نیرویی که از طرف میدان بر بار الکتریکی وارد می شود (F_E) و دیگری نیروی خارجی که همواره خلاف جهت نیروی میدان است (F') که کار هر یک بصورت زیر محاسبه می گردد:

کار نیروی میدان: $W_E = F_E \cdot d \cdot \cos \theta \Rightarrow W_E = E \cdot |q| \cdot d \cdot \cos \theta$

کار نیروی خارجی: $W = F' \cdot d \cdot \cos \theta' \Rightarrow W = E \cdot |q| \cdot d \cdot \cos \theta'$

$F' = F_E = E|q|$

E : بزرگی میدان الکتریکی ینکناخت (N/C)

F_E : نیروی وارد بر بار الکتریکی از طرف میدان الکتریکی (N)

F' : نیروی خارجی وارد بر بار الکتریکی (N)

d : جابه جایی بار الکتریکی (m)

θ : زاویه ی بین نیروی خارجی و جابه جایی (زاویه ی F' و d)

θ' : زاویه ی بین نیروی میدان و جابه جایی (زاویه ی F_E و d)

W : کار نیروی خارجی (j)

W_E : کار نیروی میدان الکتریکی (j)

نکته ۱- اگر تغییرات سرعت بار الکتریکی صفر باشد همواره کار نیروی خارجی (W) برابر و قرینه ی کار نیروی

میدان الکتریکی (W_E) است؛
 $W = - W_{E \text{ خارجی}}$

نکته ۲- در مسائل منظور از «کار لازم برای جابه جایی بار الکتریکی» همان کار نیروی خارجی (W) است.

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی: تغییرات انرژی پتانسیل یک بار الکتریکی وقتی آن را در یک میدان الکتریکی با

سرعت ثابت جابه جا می کنیم برابر است با کار لازم برای جابه جایی بار الکتریکی؛

U_2 و U_1 : انرژی پتانسیل بار در ابتدا و انتهای جابه جایی (j)
 $\Delta U_E = U_2 - U_1$

ΔU_E : تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (j)
 $\Delta U_E = -W_E$

W_E : کار نیروی میدان (j)
 $\Delta U_E = W$

W : کار نیروی خارجی (j)

علامت کار نیروی خارجی بر روی بار الکتریکی ($W_{\text{خارجی}}$) و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU): کار نیروی

خارجی ($W_{\text{خارجی}}$) و تغییرات انرژی پتانسیل (ΔU) با توجه به رابطه ی فوق هم علامت می باشند و علامت آنها به

صورت زیر بررسی می شود؛

۱) هر گاه در یک جابه جایی داخل میدان الکتریکی دافعه های روی بار الکتریکی **افزایش** یابد $\Rightarrow W_{\text{خارجی}} > 0$ و $\Delta U > 0$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می یابد .

۲) هر گاه در یک جابه جایی داخل میدان الکتریکی دافعه های روی بار الکتریکی **کاهش** یابد $\Rightarrow W_{\text{خارجی}} < 0$ و $\Delta U < 0$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می یابد .

مثال ۲۰- برای آنکه بار الکتریکی $q = -5 \mu C$ که در داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $\frac{N}{C} \times 10^7$ قرار

دارد را به اندازه ی 10 cm در خلاف جهت خطوط میدان جابه جا کنیم.

الف) چه مقدار کار باید انجام گیرد؟

ب) کاری که میدان بر روی بار الکتریکی انجام می دهد چقدر است؟

مثال ۲۱- اگر بار الکتریکی منفی q را خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواخت، داخل میدان جابه جا کنیم

الف) علامت کار در این جابه جایی چیست؟

ب) انرژی پتانسیل بار الکتریکی چه تغییری می کند؟

تغییرات انرژی جنبشی بار الکتریکی: در صورتیکه سرعت ذره بار دار داخل میدان الکتریکی ثابت نباشد، تغییرات

انرژی جنبشی آن با کمک قضیه کار و انرژی به صورت زیر به دست می آید:

$$\Delta K = W_E + W_{\text{خارجی}}$$

تذکر: در صورتیکه نیروی خارجی بر جسم اثر نکند $W_{\text{خارجی}} = 0$ و تغییرات انرژی جنبشی به صورت زیر نوشته می شود:

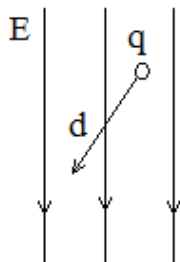
$$\Delta K = W_E$$

مثال ۲۲- ذره ای به جرم ۲ میلی گرم و بار الکتریکی $q = 1.0 \text{ nC}$ داخل میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی

$E = 8 \times 10^5 \text{ N/C}$ از حال سکون رها شده است. سرعت این ذره پس از آنکه ۲ میلی متر داخل میدان جابه جا می شود

را بر حسب m/s به دست آورید.

مثال ۲۳- مطابق شکل زیر یک ذره با بار منفی در جهت نشان داده شده پرتاب شده است:



الف) علامت کار لازم برای این جابه جایی چیست؟

ب) انرژی پتانسیل در این جابه جایی چه تغییری می کند؟

پ) انرژی جنبشی در این جابه جایی چه تغییری می کند؟

تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی: اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه نسبت تغییر انرژی پتانسیل به به بار الکتریکی

ذره است:

$$\Delta V = V_f - V_i$$

V_1 و V_2 : پتانسیل الکتریکی بار در ابتدا و انتهای جابه جایی بار الکتریکی (V)

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = -\frac{W_E}{q}$$

ΔV : اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داخل میدان الکتریکی (V) یا $\left(\frac{j}{C}\right)$

ΔU : تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (j)

W_E : کار نیروی میدان بر روی بار الکتریکی (j)

q : مقدار بار الکتریکی (c)

d : جابه جایی بار الکتریکی (m)

θ : زاویه ی بین خطوط میدان و جابه جایی

تذکر: در فرمول سوم علامت + برای سؤالاتی است که جابه جایی در به سمت صفحه مثبت میدان صورت می گیرد و علامت منفی برای سؤالاتی است که جابه جایی در به سمت صفحه منفی میدان صورت می گیرد.

نکته ۱- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه عامل شارش بار الکتریکی است، بار از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر شارش می کند، تا پتانسیل الکتریکی همه ی نقاط یکسان شود.

نکته ۲- اختلاف پتانسیل الکتریکی مستقل از نوع و اندازه ی بار الکتریکی است.

نکته ۳- پتانسیل الکتریکی نقطه ای از یک رسانا (یا مدار) که به زمین متصل است صفر فرض می شود و معمولاً به آن نقطه زمین یا پتانسیل مرجع گفته می شود.

نکته ۴- پتانسیل الکتریکی هر نقطه از میدان به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$V = \frac{U}{q}$$

نکته ۵- هرگاه در یک میدان الکتریکی یکنواخت هم جهت با خطوط میدان الکتریکی حرکت شود پتانسیل الکتریکی کم می شود و هرگاه خلاف جهت با خطوط میدان الکتریکی حرکت شود پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد.

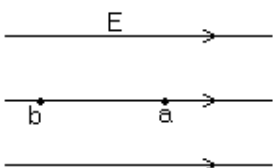
نکته ۶- وقتی گفته می شود به طور مثال یک باتری ۱۲ ولت است، یعنی اختلاف پتانسیل پایانه های + و - آن ۱۲ ولت است و چون همواره پتانسیل پایانه ی مثبت باتری از پایانه ی منفی آن بیشتر است، رابطه های زیر برای آن برقرار است:

$$\Delta V = V_f - V_i \Rightarrow \begin{cases} \text{هرگاه بار از پایانه (+) به پایانه (-) حرکت کند (۱)} & \Delta V = V_- - V_+ = -12 \\ \text{هرگاه بار از پایانه (-) به پایانه (+) حرکت کند (۲)} & \Delta V = V_+ - V_- = 12 \end{cases} \quad V_+ > V_-$$

مثال ۲۴- پتانسیل الکتریکی دو نقطه ی A و B در یک میدان الکتریکی یکنواخت به ترتیب $2 \times 10^3 \text{ V}$ و $4 \times 10^3 \text{ V}$ است، کار لازم برای جابه جایی بار الکتریکی $q = -5 \mu\text{C}$ از نقطه ی B به A چقدر است؟

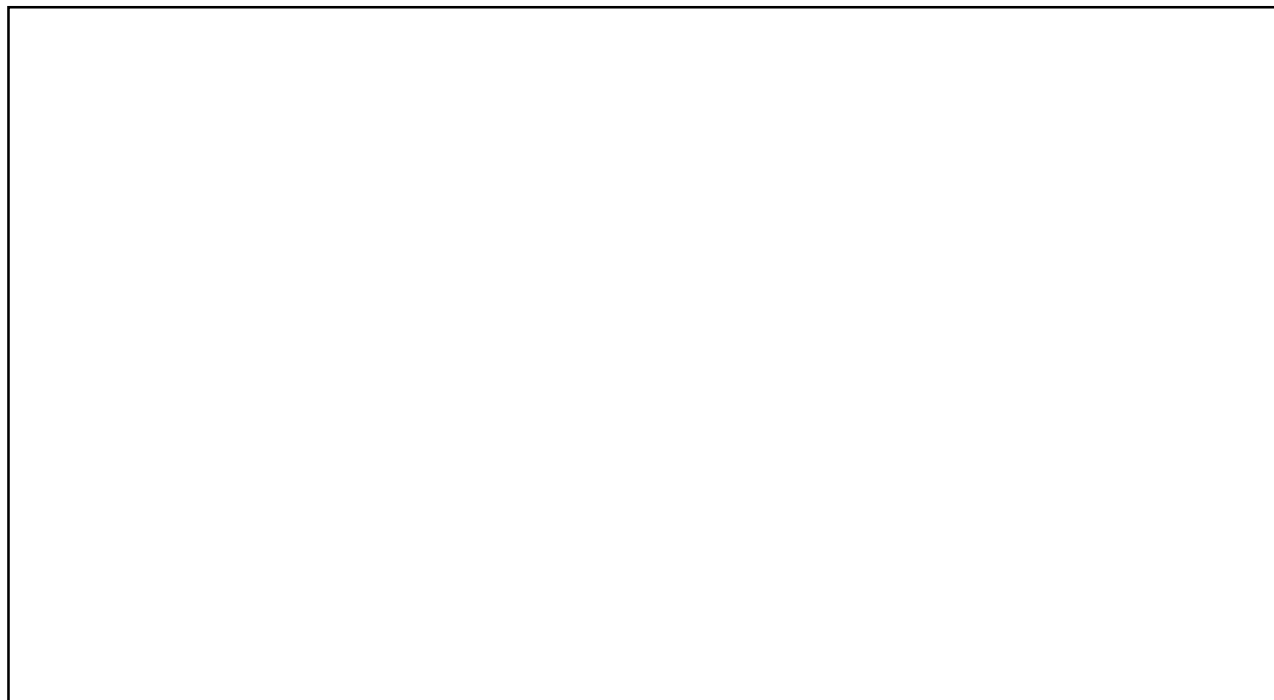
مثال ۲۵- اختلاف پتانسیل پایانه های یک باتری ۲۰ ولت است. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی را وقتی که از پایانه ی مثبت باتری به پایانه ی منفی آن جابه جا می شود بدست آورید.

مثال ۲۶- در شکل مقابل اندازه ی میدان یکنواخت $E = 3000 \text{ N/C}$ و فاصله ی ab برابر ۲ cm است. $V_a - V_b$ چند ولت است؟



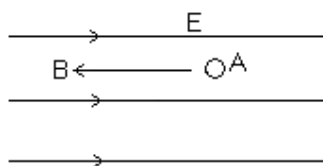
مثال ۲۷- داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $E = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، بار الکتریکی $q = 4 \mu\text{C}$ به جرم ۱۶ میلی گرم از مجاورت صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب می شود، و در مجاورت صفحه مثبت متوقف می شود. اگر فاصله دو صفحه ۰.۴ میلی متر باشد، سرعت پرتاب ذره باردار را به دست آورید.

خلاصه و جمع بندی:



تمرین ۳۵- بار الکتریکی $q = -2\mu C$ مطابق شکل زیر داخل یک میدان الکتریکی $\frac{N}{C}$ از A به B با سرعت ثابت

$$AB = 5.0 \text{ cm}$$



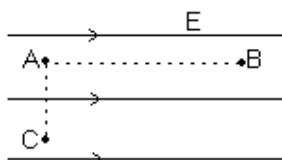
توسط یک نیروی خارجی جابه جا می شود.

(الف) کار نیروی خارجی بر روی بار الکتریکی چقدر است؟

(ب) کار نیروی میدان بر روی بار الکتریکی چقدر است؟

(پ) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در جابه جایی از B به A چقدر است؟

تمرین ۳۶- با توجه به نقاط A ، B و C داخل میدان الکتریکی یکنواخت به سوالات زیر پاسخ دهید.



(الف) بزرگی میدان الکتریکی را در نقاط A ، B و C مقایسه کنید.

(ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی $-q$ را در نقطه های A ، B و C مقایسه کنید.

(پ) پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی $-q$ را در نقطه های A ، B و C مقایسه کنید.

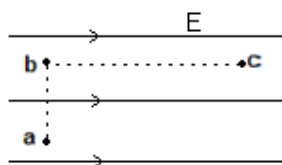
(ت) علامت کار لازم برای جابه جایی بار الکتریکی $+q$ را در جابه جایی از B به A و در جابه جایی از A به C تعیین کنید.

تمرین ۳۷- اختلاف پتانسیل پایانه های یک باتری ۱۵ ولت است.

الف) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی $q = 2\mu C$ در جابه جایی از پایانه ی مثبت به منفی باتری چقدر است؟
 ب) هرگاه پایانه ی مثبت باتری را پتانسیل مرجع فرض کنیم، پتانسیل پایانه ی منفی چند ولت می گردد؟

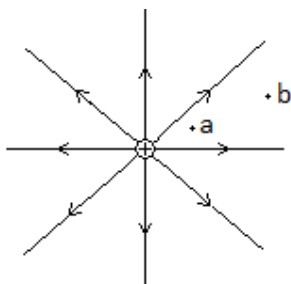
تمرین ۳۸- دو صفحه ی فلزی هم اندازه و موازی به فاصله ی 1mm از یکدیگر قرار دارند، اگر اختلاف پتانسیل 500V بین دو صفحه ایجاد شود، یک میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه به وجود می آید، بزرگی این میدان را بدست آورید.

تمرین ۳۹- مطابق شکل یک بار الکتریکی منفی، در میدان الکتریکی یکنواخت مسیر abc را با سرعت ثابت می پیماید. جدول زیر را با کلمات (افزایش، کاهش، ثابت) کامل کنید.



مسیر	انرژی پتانسیل	پتانسیل الکتریکی	میدان الکتریکی
$a \rightarrow b$			
$b \rightarrow c$			

تمرین ۴۰- با توجه به خطوط میدان شکل زیر پاسخ دهید:



الف) پتانسیل کدام نقطه بیشتر است؟

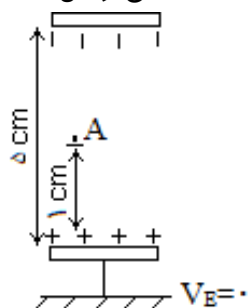
ب) میدان در کدام نقطه قویتر است؟

تمرین ۴۱- دو صفحه ی رسانای موازی وهم اندازه به فاصله ی 2 cm ازهم واقعدند و اختلاف پتانسیل بین آنها 12 V است. یک ذره با بار الکتریکی $2-$ میکروکولن از صفحه ی مثبت تا صفحه ی منفی جابه جا می شود:

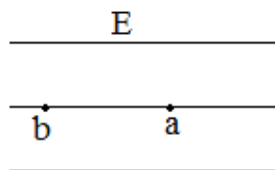
الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چقدر و چگونه تغییر می کند؟

ب) اندازه ی میدان الکتریکی بین دو صفحه راحساب کنید.

تمرین ۴۲- اختلاف پتانسیل دو میان دو صفحه باردار شکل زیر 100 ولت است و صفحه مثبت به زمین وصل شده است. پتانسیل نقطه ی A را به دست آورید.



تمرین ۴۳- در یک میدان الکتریکی یکنواخت بار الکتریکی 10^{-18} C از نقطه ی a با پتانسیل 100 ولت به نقطه ی b می رود، اگر کار لازم برای جابه جایی این ذره 2×10^{-16} ژول باشد، پتانسیل نقطه ی b چندولت است؟

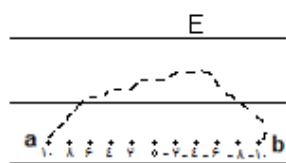


تمرین ۴۴- در شکل زیر $V_a - V_b = -200\text{V}$ است.

الف) جهت خطوط میدان را تعیین کنید.

ب) کار لازم برای آنکه بار $q = -2\mu\text{C}$ از b به a جابه جا شود را بدست آورید.

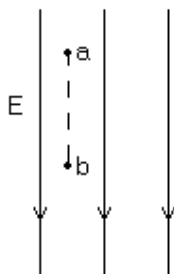
تمرین ۴۵- اعداد شکل زیر پتانسیل الکتریکی نقاط مختلف را بر حسب ولت در میدان یکنواخت نشان می دهد.



الف) جهت خطوط میدان را تعیین کنید.

ب) انرژی پتانسیل بار الکتریکی $q = -2\mu\text{C}$ در مسیر ab چقدر و چگونه تغییر می کند؟

تمرین ۴۶- در شکل مقابل اندازه ی میدان یکنواخت $E = 6000 \text{ N/C}$ است. اگر $V_a = 200\text{V}$ ولت و فاصله a تا b

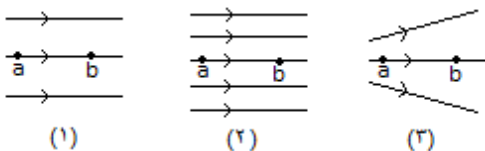


برابر 20mm باشد، مقدار V_b چقدر است؟

تمرین ۴۷- شکل روبه رو آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون

در نقطه ی a رها می شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطه ی b شتاب می گیرد. نقطه ی a و b در هر سه آرایش

در فاصله های یکسانی از هم قرار دارند. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطه ی b بیشتر است؟ چرا؟

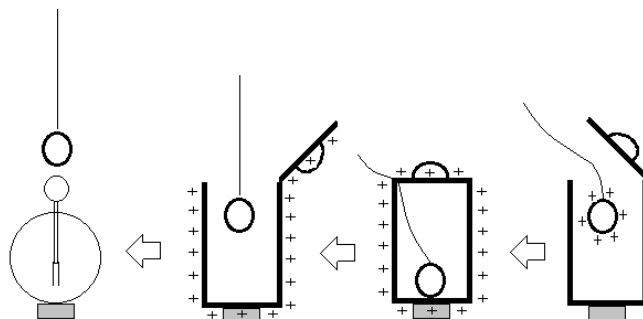


تمرین ۴۸- داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $E = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، بار الکتریکی $q = -2 \mu\text{C}$ به جرم 8 میلی گرم از مجاورت صفحه ی مثبت به سمت صفحه ی منفی پرتاب می شود، و در مجاورت صفحه منفی متوقف می شود. اگر فاصله دو صفحه 4 میلی متر باشد، سرعت پرتاب ذره باردار را به دست آورید.

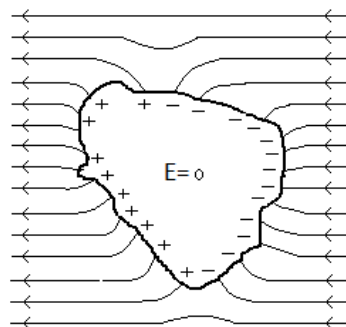
رسانای منزوی : جسم رسانایی که تحت تأثیر هیچ میدان الکتریکی خارجی نیست رسانای منزوی گفته می شود.

آزمایش فاراده: بنیامین فرانکلین برای اولین بار و پس از آن فاراده برای پی بردن به اینکه بار الکتریکی داده شده به رسانای منزوی چگونه در آن توزیع می شود آزمایشی رابه صورت زیر طرح نمودند : ظرف رسانایی با درپوش فلزی را در نظر بگیرید که روی پایه نارسنایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته ای عایق نصب شده است. ابتدا ظرف بدون بار است. یک گوی فلزی را که از نخ آویزان است باردار و سپس وارد ظرف می کنیم، آنگاه درپوش فلزی را می بندیم . اکنون گوی را با کف ظرف تماس می دهیم سپس درپوش فلزی را با دسته ی عایقش بر می داریم و پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف ، آن رابه کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. مشاهده می شود عقربه ی الکتروسکوپ تکان نمی خورد.

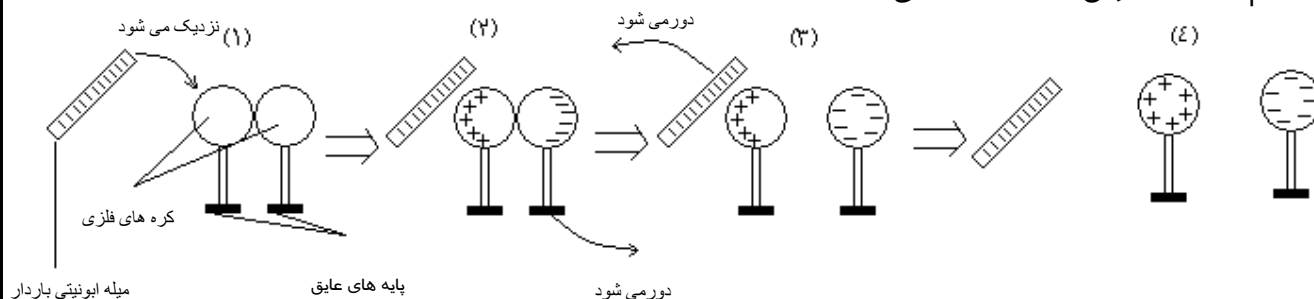
از این آزمایش نتیجه می گیریم که بار اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می شود. به عبارتی وقتی گوی با کف ظرف تماس پیدا می کند مجموعه ی گوی و ظرف ، رسانایی را تشکیل می دهند که در سطح خارجی این جسم رسانای مرکب بار به شکل زیر توزیع می گردد:



رسانای منزوی و خنثی در میدان الکتریکی خارجی: اگر یک رسانای خارجی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود الکترونهاى آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می شوند که اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کنند و میدان خالص درون رسانا صفر شود:



روش القاء برای باردار کردن اجسام رسانا: همانطور که می دانیم اجسام رسانا به روش مالش باردار نمی شوند. روشی را که در آن اجسام رسانا بدون تماس باردار می شوند را روش القاء می گویند. شکل زیر مراحل باردار کردن اجسام رسانا به روش القاء را نشان می دهد:



تعادل الکتروستاتیکی: در یک جسم رسانای باردار، بار الکتریکی شارش نمی کند و جریان برقرار نیست، در این حالت گفته می شود جسم در تعادل الکتروستاتیکی است.

میدان الکتریکی در داخل و روی سطح رسانای منزوی : هنگام انتقال بار الکتریکی به جسم رسانا در مدت بسیار بسیار کوتاهی میدان الکتریکی داخل رسانا برابر صفر می شود. زیرا در غیر این صورت، این میدان باید نیروهایی بر الکترونهاى آزاد داخل رسانا وارد کند و در نتیجه جریانی داخل یک رسانا وجود ندارد یعنی بارها در تعادل الکتروستاتیکی قرار دارند. اگر روی سطح رسانا که در تعادل الکتروستاتیکی است میدان الکتریکی وجود داشته باشد، این میدان باید عمود بر سطح رسانا باشد.

پتانسیل الکتریکی در داخل و سطح رسانای منزوی : چون میدان درون رسانایی که در تعادل الکتروستاتیکی است، برابر صفر است و میدان روی سطح رسانا عمود بر این سطح است ، کار نیروی الکتریکی در هر جابه جایی بار در داخل و روی سطح رسانا صفر است و در نتیجه همه نقاط داخل و روی سطح رسانا ، پتانسیل یکسانی دارند، و یا به عبارتی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در سطح رسانای باردار صفر است:

$$\Delta U = -W_E = 0 \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{q} = 0$$

یک کار برد صنعتی پدیده ی القای الکتریکی: یکی از کاربردهای صنعتی القای الکتریکی ، رنگ پاشی الکتروستاتیکی است. در این روش رنگ پاشی ، سطح فلزی که قرار است رنگ شود به زمین متصل می شود. از طرفی قطره های ریز رنگ در اثر اختلاف پتانسیل بالایی ، باردار می شوند و در میدان الکتریکی به سوی فلز هدف شتاب می گیرند. با نزدیک شدن قطره های رنگ به هدف فلزی ، بارهای القایی با علامت مخالف بر روی فلز ظاهر می شوند و به این ترتیب قطره ها را به به سطح فلز جذب می کنند. این روش رنگ پاشی ، پاشیده شدن رنگ از افشانه ی قطره ها را کاهش می دهد و رنگ همواری بر سطح جسم فلزی ایجاد می کند.



تمرین ۴۹- چرا معمولاً شخصی که داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می ماند؟

تمرین ۵۰- با توجه به شرط تعادل الکتروستاتیکی ، توضیح دهید چرا میدان باید بر سطح رسانا عمود باشد؟

تمرین ۵۱- چرا یک میله ی باردار خرده های کاغذ را می رباید؟

تمرین ۵۲- چرا با نزدیک کردن یک بادکنک باردار به باریکه ای از آب که از شیر خارج می شود باریکه آب به سمت بادکنک منحرف می شود؟

چگالی سطحی بار: مقدار بار الکتریکی موجود در واحد سطح خارجی جسم رسانا را چگالی سطحی بار الکتریکی

$$\delta = \frac{q}{A}$$

می نامند. یکای آن $\frac{C}{m^2}$ است و به صورت زیر محاسبه می گردد؛

$$A = 4\pi r^2$$

q : مقدار بار موجود بر سطح خارجی جسم رسانا (c)

A : مساحت سطح خارجی جسم رسانا (m^2)

δ : چگالی سطحی بار ($\frac{C}{m^2}$)

نکته ۱- برای مقایسه ی چگالی سطحی بار دو رسانا یا چگالی سطحی بار یک رسانا در دو حالت از رابطه های زیر استفاده کنید؛

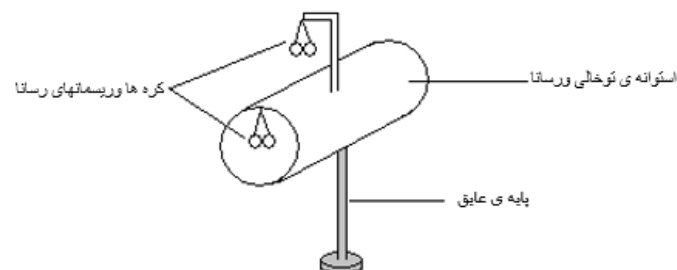
$$\frac{\delta_r}{\delta_l} = \frac{q_r}{q_l} \times \frac{A_l}{A_r}$$

$$\frac{\delta_r}{\delta_l} = \frac{q_r}{q_l} \times \left(\frac{r_l}{r_r}\right)^2 \leftarrow \text{فقط برای کره}$$

نکته ۲- در اجسام رسانا و در قسمت های نوک تیز آنها فاصله ی بارهای الکتریکی کمتر است، بنابراین چگالی سطحی بار و میدان الکتریکی در قسمت های نوک تیز اجسام رسانا بیشتر است.

نکته ۳- میدان الکتریکی داخل جسم رسانا صفر است.

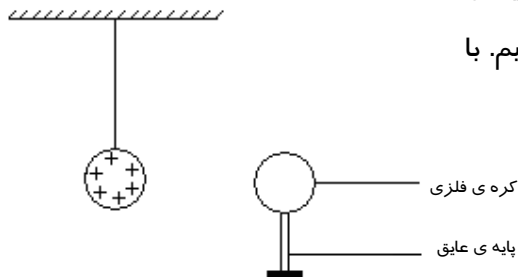
مثال ۲۸- در شکل زیر استوانه توخالی و رسانا است، اگر با ریسمان های رسانا و نازک دو گلوله ی رسانا داخل استوانه و دو گلوله ی رسانا خارج استوانه آویزان گردد و بدنه ی استوانه به مولد وان دوگراف متصل شود برای گلوله ها چه اتفاقی می افتد؟



مثال ۲۹- اگر بار الکتریکی موجود بر روی یک کره رسانا را به کره ی رسانای دیگری که قطر آن نصف قطر کره ی اول است انتقال دهیم، چگالی سطحی بار الکتریکی چند برابر می شود؟

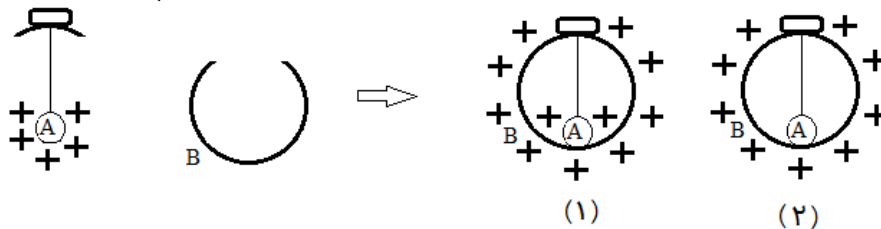
مثال ۳۰- دو کره با شعاع های برابر $r_1 = r_2 = 1.0 \text{ cm}$ که هر دو رسانا می باشند و دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 2 \mu\text{C}$ و $q_2 = -14 \mu\text{C}$ هستند را به یکدیگر متصل نموده و جدا می کنیم، چگالی سطحی بار هر یک از کره ها پس از جدا شدن از یکدیگر چند $\frac{C}{m^2}$ می شود؟ ($\pi=3$)

تمرین ۵۳- یک کره ی فلزی و بدون بار الکتریکی را که روی پایه ی نارسنایی قرار دارد به آونگ الکتریکی باردارسبکی نزدیک می کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می افتد؟

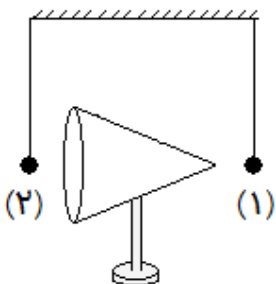


تمرین ۵۴- در شکل زیر آونگ الکتریکی A را که توسط واندوگراف باردارشده است، به درپوش فلزی متصل نموده ایم. اگر آونگ را در تماس با سطح داخلی ظرف کروی و فلزی B قرارداده و درپوش را ببندیم، کدام یک از شکل های (۱) یا (۲) چگونه توزیع بار را در مجموعه ی آونگ و ظرف درست نشان می دهد؟ (با ذکر دلیل)

درپوش فلزی بادیسته ی عایق



تمرین ۵۵- دو ورقه ی آلومینیمی نازک را مچاله کنید و به سرهای دو تکه نخ هم اندازه وصل کنید. پس از آنکه جسم مخروطی را با مولد واندوگراف باردار کردید، گلوله های آلومینیمی را مطابق شکل در مجاورت مخروط قرار دهید. با ذکر علت توضیح دهید چه مشاهده می کنید؟

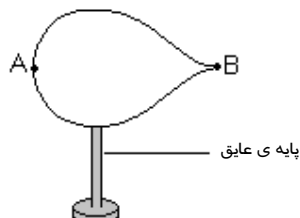


تمرین ۵۶- چگالی سطحی بار کره ی رسانای A، λ برابر چگالی سطح بار کره ی B و مقدار بار الکتریکی کره ی B نصف مقدار بار الکتریکی کره ی A است، شعاع کره ی B چند برابر شعاع کره ی A است؟

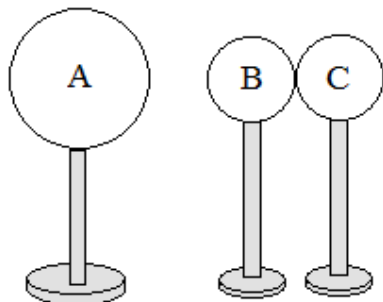
تمرین ۵۷- شکل مقابل ساختمان یک برق گیر را نشان می دهد، توضیح دهید برقیگیر چگونه ساختمان را از گزند آذرخش در امان نگه می دارد؟



تمرین ۵۸- چگالی سطحی بار، پتانسیل الکتریکی و میدان الکتریکی جسم رسانای دارای بار مثبت مانند شکل زیر را در نقطه ی A و B با یکدیگر مقایسه کنید.

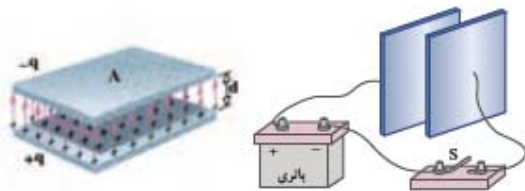


تمرین ۵۹- کره ی A دارای $-8\mu C$ بار الکتریکی و بار هر یک از کره های هم اندازه ی B و C دارای $+8\mu C$ است. کره ی A را به کره ی B تماس می دهیم و از آن جدا می کنیم. اگر با این کار بار کره ی B به $+2\mu C$ برسد، بار کره ی A چقدر می شود؟



خازن: خازن یک قطعه ی الکتریکی است که می تواند مقداری بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند و هر زمان که لازم باشد آن را در مدار تخلیه کند، هر خازن از دو صفحه ی رسانا که با یکدیگر اتصال الکتریکی ندارند، تشکیل می شود و در مدار با نماد $\text{---} | \text{---}$ نمایش داده می شود. (خازن در ساخت لامپهای مهتابی، بلندگو، دلقوی ماشین، صفحه کلید رایانه، میکروفون و ... کاربرد دارد)

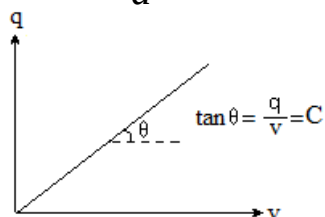
باردار (شارژ) کردن خازن: روش ساده و مرسوم برای شارژ خازن قرار دادن آن در مدار الکتریکی ساده ای است که دارای باتری است. بار از طریق سیم های رسانا جریان می یابد. این بار همان الکترونیایی هستند که توسط میدان الکتریکی ای که باتری در سیم ها ایجاد می کند در طول سیمها به حرکت واداشته می شوند. میدان الکتریکی، الکترونها را از صفحه ی مثبت متصل به پایانه ی مثبت باتری به حرکت در می آورد. در نتیجه، این صفحه با به دست آوردن الکترون، دارای بار منفی می شود که درست به همان اندازه ای است که صفحه ی دیگر با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت شده است. این شارش بار تا هنگامی ادامه پیدا می کند که اختلاف پتانسیل میان دو صفحه ی خازن با اختلاف پتانسیل میان دو پایانه ی باتری یکسان شود:



ظرفیت خازن: نسبت بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات خازن به اختلاف پتانسیل دو صفحه ی خازن مقدار ثابتی است و به آن ظرفیت خازن گفته می شود و بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$C = \frac{q}{V}$$

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$$



$$\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

q: بار ذخیره شده در صفحات خازن (c)

V: اختلاف پتانسیل صفحه های خازن (V)

k: ثابت دی الکتریک

ϵ_0 : ثابت گذردهی الکتریکی خلاء

A: مساحت مشترک صفحات خازن (m^2)

d: فاصله ی صفحه های خازن (m)

C: ظرفیت خازن (F)

میدان الکتریکی صفحات خازن:

$$E = \frac{V}{d}$$

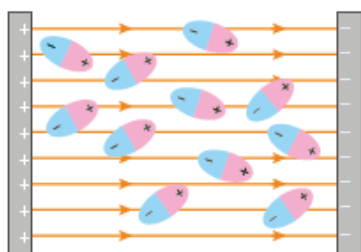
دی الکتریک: قطعه ای نارساناست که بین صفحات خازن قرار داده می شود تا ظرفیت خازن را افزایش دهد (هر دی الکتریک ثابتی دارد که به جنس دی الکتریک بستگی دارد).

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن: با توجه به رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن عبارتند از:

۱- جنس دی الکتریک ۲- مساحت صفحات خازن ۳- فاصله ی صفحات خازن

انواع دی الکتریک ها:

۱- **دی الکتریک قطبی:** دی الکتریک هایی مانند H_2O ، NH_3 ، HCl قطبی محسوب می شوند. اینگونه دی الکتریک ها وقتی در میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن قرار گیرد، سر منفی مولکولهای دو قطبی به طرف صفحه ی مثبت و سر مثبت آنها به طرف صفحه ی منفی کشیده می شود و در نتیجه این مولکول های دو قطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه ی خازن همردیف کنند، ولی این همردیفی کامل نیست، زیرا مولکول ها بر اثر حرکت کاتوره ای گرمایی خود مدام به یکدیگر برخورد می کنند. البته با افزایش بزرگی میدان الکتریکی اعمال شده یا کاهش دما این همردیفی کامل تر می شود.

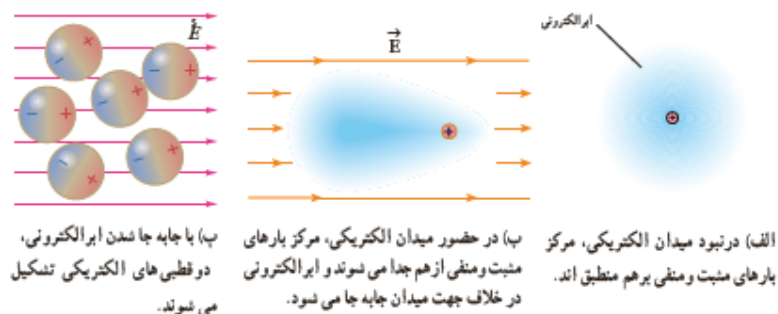


(ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول های دو قطبی می کوشند خود را در جهت میدان

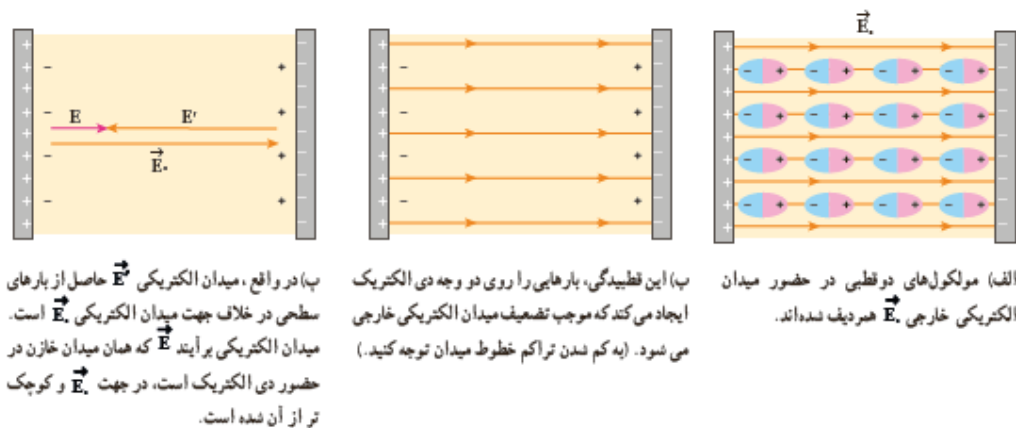


(الف) در نبود میدان الکتریکی، سمگیری مولکول های دو قطبی نامنظم است.

۲- دی الکتریک ناقطبی: موادی نظیر متان ، بنزن و ... دی الکتریک ناقطبی محسوب می شوند. وقتی اینگونه مواد داخل بین دو صفحه ی خازن قرار می گیرند بر اثر القاء قطبیده می شود ، یعنی میدان الکتریکی اعمال شده باعث می شود که ابر الکترونی مولکولهای دی الکتریک در خلاف جهت میدان جابه جا شود و به این ترتیب ، مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول ها از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول ها قطبیده شوند:



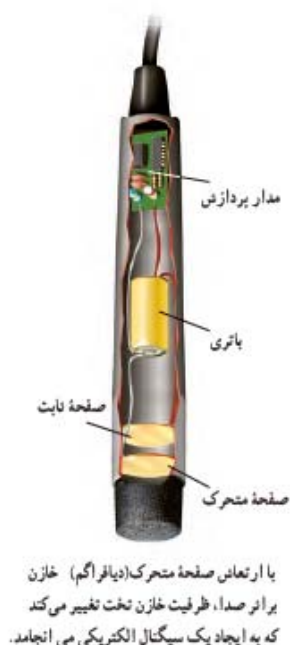
چگونگی اثر دی الکتریک بر میدان الکتریکی خازن: چه در مورد دی الکتریکهای غیر قطبی و چه در مورد دی الکتریک های قطبی ، میدانهای الکتریکی حاصل از دو قطبی ها می کوشند میدان الکتریکی اعمال شده ی خارجی را تضعیف کنند. به عبارتی میدان الکتریکی مانند E' ایجاد می شود که جهت آن در خلاف جهت میدان الکتریکی E_0 اولیه بین صفحه های خازن است. به این ترتیب میدان الکتریکی برآیند خارجی E در داخل دی الکتریک ، جمع برداری میدانهای E_0 و E می شود، به طوری که در همان جهت E_0 است ولی بزرگی آن همواره از بزرگی E_0 کوچکتر است، بنابراین حضور دی الکتریک در فضای بین دو صفحه ی خازن میدان اولیه را همواره تضعیف می کند.



چگونگی اثر دی الکتریک بر ظرفیت خازن: با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن (چه قطبی و چه غیر قطبی) بین صفحه های خازن ، میدان اولیه بین این صفحه ها کاهش می یابد و در نتیجه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه نیز کاهش پیدا می کند. بنا براین طبق رابطه $C = \frac{q}{V}$ چون بار ثابت مانده است، ظرفیت افزایش می یابد.

مثالی از کاربرد دی الکتریک در صنعت: میکروفن خازنی

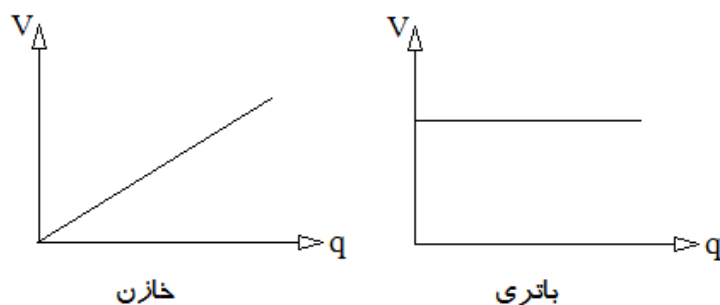
نمونه ای از کاربرد دی الکتریک در خازن هاست که بر اثر تغییر ظرفیت یک خازن تخت سیگنال الکتریکی ایجاد می کند:



فرو ریزش الکتریکی: در صورتی که اختلاف پتانسیل خازن از حد معینی تجاوز کند به دلیل افزایش قدرت میدان الکتریکی بین صفحات خازن، الکترون های اتم های ماده ی دی الکتریک توسط میدان کنده شده و سپس توسط میدان رانده می شود و یک مسیر رسانا بین دو صفحه ی خازن ایجاد می شود و چون با ایجاد جرقه همراه است خازن می سوزد.

نکته- حضور دی الکتریک باعث افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن می شود.

نمودار ولتاژ بر حسب بار برای یک باتری و برای یک خازن: در هنگام شارژ شدن خازن توسط باتری، دائماً باری جزئی از یک صفحه ی خازن جدا و به همان اندازه به صفحه ی دیگر منتقل می شود. در این فرآیند طبق رابطه ی $W = q\Delta V$ ، باتری روی این بار کار انجام می دهد. هنگام انتقال بار اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن نیز به آهستگی افزایش می یابد. بنابراین برای انتقال بارهای بعدی به کار بیشتری نیاز است. پس طبق رابطه ی $C = \frac{q}{V}$ و با توجه به اینکه ظرفیت خازن مقدار ثابتی است، می توانیم اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن را تابعی خطی از بار ذخیره شده در آن بدانیم:



انرژی ذخیره شده در خازن: هنگامی که یک خازن در یک مدار به یک باتری متصل می شود برای پر شدن از باتری انرژی دریافت می کند و آن را به صورت انرژی پتانسیل در خود ذخیره می کند. چون هنگامی که دو بار الکتریکی (همنام یا ناهمنام) کنار یکدیگر قرار می گیرند، مجموعه ی بارهای الکتریکی دارای انرژی پتانسیل الکتریکی می شوند، خازن پر شده به همین دلیل دارای انرژی پتانسیل الکتریکی است. این انرژی در هنگام تخلیه شدن در یک مدار دوباره توسط خازن پس داده می شود که به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$U = \frac{1}{2} qV$$

$$U = \frac{q^2}{2C}$$

U : انرژی ذخیره شده در خازن (j)

نکته ۱- خازن ها انواع متعددی دارند. خازن های ورقه ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن های متغیر، ابر خازن ها نمونه هایی از انواع خازن ها هستند.

نکته ۲- ظرفیت خازن به عواملی مانند بار صفحات (q) و اختلاف پتانسیل صفحات (V) بستگی ندارد.

نکته ۳- اگر بین صفحات خازن هوا یا خلأ باشد $k=1$ است.

نکته ۴- هنگامی که خازن پر می شود، جریان انشعابی را که در آن قرار دارد قطع می نماید.

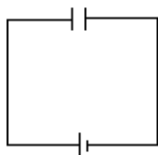
نکته ۵- هر گاه خازن به مولد متصل بماند و تغییراتی در جنس دی الکتریک (k)، مساحت صفحات (A) یا فاصله ی صفحات (d) اعمال کنیم، اختلاف پتانسیل صفحات خازن (V) ثابت می ماند، در این حالت از رابطه $C = \frac{q}{V}$ در پاسخگویی به سؤالات استفاده کنید.

نکته ۶- هر گاه خازن پر شده ای را از مولد جدا کنیم و تغییراتی در جنس دی الکتریک (k)، مساحت صفحات (A) یا فاصله ی صفحات (d) اعمال کنیم، بار الکتریکی صفحات (q) خازن ثابت می ماند، در این حالت از رابطه $C = \frac{q}{V}$ در پاسخگویی به سؤالات استفاده کنید.

مثال ۳۱- خازنی که مساحت صفحات آن 20 cm^2 است و دی الکتریکی با ثابت ۵ که بین صفحات آن قرار دارد را به اختلاف پتانسیل 200 V متصل می کنیم، اگر بار ذخیره شده روی صفحات 9 nC باشد،
 الف) فاصله ی صفحات خازن از یکدیگر چقدر است؟
 ب) میدان الکتریکی بین صفحات چقدر است؟

مثال ۳۲- اگر مساحت صفحات خازنی را نصف و فاصله ی صفحات آن را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن چند برابر می شود؟

مثال ۳۳- اگر یک دی الکتریک را وارد صفحات خازن شکل زیر نماییم، با ذکر دلیل توضیح دهید.

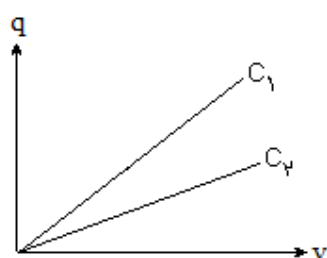


الف) اختلاف پتانسیل دو سر آن چه تغییری می کند؟
 ب) بار روی صفحات آن چه تغییری می کند؟
 پ) انرژی ذخیره شده در خازن چه تغییری می کند؟

مثال ۳۴- خازن پر شده ای را از مولد جدا می کنیم و فاصله ی صفحات آن را نصف می کنیم، هر یک از کمیت های زیر چند برابر می گردد؟

الف) اختلاف پتانسیل دو سر خازن ب) انرژی ذخیره شده در خازن

مثال ۳۵- ظرفیت خازنی $2\mu\text{F}$ است. اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن را یک ولت افزایش می دهیم ، انرژی آن $5 \times 10^{-6} \text{ J}$ افزایش می یابد. اختلاف پتانسیل اولیه خازن چند ولت بوده است؟



تمرین ۶۰- دوخازن فاقد دی الکتریک ، دارای مساحت صفحات یکسان می باشند.

با ذکر دلیل فاصله ی صفحات دوخازن را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۶۱- خازن پر شده ای را از باتری جدا می کنیم سپس دی الکتریک آن را از بین صفحات خارج می کنیم. با ذکر

دلیل بیان کنید هر یک از کمیت های زیر چه تغییری می کنند؟

(الف) بار الکتریکی صفحات خازن (ب) ظرفیت خازن (پ) اختلاف پتانسیل دو سر خازن (ت) انرژی ذخیره شده در خازن

تمرین ۶۲- فاصله ی صفحات خازنی را در حالیکه به مولد متصل است نصف می کنیم و عایقی که ضریب ثابت آن ۶

برابر قبلی است بین صفحات قرار می دهیم، هر یک از کمیت های زیر چند برابر می شود؟

(الف) ظرفیت خازن (ب) بار الکتریکی صفحات خازن (پ) انرژی ذخیره شده روی صفحات خازن

تمرین ۶۳- مشخصات سه خازن متفاوت و فاقد دی الکتریک در جدول زیر داده شده است. با ذکر دلیل توضیح دهید ظرفیت کدام خازن بیشتر است؟

خازن	$d \text{ (m)}$	$A \text{ (m}^2\text{)}$
(۱)	7×10^{-3}	2×10^{-4}
(۲)	3×10^{-3}	4×10^{-4}
(۳)	8×10^{-3}	5×10^{-4}

تمرین ۶۴- اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هر یک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می کند؟

الف) بار آن دو برابر شود؟

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه های آن سه برابر شود؟

تمرین ۶۵- دو خازن با ظرفیت های یکسان و فاقد دی الکتریک در اختیار داریم، اگر مساحت صفحات خازن اول دو برابر مساحت صفحات خازن دوم باشد، فاصله صفحات این دو خازن را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۶۶- یک فلاش عکاسی در ولتاژ ۳۳۰ ولت، در یک خازن ۶۶۰ میکروفاراد، انرژی ذخیره می کند. اگر تقریباً

همه ی انرژی خازن در مدت یک میلی ثانیه آزاد شود، توان خروجی فلاش چقدر است؟

تمرین ۶۷- دو صفحه ی خازن تخت بارداری را به هم وصل می کنیم. در نتیجه جرقه ای زده می شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقه حاصل بزرگتر از حالت قبل می شود، یا کوچکتر و یا تغییری نمی کند؟ توضیح دهید.

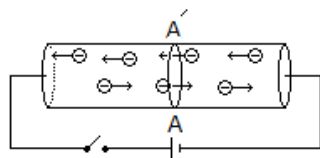
تمرین ۶۸- ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر $3 \mu C$ بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه $8 \mu J$ زیاد می شود، q را محاسبه کنید.

تمرین ۶۹- یک خازن فاقد دی الکتریک به ظرفیت ۲۵ میکروفاراد با اختلاف پتانسیل ۴۰ ولت پر شده است. خازن را از مولد جدا می کنیم و یک دی الکتریک با ثابت ۲ بین صفحات آن قرار می دهیم، انرژی ذخیره شده در آن در این حالت چقدر می شود؟

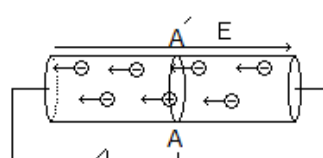
جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

چگونگی برقراری جریان الکتریکی در یک رسانا:

هنگامی که دو سر یک رسانا به یک منبع ولتاژ مثل باتری متصل می گردد، دو سر آن اختلاف پتانسیلی ایجاد می شود و بنابراین یک میدان الکتریکی در داخل رسانا تولید می شود و به این ترتیب این میدان به الکترون های آزاد درون رسانا نیرو وارد می کند و آنها را برخلاف جهت میدان حرکت می دهد. در این حالت بار خالصی که از هر مقطع رسانا عبور می کند، صفر نیست و می گوئیم در رسانا شارش بار وجود دارد و در آن جریان الکتریکی برقرار شده است؛



(۱) وقتی در دو سر رسانا اختلاف پتانسیلی وجود ندارد شارش بار خالص از هر مقطع رسانا صفر است .



(۲) وقتی در دو سر رسانا اختلاف پتانسیلی اعمال می شود، از هر مقطع مدار مقدار معینی بار الکتریکی شارش می کند .

سرعت سوق: وقتی اختلاف پتانسیلی را به یک رسانا اعمال می کنیم ، الکترونها حرکت کاتوره ای خود را تغییر داده و با سرعت متوسطی حرکت می کنند که به آن سرعت سوق گفته می شود.(سرعت سوق در فلزات اغلب آهسته و کم تر از 1 mm/s است.)

نکته ۱- جهت جریان خلاف جهت حرکت الکترون ها در مدار فرض می شود.

نکته ۲- با توجه به چگونگی برقراری جریان می توان نتیجه گرفت جریان الکتریکی ناشی از شارش بارهای الکتریکی است اما همه بارهای متحرک جریان تولید نمی کنند.

تمرین ۱- سرعت سوق در فلزات به کندی سرعت حرکت یک حلزون می تواند باشد. پس چرا وقتی کلید برق را می زنیم چراغ های خانه به سرعت روشن می شوند؟

شدت جریان متوسط: بار الکتریکی خالص شارش شده در مدت زمان معین که از هر مقطع مدار می گذرد را

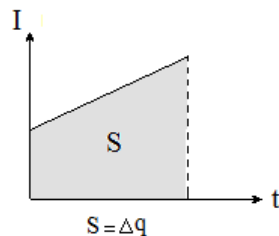
$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

شدت جریان متوسط گویند؛

$\bar{I}$: شدت جریان متوسط (A)

Δq : مقدار بار شارش شده (C)

Δt : زمان شارش بار (s)



آمپر ساعت: از رابطه ی شدت جریان متوسط، رابطه ی $\Delta q = I \Delta t$ نتیجه می شود و در این رابطه اگر I بر حسب آمپر و زمان بر حسب ساعت باشد، مقدار بار (Δq) بر حسب آمپرساعت (A.h) بدست می آید. این مطلب در باتری های خودرو به صورت آمپرساعت (Ah) و در گوشی های همراه به صورت میلی آمپرساعت (mAh) به کار برده می شود و هر چه مقدار آمپرساعت باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود بیشتر است.

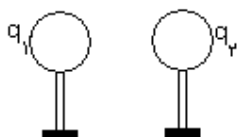
مثال ۱- ولتاژ یک نوع ماشین حساب $3V$ است و وقتی ماشین حساب روشن است، این باتری باعث عبور جریان $0.17mA$ در آن می شود. اگر ماشین حساب روشن باشد:

(الف) در هر دقیقه چه مقدار بار از مدار می گذرد؟

(ب) باتری چه مقدار انرژی به مدار ماشین حساب می دهد؟

مثال ۲- باتری استاندارد خودرویی، $50Ah$ است. اگر این باتری جریان متوسط $5A$ را فراهم سازد، چقدر طول می کشد تا خالی شود؟

مثال ۳- دو کره ی هم اندازه مطابق شکل زیر دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 2mc$ و $q_2 = 8mc$ را به وسیله ی سیم رسانا به هم متصل می کنیم اگر در مدت 0.2 ثانیه جریانی در سیم برقرار شود، متوسط این جریان را بدست آورید.



قانون اهم: در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به شدت جریان عبوری از آن مقداری است ثابت که این نسبت را مقاومت الکتریکی رسانا می نامند. (یکای مقاومت اهم Ω است)

$$R = \frac{V}{I}$$

R : مقاومت (Ω)

V : اختلاف پتانسیل (V)

I : شدت جریان (A)

مفهوم مقاومت: اتمها و مولکولهای یک رسانا به علت ارتعاشهایی که دارند همچون یک مانع در برابر حرکت بارهای الکتریکی عمل می کنند و در اصطلاح مقاومت دارند.

نکته: مقدار مقاومت به اختلاف پتانسیل (V) و شدت جریان (I) بستگی ندارد.

عوامل مؤثر بر مقاومت رسانا در دمای ثابت: با توجه به رابطه ی زیر، عوامل مؤثر بر مقاومت رسانا عبارتند از:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

۱- جنس رسانا (ساختار اتمی) ۲- طول رسانا ۳- سطح مقطع رسانا

L : طول رسانا (m)

A : مساحت مقطع رسانا (m^2)

ρ : مقاومت ویژه ($\Omega.m$)

تعریف مقاومت ویژه: مقاومت ویژه ی هر فلز، مقاومت قطعه ای از آن است که طول آن ۱ متر و مساحت مقطع آن ۱ مترمربع است .

نکته ۱- مقاومت ویژه یک ماده به جنس (ساختار اتمی) و دمای آن بستگی دارد.

نکته ۲- رساناهای خوب مقاومت ویژه بسیار کم و عایق های خوب مقاومت ویژه ی بسیار زیادی دارند.

نکته ۳- موادی نظیر سیلیسیم و ژرمانیم که مقاومت ویژه آنها بین مقاومت ویژه ی رساناها و نارساناهاست، چنین موادی نیم رسانا نامیده می شوند.

نکته ۴- مقطع سیم معمولی به شکل دایره است و مساحت آن بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$A = \pi r^2$$



نکته ۵- برای مقایسه ی مقدار دو مقاومت می توان نوشت:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} \quad \text{یا} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{L_1}{L_2} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \longrightarrow \text{فقط برای سیم بامقطع دایره ای شکل}$$

اثر دما روی مقاومت و مقاومت ویژه یک رسانا: در رساناها افزایش دما سبب افزایش مقاومت و مقاومت ویژه می گردد، زیرا با افزایش دما تعداد الکترون های آزاد تقریباً ثابت می ماند ، ولی ارتعاشات کاتوره ای اتم ها و یون های آن افزایش می یابد. این عامل موجب افزایش برخورد حامل های بار (الکترون های آزاد) با شبکه اتم ها و یون های آن افزایش می یابد. رابطه زیر تغییر دما با مقاومت را نشان می دهد:

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad R_0: \text{مقاومت در دمای } T_0 (\Omega)$$

$$R: \text{مقاومت در دمای } T (\Omega)$$

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad \rho_0: \text{مقاومت ویژه دمای } T_0 (\Omega.m)$$

$$\rho: \text{مقاومت ویژه در دمای } T (\Omega.m)$$

$$\alpha: \text{ضریب دمایی مقاومت ویژه (} k^{-1} \text{ یا } ^\circ C^{-1} \text{) (این کمیت به جنس رسانا بستگی دارد)}$$

$$T: \text{دمای ثانویه (K)}$$

$$T_0: \text{دمای اولیه یا مرجع (K)}$$

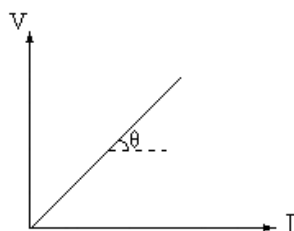
اثر دما روی مقاومت و مقاومت ویژه نیم رساناها: افزایش دما باعث کاهش مقاومت و مقاومت ویژه ی نیم رساناها می شود. زیرا دریک نیم رسانا در دماهای پایین تعداد حامل های بار ناچیزاست و نیم رسانا مانند یک نارسانا رفتار می کند، با افزایش دما بر تعداد این حامل های بار افزوده می گردد. گرچه با افزایش دما تعداد برخوردهای کاتوره ای حامل های بار با شبکه اتمی نیز افزایش می یابد، اما تأثیر افزایش تعداد حامل های بار بیشتر از افزایش این برخوردهای کاتوره ای است. به این ترتیب ،مقاومت ویژه نیمرساناها با افزایش دما، کاهش می یابد.

مقاومت یا رسانای اهمی: اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت) ، مقدار ثابتی باشد، آن وسیله از قانون اهم پیروی می کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی می نامند. (جریان عبوری از یک مقاومت اهمی همواره با اختلاف پتانسیل اعمال شده به دو سر آن رابطه مستقیم دارد).

مقاومت غیر اهمی : اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت) ، مقدار ثابتی نباشد، آن وسیله از قانون اهم پیروی نمی کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای غیراهمی می نامند. دیود نور گسیل (LED) نمونه ای از وسیله های غیر اهمی است.

نمودار اختلاف پتانسیل دو سر رسانای اهمی بر حسب شدت جریان عبوری از آن:

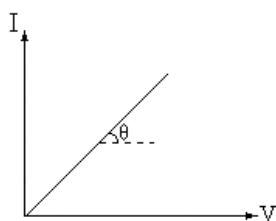
در این نمودار هر چه شیب خط بیشتر باشد مقدار $\tan \theta$ بیشتر بوده و مقاومت رسانا بیشتر است.



$$\tan \theta = \frac{V}{I} = R$$

نمودار شدت جریان عبوری از یک رسانای اهمی بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آن:

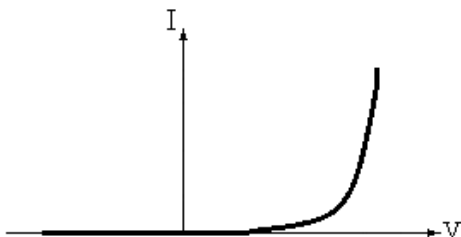
در این نمودار هر چه شیب خط بیشتر باشد مقدار $\tan \theta$ بیشتر بوده اما مقاومت رسانا کمتر است.



$$\tan \theta = \frac{I}{V} = \frac{1}{R}$$

نمودار شدت جریان عبوری از یک رسانای غیر اهمی بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آن:

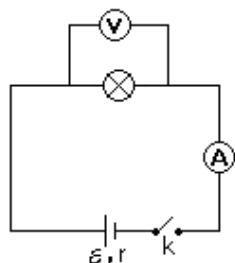
همانطور که گفته شد در این وسیله ها جریان با ولتاژ رابطه خطی ندارد.



آزمایش - آزمایشی را طراحی کنید که با کمک آن بتوان دمای رشته سیم تنگستن داخل یک لامپ روشن را تعیین نمود.

وسيله های آزمایش: اهم متر، ولت سنج، سیم های رابط، لامپ تنگستن، منبع تغذیه، دماسنج، کلید.

پاسخ - ابتدا با کمک اهم متر مقاومت رشته ی سیم لامپ در شرایطی که در تعادل گرمایی با محیط است را اندازه گیری می کنیم و آنرا R_1 می نامیم ، سپس دمای محیط (همان دمای رشته ی لامپ) را با دما سنج اندازه گیری می کنیم و آن را θ_1 می نامیم ، حالا مداری مانند شکل مقابل می بندیم و اعدادی که ولت سنج و آمپرسنج نشان می دهد را ثبت می کنیم و با کمک رابطه ی $R = \frac{V}{I}$ مقدار R_2 را تعیین می کنیم . سپس با رابطه ی $R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta \theta)$ مقدار θ_2 یعنی دمای رشته سیم را بدست آوریم . (α ضریب دمایی مقاومت تنگستن در جداول کتاب معلوم می باشد)



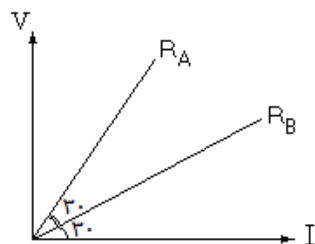
مثال ۴- دو سر یک رسانا که طول و مساحت مقطع آن 80 cm و 2 mm^2 است را به اختلاف پتانسیل 100 V متصل می کنیم، اگر مقاومت ویژه ی این فلز $10^{-5} \Omega \text{ m}$ باشد، در هر دقیقه چند کولن بار الکتریکی از هر مقطع این رسانا شارش می کند؟

مثال ۵- طول و قطر سیم مسی A به ترتیب دو برابر طول و قطر سیم مسی B است. مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

مثال ۶- دو رسانای فلزی از یک جنس ساخته شده اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم تو پری به قطر $1/0 \text{ mm}$ است و رسانای B لوله ای تو خالی به شعاع خارجی $2/0 \text{ mm}$ و شعاع داخلی $1/0 \text{ mm}$ است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟

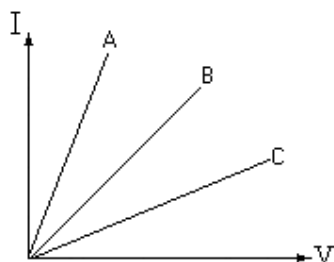
مثال ۷- ضریب دمایی مقاومت ویژه ی یک رسانا $k^{-1} \times 10^{-2}$ است، اگر دمای این رسانا را 50 K افزایش دهیم، مقاومت ویژه ی آن چند برابر می شود؟

مثال ۸- نمودار اختلاف پتانسیل دو سر دو رسانا بر حسب شدت جریان عبوری از آنها بصورت زیر است. $\frac{R_A}{R_B}$ را بدست آورید.



تمرین ۲- سیم راستی را از وسط دولا می کنیم و دوباره از قسمت طولی در مدار قرار می دهیم مقاومت آن چند برابر می شود؟

تمرین ۳- نمودار شدت جریان بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر چند رسانا، به شکل زیر است. مقدار مقاومت این رساناها را با ذکر دلیل با یکدیگر مقایسه کنید.



تمرین ۴- ضریب دمایی مقاومت ویژه ی یک رسانا $\alpha = 10^{-2} \text{ K}^{-1}$ است. هنگامی که دمای این رسانا از 10°C به 60°C سانتیگراد می رسد مقاومت ویژه ی آن $6 \Omega \cdot \text{m}$ افزایش می یابد، مقاومت ویژه ی این رسانا در 10°C سانتیگراد چقدر است؟

تمرین ۵- اطلاعات مربوط به سه رسانای A و B و C با طول یکسان (در یک دمای معین) در جدول زیر داده شده است:

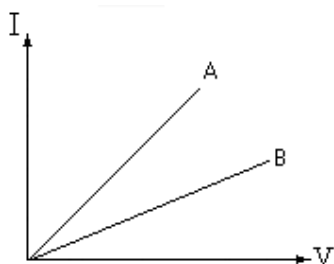
رسانا	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$ مقاومت ویژه	$A (\text{m}^2)$ سطح مقطع
A	5×10^{-8}	2×10^{-6}
B	8×10^{-8}	4×10^{-6}
C	3×10^{-8}	7×10^{-6}

الف) مقاومت سه رسانا را با ذکر دلیل مقایسه کنید.

ب) اگر این مقاومت ها را در سه مدار جداگانه و مشابه ببندیم، از کدامیک جریان بیشتری عبور می کند؟ چرا؟

تمرین ۶- اختلاف پتانسیل دوسر یک رشته فیلامان تنگستن را از ۲۰ ولت به ۳۵ ولت افزایش می دهیم. با این کار شدت جریان عبوری از آن ۳ آمپر افزایش می یابد. مقاومت این رشته سیم چقدر است؟

تمرین ۷- نمودار جریان برحسب ولتاژ برای یک قطعه سیم در دو دمای متفاوت به شکل مقابل است. با ذکر دلیل توضیح دهید دما در کدام حالت بالاتر است؟

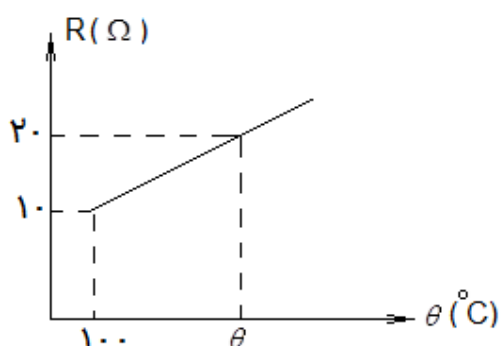


تمرین ۸- یک رسانا به شکل مکعب مستطیل به ابعاد ۲cm و ۵cm و ۱۰cm در اختیار داریم. نسبت بیش ترین مقاومت به کم ترین مقاومتی که از این رسانا می توان گرفت چقدر است؟

تمرین ۹- دو میله ی مسی با مقاومت های یکسان در اختیار داریم اگر طول میله ی اول دو برابر طول میله دوم باشد قطر دو میله را باهم مقایسه کنید.

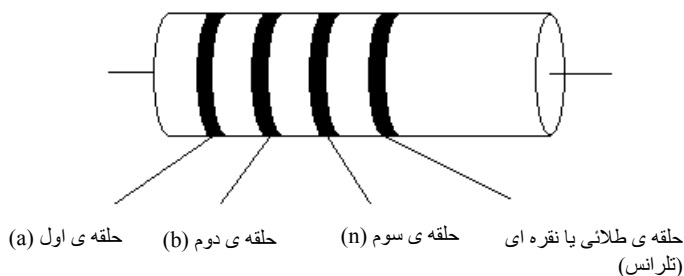
تمرین ۱۰- ضریب دمایی مقاومت یک رسانا $2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ است، برای آنکه مقاومت این رسانا ۰/۲ درصد افزایش یابد، دمای آن باید چقدر افزایش یابد؟

تمرین ۱۱- نمودار تغییرات مقاومت یک رسانا بر حسب دما، مطابق شکل است. ضریب دمایی این رسانا $5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ است، θ در نمودار چند درجه سانتیگراد است؟



انواع مقاومت ها: انواع اصلی مقاومت ها بر دو نوعند:

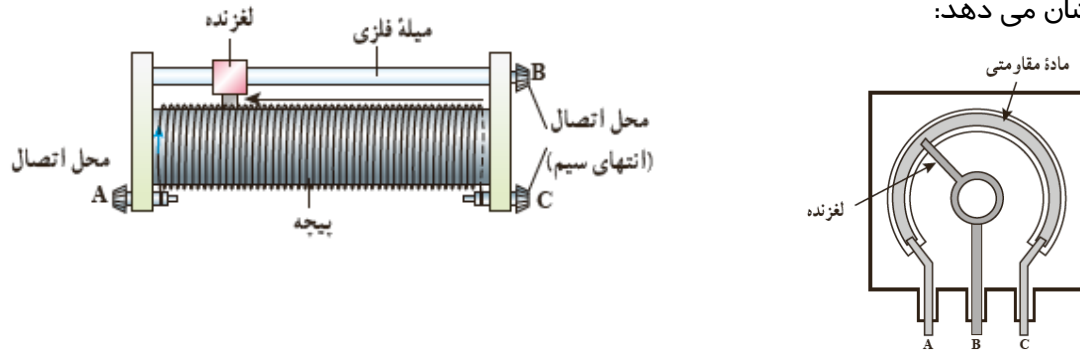
۱- مقاومت های ترکیبی: این مقاومتها معمولاً از کربن، برخی نیمرساناها و یا لایه های نازک فلزی ساخته می شوند. مقاومت های ترکیبی را در اندازه های خاص استاندارد تولید می کنند ، مقدار این مقاومتها یا روی آنها نوشته می شود ، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آنها مشخص شده است. هر رنگ معرف یک عدد است. دو حلقه ی اول (از آن طرفی که به سر یک مقاومت نزدیک تر است) به ترتیب رقم اول (a) و دوم (b) را نشان می دهد. رقم سوم ضریبی است که به صورت 10^n مشخص می گردد. حلقه چهارم یک حلقه طلایی یا نقره ای رنگ است که **تولرانس** نامیده می شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را بر حسب درصد مشخص می کند. (حلقه طلایی ۵ درصد، حلقه نقره ای ۱۰ درصد و نبود حلقه چهارم ۲۰ درصد تولرانس را نشان می دهد)



$$R = \overline{ab} \times 10^n$$

۲- مقاومت های پیچه ای: شامل پیچه ای از یک سیم نازک اند که معمولاً جنس آنها از آلیاژهایی مانند نیکروم یا منگنین است. این مقاومتها برای به دست آوردن مقاومتهای پایین بسیار دقیق و همچنین توان های بالا ساخته می شوند یک مثال از مقاومت پیچه ای رثوستا یا پتانسیومتر نام دارد .

رثوستا(پتانسیومتر): یکی از انواع مشهور مقاومتهای پیچه ای رثوستا نام دارد که در مدارهای الکترونیکی به آن پتانسیومتر گفته می شود. این نوع مقاومتها متغیر هستند و از سیمی با مقاومت ویژه ی بسیار زیاد ساخته شده است. در رثوستای خطی این سیم روی استوانه ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکه ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می تواند قسمتی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد و به این ترتیب جریان را در مدار تنظیم و کنترل کند. تصویر زیر دونهونه از این وسیله را نشان می دهد:



نکته ۱- برای استفاده از رثوستا ابتدا آن را با بیشترین مقاومت در مدار قرار می دهند تا جریان زیادی از مدار عبور نکند و اجزاء مدار نسوزد.

نکته ۲- رثوستا در مدار با نمادهای  و  نمایش داده می شود.

مثال ۹- اگر اندازه ی مقاومت کربنی شکل زیر ۲۵۰۰ اهم باشد تolerانس آن ۱۰ درصد باشد رنگ هر حلقه را تعیین کنید.

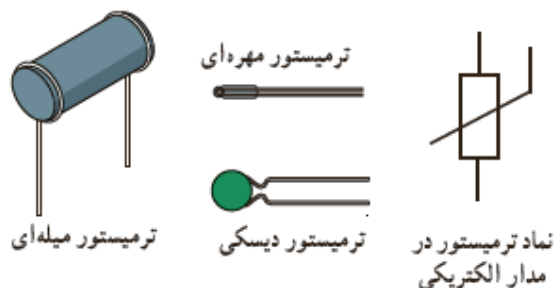


قرمز = ۲

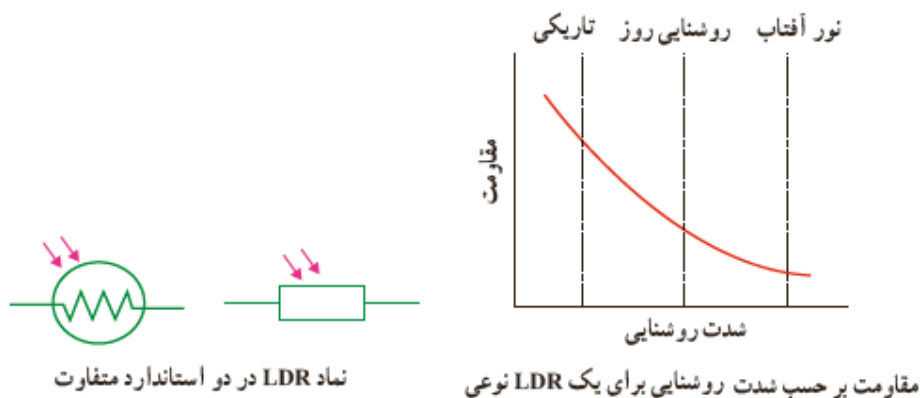
سبز = ۵

مقاومت های خاص و دیودها:

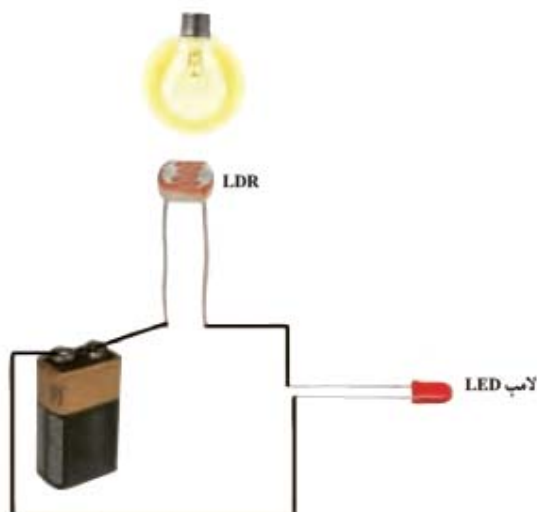
۱- **ترمیستور:** ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما متفاوت از مقاومت های معمولی است. اغلب از ترمیستورها به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و نیز در دماسنج ها استفاده می شود. ترمیستورها در ابعاد کوچکی ساخته می شوند و شکل های متفاوتی دارند که رایج ترین آنها دیسکی، مهره ای و میله ای است:



۲- **مقاومت های نوری (LDR):** مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می شود. نوعی از این مقاومت ها از جنس نیم رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حاملان بار الکتریکی آنها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آنها کاسته می شود. شکل زیر مقاومت چینی LDRهایی را بر حسب شدت روشنایی (که با یکای LUX سنجیده می شود) نشان می دهد:

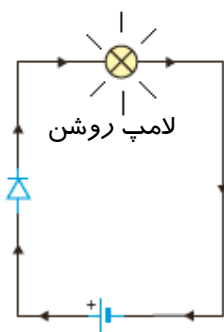


برای درک بهتر از ساز و کار این مقاومت ها می توان یک LDR در مداری ساده به یک لامپ LED متصل نمود. تا هنگامی که لامپ بالای LDR خاموش باشد ، LDR مقاومت بالایی دارد و مانع از روشن شدن لامپ LED می شود. با روشن شدن لامپ بالای LDR از مقاومت LDR کاسته می شود و لامپ LED روشن می گردد . با تنظیم لامپ بالای LDR به ترتیبی که LDR در معرض نور بیشتری قرار گیرد ، شدت نور لامپ LED بیش تر می شود.



از این ویژگی LDR ها در تجهیزات گوناگون از جمله چشم های الکترونیکی ، دزد گیرها ، کنترل کننده های خودکار، و چراغ های روشنایی خیابان استفاده می شود.

۳-دیودها: دیود قطعه ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور می دهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است. به همین دلیل ، دیود را اغلب یک سو کننده ی جریان در نظر می گیرند و آن را با نماد  در مدار های الکتریکی نشان می دهند، پیکان در این نماد جهتی را نشان می دهد که جریان می تواند از دیود عبور کند:



دیود در این جهت جریان را عبور می دهد



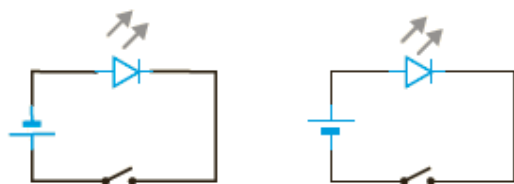
دیود در این جهت جریان را عبور نمی دهد

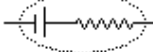
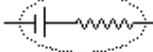
نکته- یکی از کاربردهای دیود در مدارهای یکسو کننده ، تبدیل جریان های متناوب به جریان های مستقیم است.

دیود های نور گسیل (LED): یکی از انواع دیودها LED است و نماد آن در مدار به صورت  است. در این دیود ها از نیم رساناهایی استفاده می شود که با عبور جریان از آنها LED از خود نور گسیل می کند و بنابراین مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل می شود. بسته به نوع رسانای به کار رفته ، رنگ نور گسیل شده از LED می تواند از فرسرخ تا فرابنفش باشد.

مزیت ها و کاربردهای LED ها: LED ها در مقایسه با لامپ های روشنایی معمولی ، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و در عوض نور قابل ملاحظه ای تولید می کند . به همین دلیل از آنها در چراغ خودروها ، روشنایی منازل، تابلوهای تبلیغاتی ، نمایشگرهای LED و ... استفاده می شود. LED ها در مقایسه با لامپ های رشته ای معمولی عمر طولانی تری دارند و به دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور انرژی گرمایی زیادی تولید نمی کنند.

مثال - در کدام شکل با بستن کلید، LED روشن می شود؟



باتری یا منبع نیروی محرکه: وسیله ای است که باعث عبور بارهای الکتریکی از یک مقاومت الکتریکی می گردد تا جریان ثابتی در مدار برقرار شود. این وسیله با انجام کار بر روی بارهای الکتریکی مثبت ، آنها را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل پایین تر به پتانسیل بالاتر می برد و با افزایش انرژی پتانسیل آنها جریان ثابتی را در مدار برقرار می کند. (مولد در مدار به صورت  یا  نشان داده می شود و جریان در خارج باتری از قطب مثبت به منفی است)

نیروی محرکه ($\mathcal{E}$): کاری را که باتری روی واحد بار الکتریکی مثبت (یعنی یک کولن) انجام می دهد تا در مدار شارش کند، نیروی محرکه ی مولد می نامند. (نیروی محرکه در حقیقت بیشترین اختلاف پتانسیلی است که مولد در مدار ایجاد می کند)

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

ΔW : کاری که مولد روی بارهای الکتریکی می دهد (j)

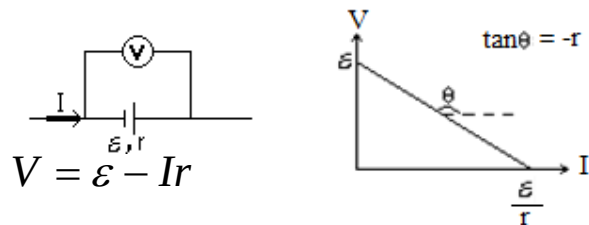
Δq : بار الکتریکی شارش شده توسط باتری (c)

($\mathcal{E}$): نیروی محرکه مولد (J/c یا V)

مقاومت درونی باتری (r): هر مولدی به علت اجزاء سازنده اش دارای مقاومت اهمی است که به آن مقاومت درونی گویند. (هر چه باتری فرسوده تر می شود مقاومت داخلی آن بیش تر می شود)

اختلاف پتانسیل دو سر باتری: بصورت زیر محاسبه می گردد:

الف) اگر جریانی از باتری عبور کند:



ب) اگر جریانی از باتری عبور نکند:

$$V = \mathcal{E} - \overset{0}{I}r \Rightarrow V = \mathcal{E}$$

انواع منابع نیروی محرکه: منابع نیروی محرکه یا آرمانی هستند یا واقعی.

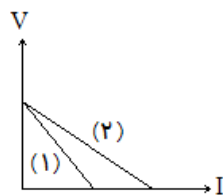
۱- **منبع آرمانی:** منبعی است که مقاومت درونی ندارد و اختلاف پتانسیل پایانه های آن برابر نیروی محرکه ی منبع است ($V = \mathcal{E}$). درحقیقت چنین منبعی وجود ندارد.

۲- **منبع واقعی:** منبعی است که مقداری مقاومت درونی داشته و اختلاف پتانسیل پایانه های آن کم تر از نیروی محرکه ی منبع است ($V < \mathcal{E}$).

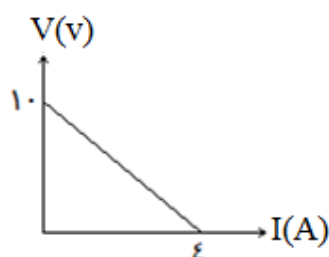
مثال ۱۰- یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست پتانسیل دو سرش برابر ۱۲ ولت است. وقتی درمدار قرار می گیرد جریان ۳ آمپر برقرار می گردد و اختلاف پتانسیل دو سر باتری به ۱۰/۵ کاهش می یابد. مقاومت داخلی باتری چقدر است؟

مثال ۱۱- به پرسش ها پاسخ دهید.

الف) نمودار $V-I$ دو باتری به صورت زیر است. یک شباهت و یک تفاوت برای مشخصات این دو باتری بنویسید.



تمرین ۱۲- با توجه به نمودار مقابل مقاومت درونی باتری را بدست آورید.



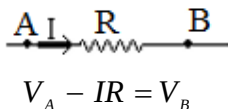
تمرین ۱۳- هنگامی جریان عبوری از یک باتری ۱ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۹/۵ ولت ، و هنگامی که جریان به ۴ آمپر می رسد اختلاف پتانسیل دو سر آن به ۸ ولت می رسد ، نیروی محرکه و مقاومت درونی آن را به دست آورید.

افت پتانسیل: با ایجاد اختلاف پتانسیل در دوسر یک رسانا، در درون آن یک میدان الکتریکی برقرار می گردد. این میدان از پایانه ی مثبت باتری به طرف پایانه ی منفی آن است، پس هنگامی که از پایانه ی مثبت باتری به سمت پایانه ی منفی (هم جهت با جریان) از یک مقاومت عبور کنیم پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد، به این پدیده افت پتانسیل گوئیم.

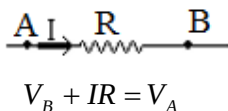
محاسبه ی افت پتانسیل: افت پتانسیل در مقاومت خارجی بصورت $V' = IR$ و در مولد بصورت $V' = Ir$ محاسبه می گردد.

بررسی تغییرات پتانسیل الکتریکی مدار دارای مقاومت:

الف) اگر هم جهت با جریان حرکت کنیم افت پتانسیل رخ می دهد؛



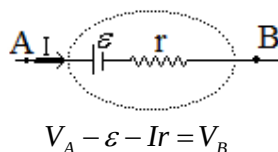
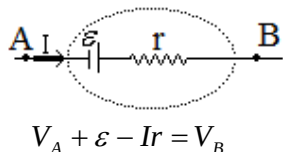
ب) اگر خلاف جهت جریان حرکت کنیم افزایش پتانسیل رخ می دهد؛



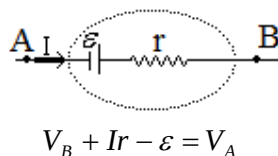
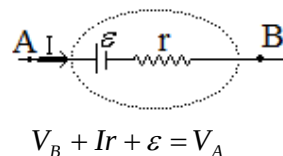
بررسی تغییرات پتانسیل الکتریکی مدار دارای مولد:

باید به این مطلب توجه کنید که اگر به گونه ای در مولد حرکت کنید که از پایانه ی منفی آن خارج شوید به اندازه ی $\mathcal{E}$ پتانسیل مدار کم می شود و اگر به گونه ای در مولد حرکت کنید که از پایانه ی مثبت آن خارج شوید به اندازه ی $\mathcal{E}$ پتانسیل مدار افزایش می یابد، بنابراین؛

الف) اگر هم جهت با جریان حرکت کنیم؛



ب) اگر خلاف جهت جریان حرکت کنیم؛



حل مدارهای تک حلقه: مدار تک حلقه مداری است که تعدادی مولد و مقاومت در روی یک مسیر بسته بدون انشعاب بسته شده است. (البته مدارهایی که با محاسبه ی مقاومت معادل بدون انشعاب می شوند نیز تک حلقه محسوب می شوند).

قاعده حلقه یا قانون ولتاژها: در هر دور زدن کامل حلقه ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل های اجزای مدار صفر است. (قاعده حلقه همان قانون پایستگی انرژی است)

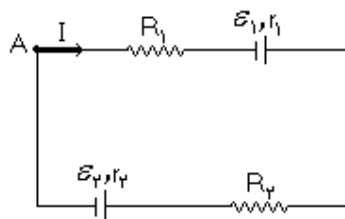
الف) محاسبه ی شدت جریان مدار تک حلقه: شدت جریان در همه ی قسمتهای مدارهای تک حلقه یکسان است و بصورت زیر محاسبه می گردد؛

(a) یک نقطه ی فرضی روی مدار انتخاب می کنیم و در صورت نامعلوم بودن جهت جریان، یک جهت فرضی برای جریان انتخاب می کنیم.

(b) از نقطه ای که انتخاب کرده ایم هم جهت یا خلاف جهت جریان حرکت می کنیم و جمع جبری ولتاژها را می نویسیم.

(c) اگر علامت جریان مثبت بدست آمد، جهت جریان فرضی صحیح و اگر علامت جریان منفی بدست آمد، جهت جریان فرضی اشتباه انتخاب شده است ولی مقدار آن صحیح است.

مثال بدون عدد :



$$V_A - IR_1 + \varepsilon_1 - Ir_1 - IR_2 - \varepsilon_2 - Ir_2 = V_A$$

$$-I(R_1 + r_1 + R_2 + r_2) = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

$$-I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + r_1 + R_2 + r_2} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + r_1 + R_2 + r_2}$$

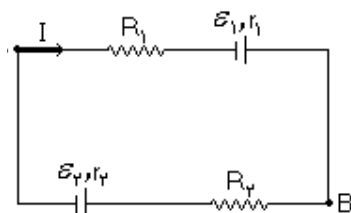
نکته ۱- به عنوان یک راه حل سریعتر، در مدارهای تک حلقه می توان شدت جریان را از رابطه ی زیر بدست آورد؛ (این رابطه هنگامی کارآیی دارد که هم جهت با جهت جریان حرکت کنیم)

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum (R + r)}$$

نکته ۲- برای تعیین جهت جریان در مدارهای تک حلقه کافی است به نیروی محرکه ی مولدها توجه کنید جریان از قطب مثبت مولدی خارج می شود که نیروی محرکه ی بزرگتری دارد.

(ب) محاسبه ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه: برای محاسبه ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ابتدا شدت جریان را محاسبه می نماییم و سپس از نقطه ی اول به طرف نقطه دوم حرکت می کنیم و جمع جبری ولتاژها را می نویسیم.

مثال بدون عدد: می خواهیم V_{AB} را در مدار زیر تعیین کنیم:



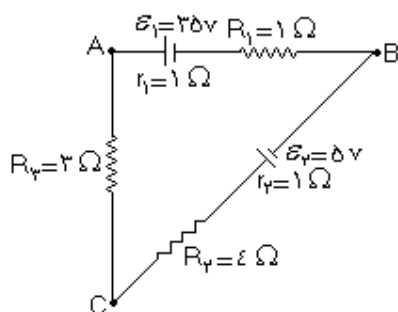
$$V_{AB} = V_A - V_B = ?$$

$$V_A - IR_1 + \varepsilon_1 - Ir_1 = V_B$$

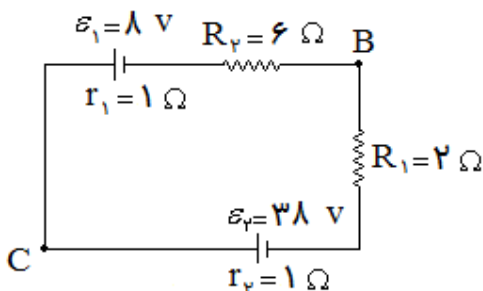
$$\Rightarrow \underbrace{V_A - V_B}_{V_{AB}} = IR_1 - \varepsilon_1 + Ir_1$$

نکته - برای یک مدار $V_{AB} = -V_{BA}$ است.

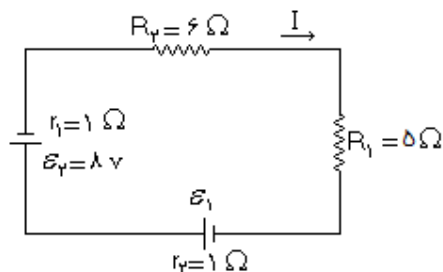
مثال ۱۲- در مدار شکل مقابل V_{AB} را بدست آورید.



مثال ۱۳- در مدار مقابل V_{BC} چند ولت است؟



مثال ۱۴- در مدار زیر جریان ۲ آمپر است.

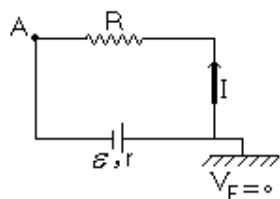


الف) مقدار ε_1 را بدست آورید.

ب) اختلاف پتانسیل دوسر باتری ε_1 را بدست آورید.

مثال ۱۵- یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست اختلاف پتانسیل دو سرش برابر ۱۰ ولت است. وقتی یک مقاومت $\mathcal{E}$ اهم به این باتری متصل می شود، جریان ۲ آمپر در آن برقرار می گردد. مقاومت درونی این باتری را بدست آورید.

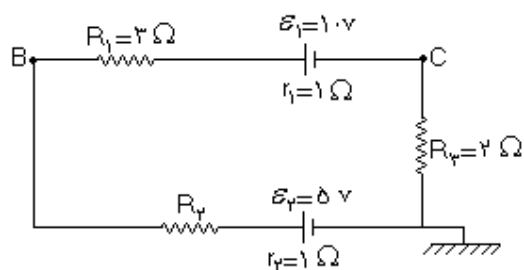
نکته: پتانسیل نقطه ای از مدار که به زمین متصل است صفر است. (از این نکته معمولاً برای یافتن پتانسیل یک نقطه از مدار استفاده می شود) به عنوان مثال:



$$V_A + IR = V_E$$

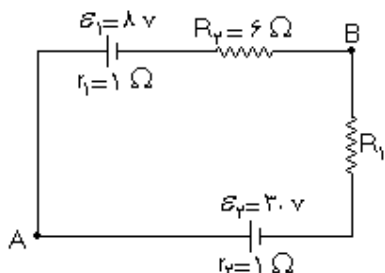
$$V_A = -IR$$

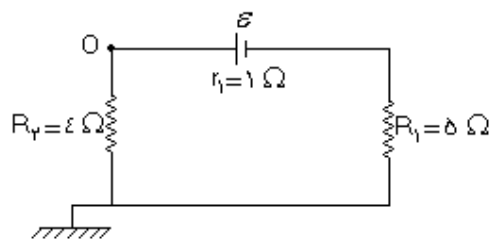
مثال ۱۶- در مدار شکل زیر $V_{BC} = 6\text{ V}$ می باشد V_C را بدست آورید.



تمرین ۱۳- در مدار شکل مقابل $V_{AB} = 22\text{ V}$ است.

R_1 چند اهم است؟





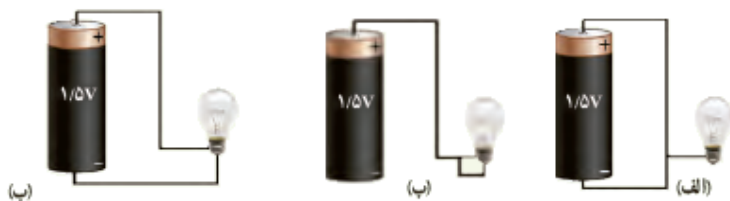
تمرین ۱۴- در مدار شکل زیر $V_0 = 10\text{ V}$ است.

الف) نیروی محرکه باتری چقدر است؟

ب) در مدت ۵ دقیقه چه تعداد الکترون از مقاومت R_1 می گذرد؟

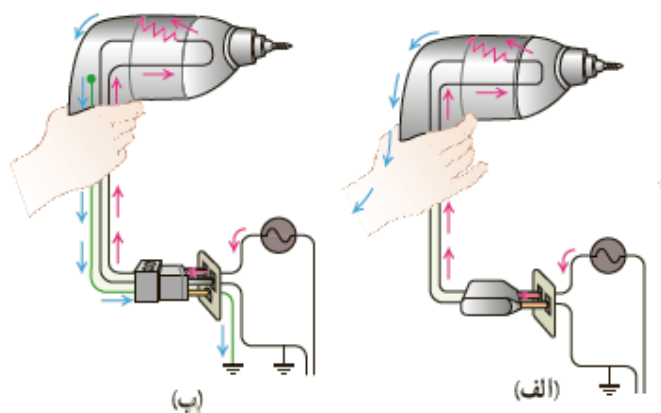
پ) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چقدر است؟

تمرین ۱۵- در کدام یک از شکل های زیر لامپ روشن می شود؟

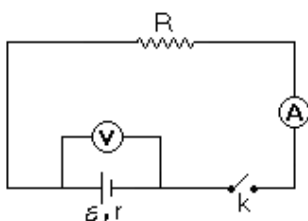


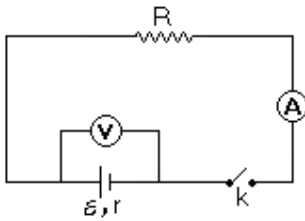
تمرین ۱۶- بررسی کنید اگر مته برقی (دریل) معیوب شکل های زیر را با دو شاخه (شکل الف) یا سه شاخه (شکل ب)

به پریز وصل کنیم، چه رخ می دهد؟



تمرین ۱۷- توضیح دهید چگونه می توان با کمک مدار زیر مقاومت درونی باتری را تعیین کرد؟





تمرین ۱۸- در مدار شکل مقابل هنگامی که کلید k باز است، ولت سنج عدد $10V$ را نشان می دهد، اگر کلید k را ببندیم ولت سنج عدد $8V$ و آمپر سنج $2A$ را نشان می دهد ، مقاومت درونی باتری چقدر است؟

انرژی الکتریکی مصرفی (گرمایی) در یک مقاومت: با توجه به اینکه در یک مقاومت از پایانه ی مثبت به منفی

یک میدان الکتریکی وجود دارد و با توجه به رابطه ی $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ در فصل قبل، هرگاه بار q در جهت میدان از مقاومت عبور نماید انرژی پتانسیل الکتریکی به اندازه ی $\Delta U = q\Delta V$ کاهش می یابد. این کاهش انرژی صرف افزایش انرژی جنبشی بارها می شود و در اثر برخورد آنها با اتمها انرژی درونی رسانا افزایش می یابد و رسانا گرم می شود، انرژی مصرفی رسانا بصورت زیر محاسبه می شود:

$$U = qV$$

U: انرژی الکتریکی (j)

$$U = RI^2 t = VIt = \frac{V^2}{R} t$$

توان الکتریکی مصرفی (گرمایی) در یک مقاومت: انرژی مصرف شده در واحد زمان در یک مقاومت را توان

مصرفی در آن مقاومت گویند که بصورت زیر محاسبه می شود:

$$P = \frac{U}{t}$$

P : توان الکتریکی (w)

$$P = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$

نکته ۱- یکای صنعتی انرژی الکتریکی به صورت KWh (کیلو وات ساعت) است، که به صورت زیر تبدیل به ژول می شود:

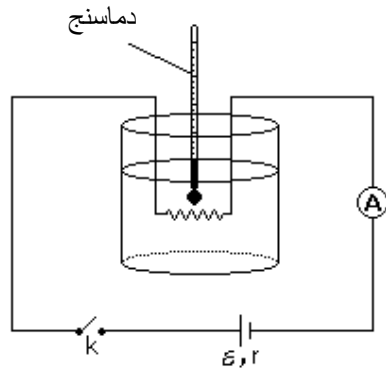
$$1KWh = 36 \times 10^5 J$$

نکته ۲- با توجه به رابطه ی زیر اگر توان بر حسب kw (کیلو وات) و زمان بر حسب h (ساعت) باشد نیز انرژی الکتریکی را می توان بر حسب kwh (کیلووات ساعت) محاسبه نمود:

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = P \times t$$

$\swarrow \quad \quad \searrow$
 kwh kw h

آزمایش - آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوان درستی رابطه ی $U=RI^2t$ را تحقیق نمود.
 وسیله های آزمایش: دماسنج، ظرف آب، یک مقاومت با مقدار معلوم، آمپرسنج، سیم های رابط.



پاسخ - ابتدا جرم و دمای آب داخل ظرف را تعیین می کنیم و با قرار دادن مقاومت داخل آب مداری مانند شکل روبرو طراحی می کنیم . پس از بستن کلید زمان می گیریم تا مدار برای یک مدت معین مثلاً (۵ دقیقه) کار کند ، حال کلید را باز می کنیم و دوباره عددی که دماسنج نشان میدهد را ثبت می کنیم حالا با رابطه ی $Q = mc\Delta\theta$ مقدار گرمایی را که مقاومت ایجاد کرده است بدست می آوریم (گرمای ویژه آب $C=4200$ است) حالا با کمک رابطه ی $U = RI^2t$ مقدار انرژی مصرفی این مقاومت را تعیین می کنیم ، مشاهده می شود مقدار آن تقریباً با مقدار Q برابر است .

مثال ۱۷- سیمی به طول ۵۰cm و سطح مقطع 2mm^2 و مقاومت ویژه ی $10^{-6}\Omega\text{m}$ را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰V متصل می کنیم،

الف) این وسیله در هر ساعت چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرف می کند؟
 ب) اگر این وسیله روزی یک ساعت استفاده شود و هر کیلو وات ساعت ۵۰ تومان باشد، هزینه یک ماه مصرف این وسیله چقدر است؟

مثال ۱۸- بر روی یک سمور برقی ارقام ۱۲۰۰w و ۲۰۰V نوشته شده است. این سمور هنگامی که به ولتاژ ۲۰۰V متصل شود؛

الف) در هر دقیقه چه مقدار انرژی الکتریکی بر حسب کیلووات ساعت مصرف می کند؟
 ب) مقاومت سیم گرمکن آن چقدر است؟

تمرین ۱۹- روی یک وسیله ی الکتریکی ارقام 100W و 200V نوشته شده است. اگر این وسیله به اختلاف پتانسیل 100V متصل شود با فرض ثابت ماندن مقاومت، توان آن چقدر می شود؟

تمرین ۲۰- وقتی دو سر یک بخاری برقی را به اختلاف پتانسیل 220 ولت وصل کنیم، جریان 10 آمپر از آن می گذرد، اگر این بخاری به مدت 3 ساعت در روز کار کند و قیمت برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت 50 تومان باشد، هزینه یک ماه استفاده از این بخاری چقدر می شود؟

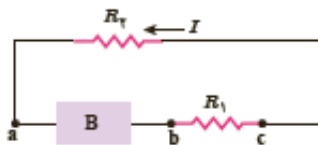
تمرین ۲۱- اگر لامپ های رشته ای را با لامپهای LED جایگزین کنیم، در خواهیم یافت که در مصرف انرژی تفاوت چشم گیری حاصل می شود. مثلاً در حالی که لامپ هالوژن یک کلاه ایمنی چند باتری را در 3 ساعت مصرف می کند، نوع LED همان لامپ، آن باتری ها را در 30 ساعت به مصرف می رساند، دلیل این اختلاف را بیان کنید.

تمرین ۲۲- شکل زیر جریان I را در یک مدار تک حلقه با باتری B و دو مقاومت را نشان می دهد. اگر مقاومت داخلی باتری ناچیز باشد، پس از مشخص کردن قطب های پایانه های B به پرسش های زیر پاسخ دهید:

الف) جریان را در نقاط a, b و c مقایسه کنید.

ب) پتانسیل الکتریکی را در نقاط a, b و c مقایسه کنید.

پ) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل های بار مثبت را در نقاط a, b و c مقایسه کنید.



کلیه ی توان های مولد:

۱- توان تولیدی (توان کل): انرژی که مولد در واحد زمان تولید می کند را توان تولیدی گویند.

$$P = \mathcal{E}I$$

۲- توان تلف شده (مصرفی یا گرمایی) مولد: هر باتری به علت مقاومت درونی خود مقداری انرژی را مصرف می کند و به گرما تبدیل می کند، انرژی مصرفی باتری در واحد زمان توان تلف شده نام دارد.

$$P = rI^2$$

۳- توان مفید (خروجی) مولد: انرژی که مولد تولید می کند مقداری از آن توسط مقاومت درونی مصرف می شود و باقیمانده انرژی توسط مدار مصرف می شود که به آن توان مفید می گویند.

$$P = \mathcal{E}I - rI^2$$

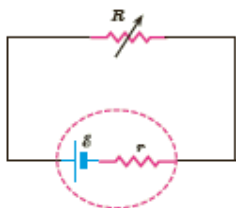
نکته ۱- اگر جریان الکتریکی در مداری وارد قطب مثبت باتری شود در اصطلاح گفته می شود این باتری از مدار انرژی می گیرد و توان ورودی به آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P = \mathcal{E}I + rI^2$$

نکته ۲- برای توان های اجزاء یک مدار رابطه زیر برقرار است:

توان ورودی باتری ها + توان مصرفی مقاومت ها = توان خروجی باتری ها

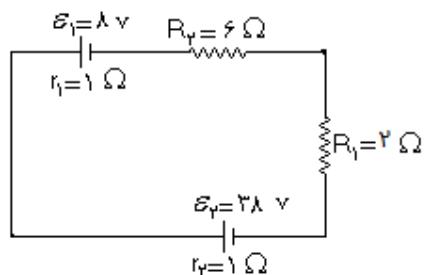
مثال ۱۹- در شکل زیر، نیروی محرکه الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 4A$ برابر $36W$ و به ازای $I_2 = 2A$ برابر $19W$ است، محاسبه کنید.



مثال ۲۰- با توجه به مدار شکل زیر ،

الف) توان تولیدی باتری $\mathcal{E}_2$ را به دست آورید.

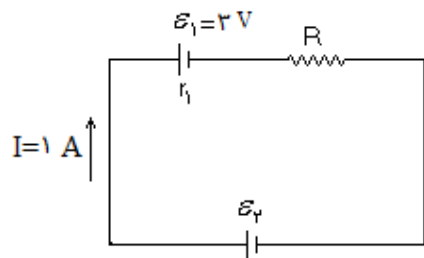
ب) کدام باتری از مدار انرژی می گیرد؟ توان ورودی آن را به دست آورید.



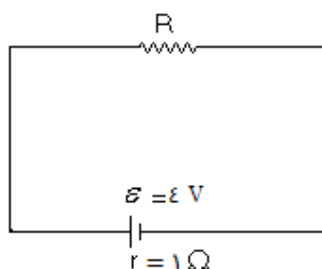
مثال ۲۱- در مدار شکل زیر توان مصرفی در مقاومت R برابر $7/5$ وات و توان خروجی باتری $\mathcal{E}_2$ برابر 12 وات است.

الف) مقاومت درونی باتری $\mathcal{E}_1$ را به دست آورید.

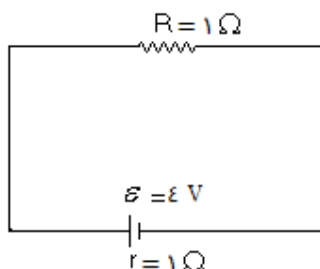
ب) افت پتانسیل در این باتری چقدر است؟



تمرین ۲۳- توان خروجی باتری شکل زیر $\mathcal{E}$ وات است. مقدار R و توان مصرفی باتری را به دست آورید.



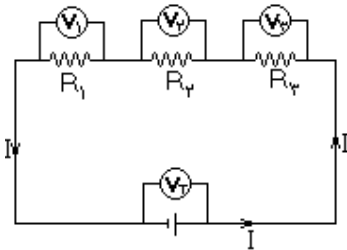
تمرین ۲۴- نشان دهید در مدار شکل زیر توان خروجی باتری با توان مصرفی مدار برابر است:



به هم بستن مقاومت ها: مقاومت ها را به دو شکل زیر می توان بست:

۱- به هم بستن مقاومت ها بطور متوالی (سری): هرگاه چند مقاومت مطابق شکل زیر حداقل از یک سمت بدون

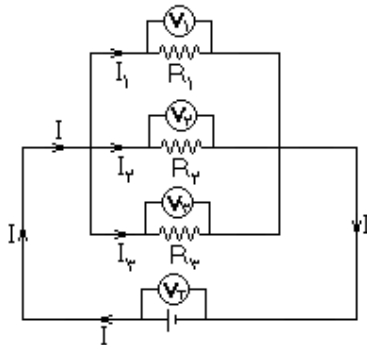
انشعاب به هم متصل شوند سری هستند و روابط زیر برای آنها برقرار است:



$$\begin{cases} R_T = R_1 + R_2 + R_3 \\ I_T = I_1 = I_2 = I_3 \\ V_T = V_1 + V_2 + V_3 \end{cases} \quad R_T = \frac{V_T}{I_T}$$

۲- به هم بستن مقاومت ها بطور موازی (انشعابی): هرگاه چند مقاومت مطابق شکل زیر از دو سمت با یکدیگر

انشعاب داشته باشند موازی هستند و روابط زیر برای آنها برقرار است:



$$\begin{cases} \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ I_T = I_1 + I_2 + I_3 \\ V_T = V_1 = V_2 = V_3 \end{cases} \quad R_T = \frac{V_T}{I_T}$$

محاسبه ی مقاومت معادل مقاومت های متوالی:

$$\left. \begin{aligned} V_T &= V_1 + V_2 + V_3 \\ R &= \frac{V}{I} \Rightarrow V = IR \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} I_T R_T &= I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 \\ I_T &= I_1 = I_2 = I_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_T R_T = I_T R_1 + I_T R_2 + I_T R_3$$

$$\Rightarrow \cancel{I_T} R_T = \cancel{I_T} (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\Rightarrow R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

محاسبه ی مقاومت معادل مقاومت های موازی:

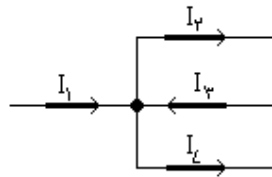
$$\left. \begin{aligned} I_T &= I_1 + I_2 + I_3 \\ R &= \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{V_T}{R_T} &= \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \\ V_T &= V_1 = V_2 = V_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_T}{R_T} = \frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} + \frac{V_T}{R_3}$$

$$\Rightarrow \cancel{V_T} / R_T = \cancel{V_T} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

قاعده انشعاب: مجموع جریان هایی که به هر نقطه ی انشعاب وارد می شود برابر مجموع جریان هایی است که از آن نقطه ی انشعاب خارج می شود. (قاعده انشعاب در واقع مبتنی بر قانون پایستگی بار الکتریکی است)

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$



نکته ۱- برای محاسبه ی مقاومت معادل دو مقاومت موازی به عنوان یک راه حل سریعتر می توان از رابطه ی زیر استفاده نمود:

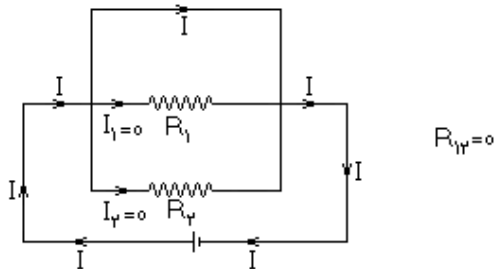
$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

نکته ۲- اگر ثابت شود که دو مقاومت با یکدیگر متوالی نیستند، نمی توان نتیجه گرفت که آن دو با هم موازیند.

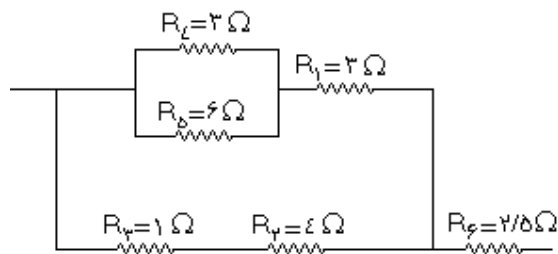
نکته ۳- در به هم بستن متوالی چند مقاومت داریم: $R_1 < R_T$ و $R_2 < R_T$ و ...

نکته ۴- در به هم بستن موازی چند مقاومت داریم: $R_1 > R_T$ و $R_2 > R_T$ و ...

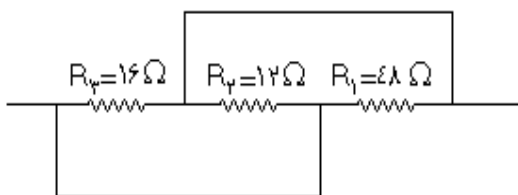
اتصال کوتاه: هرگاه درمداری یک سیم بدون مقاومت، موازی با یک یا چند مقاومت بسته شده باشد تمام جریان از این سیم عبور می کند و جریانی از انشعاب های دیگر عبور نمی کند و مقاومت سایر انشعاب های موازی با سیم صفر فرض می شود.



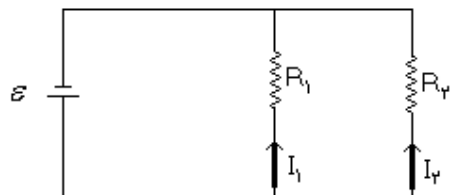
مثال ۲۲- مقاومت معادل مدار مقابل را بدست آورید.



مثال ۲۳- مقاومت معادل مدار مقابل را بدست آورید.



مثال ۲۴- در مدار شکل زیر باتری آرمانی، اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت را به دو سر مقاومت های $R_1 = 4\Omega$ و $R_p = 6\Omega$ اعمال می کند.

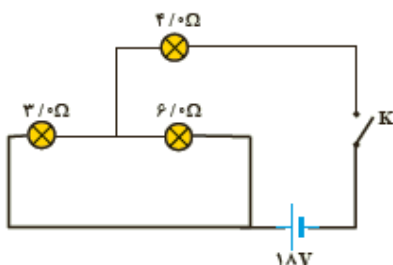


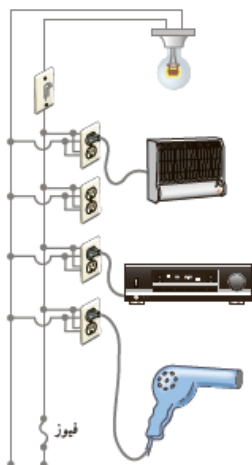
الف) جریان عبوری از هر مقاومت چقدر است؟

ب) جریان عبوری از هر باتری چقدر است؟

مثال ۲۵- دو مقاومت کاملاً مشابه ۵ اهمی و یک منبع ولتاژ ۱۰ ولتی داریم . فرض کنید هر مقاومت را به تنهایی یا با به هم بستن آنها می توان به منبع ولتاژ وصل نمود. بیشترین و کمترین توانی که می توان بدست آورد چقدر است؟

مثال ۲۶- در شکل زیر ، وقتی کلید بسته شود چه جریانی از هر لامپ رشته ای می گذرد؟



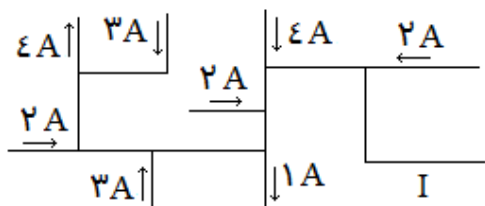


مثال ۲۷- یک لامپ رشته ای 110 W ، یک بخاری برقی 2200 W ، یک دستگاه پخش صوت 220 W ، یک سشوار 3300 W مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی 220 ولت وصل شده است.

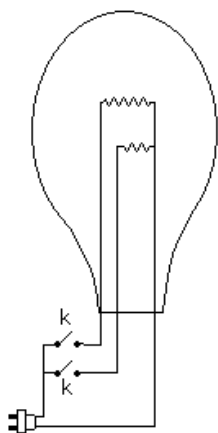
(الف) اگر فیوز شکل 15 A باشد، آیا فیوز خواهد پرید؟

(ب) نشان دهید توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل برابر با مجموع توان های مصرفی در هریک از مقاومت ها است.

مثال ۲۸- جریان I در این مدار چقدر است؟



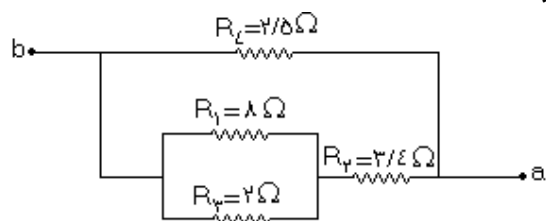
تمرین ۲۵- یک لامپ سه راهه ی 12 ولت که دو رشته ی فیلامان دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب 18 W و 72 W است. مقاومت هر یک از رشته ها را بدست آورید.



تمرین ۲۶- در مدار شکل زیر توان مصرفی مقاومت R_1 برابر ۸ وات است.

الف) توان مصرفی در R_3 را بدست آورید.

ب) جریان هر انشعاب را محاسبه کنید.

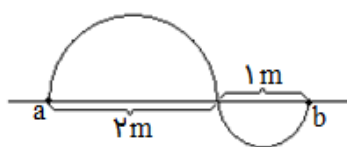


تمرین ۲۷- دو مقاومت $R_1 = 30 \Omega$ و $R_2 = ?$ را به هم می بندیم و مجموعه را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰ ولت متصل

می کنیم. اگر توان مصرفی مجموعه ۵۰۰ وات باشد، R_2 چند اهم است؟

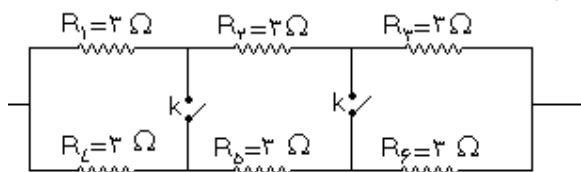
تمرین ۲۸- از سیمی که مقاومت هر متر از آن ۲۰ اهم است مداری مانند شکل مقابل

ساخته ایم مقاومت معادل بین دو نقطه ی a و b را بدست آورید. ($\pi=3$)

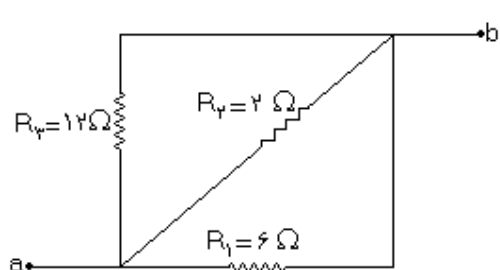


تمرین ۲۹- مقاومت معادل مدار درحالتی که کلیدها باز است،

چند برابر مقاومت معادل حالتی است که کلیدها بسته است؟

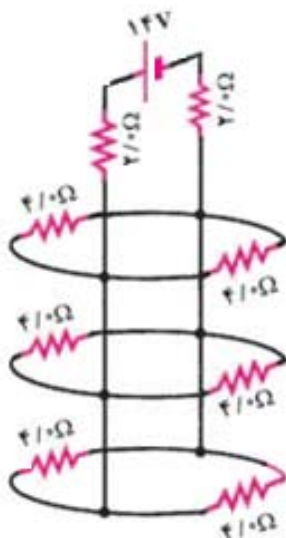


تمرین ۳۰- ثابت کنید در دو مقاومت موازی نسبت جریان ها به نسبت عکس مقاومت هاست؟



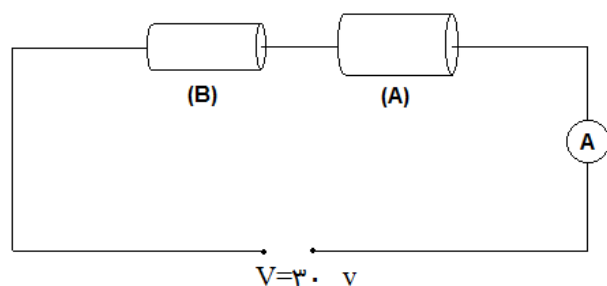
تمرین ۳۱- در مدار شکل زیر جریان عبوری از R_2 برابر ۲ آمپر است. انرژی مصرفی در کل مقاومت ها در مدت ۲ ساعت چند کیلو وات ساعت است؟

تمرین ۳۲- در مدار مقابل جریان عبوری از مقاومت ها ی اهمی چقدر است؟



تمرین ۳۳- دو قطعه سیم مسی هم طول و توپر مطابق شکل زیر به هم بسته شده اند. اگر سطح مقطع سیم (A)

دو برابر سطح مقطع سیم (B) باشد:

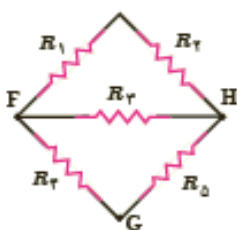


الف) مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

ب) اگر آمپرسنج ۳۰ آمپر را نشان دهد مقاومت هریک

از سیم ها چند اهم است؟

تمرین ۳۴- دو مقاومت کاملاً مشابه را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می بندیم و آنها را هر بار به ولتاژهای برابر متصل می کنیم. نسبت توان مصرفی در حالت اول به حالت دوم چقدر است؟



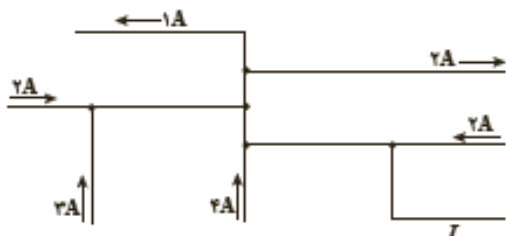
تمرین ۳۵- شکل روبه رو پنج مقاومت ۸ اهمی را نشان می دهد.

الف) مقاومت معادل بین نقطه های F و H چقدر است؟

ب) مقاومت معادل بین نقطه های F و G چقدر است؟

تمرین ۳۶ - شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می دهد. بزرگی و جهت جریان I در سیم پایین سمت راست

چقدر است؟



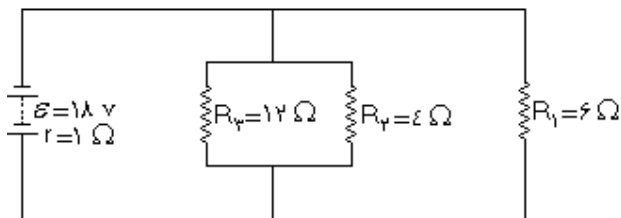
تمرین ۳۷- در سیم کشی منازل، همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند. یک اتوی 1100 W ، یک نان

برشته کن (توستر) 3300 W ، پنج لامپ رشته ای 110 W و یک بخاری برقی 2200 W به پریزهای یک مدار با سیم کشی

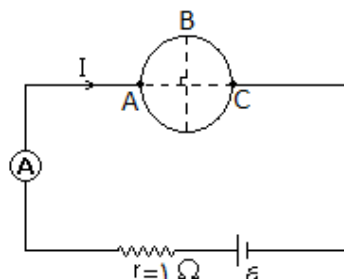
خانگی 220 V ولت که به فیوز 15 A متصل است کار می کنند. آیا ترکیب این مصرف کننده ها باعث پریدن فیوز

می شود؟ (با محاسبه)

تمرین ۳۸- در مدار شکل مقابل توان مصرفی در R_2 را بدست آورید.



تمرین ۳۹- سیم یکنواختی به مقاومت 20Ω اهم را مانند شکل به صورت یک حلقه درمی آوریم و دو سرقطر AC را به کمک سیم های رابط به دو پایانه یک باتری متصل می کنیم:



الف) مقاومت معادل میان دو نقطه ی A و C چقدر است؟

ب) اگر آمپرسنج ۲ آمپر را نشان دهد، نیروی محرکه باتری چقدر است؟

پ) اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ چقدر است؟

تمرین ۴۰- دو مقاومت موازی 6Ω اهمی و 12Ω اهمی به طور متوالی به یک مقاومت 2Ω اهمی وصل شده است. اکنون مجموعه مقاومت ها را به دوسر یک باتری آرمانی 36 V ولتی می بندیم. توان مصرفی در مقاومت 6Ω اهمی را محاسبه کنید.

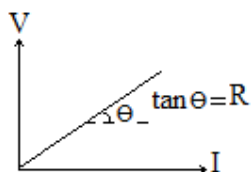
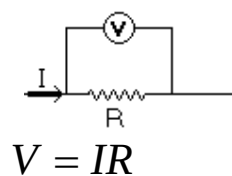
ولت سنج: وسیله ای است که برای نشان دادن اختلاف پتانسیل بین دو نقطه بکار می رود. مقاومت ولت سنج ایده آل تقریباً بی نهایت است و بصورت موازی در مدار بسته می شود، بنابراین جریانی از آن نمی گذرد. ولت سنج در مدار با نماد $\text{---} \text{V} \text{---}$ نمایش داده می شود.

آمپرسنج: وسیله ای است که برای نشان دادن جریان یک انشعاب در مدار بکار می رود. مقاومت آمپرسنج ایده آل بسیار ناچیز است و بطور متوالی در مدار بسته می شود، بنابراین تمام جریان را از خود عبور می دهد و در مدار با نماد $\text{---} \text{A} \text{---}$ نشان داده می شود.

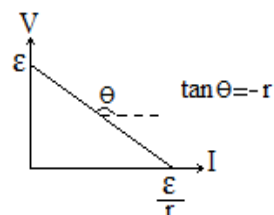
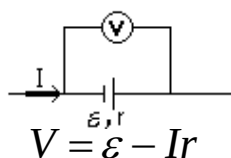
اهم متر: وسیله ای است که برای اندازه گیری مقاومت مدار بکار می رود.

نکته - با اهم متر نمی توان مقاومت درونی مولد و مقاومت هر وسیله ای که در آن جریان برقرار است را تعیین نمود.

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت: بصورت زیر محاسبه می گردد:



اختلاف پتانسیل دو سر باتری: بصورت زیر محاسبه می گردد:

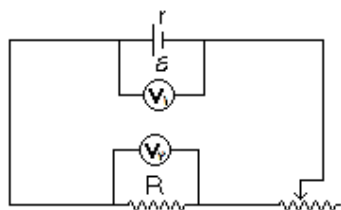


نکته- اگر جریانی از باتری عبور نکند اختلاف پتانسیل دو سر باتری با نیروی محرکه آن برابر است.

$$V = \epsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \epsilon$$

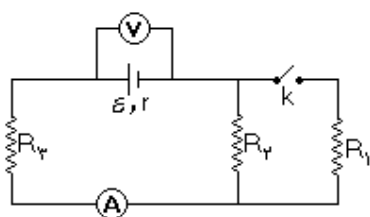
مثال ۲۹- در مدار مقابل لغزنده ی رئوستا به سمت راست حرکت داده می شود.

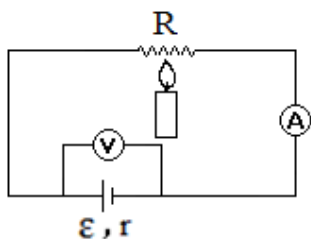
اعدادی که هریک از ولت سنج ها نشان می دهند چه تغییری می کنند؟



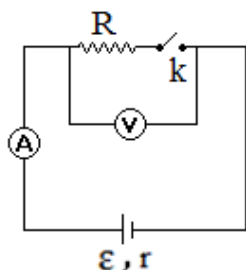
مثال ۳۰- با استدلال بیان کنید در مدار شکل مقابل با بسته شدن کلید k

اعدادی که ولت سنج و آمپرسنج نشان می دهند، چه تغییری می کنند؟

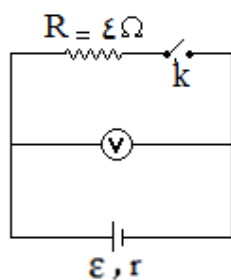




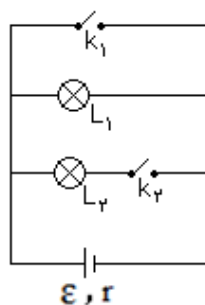
تمرین ۴۱- در مدار شکل زیر اگر به تدریج دمای مقاومت را افزایش دهیم، اعدادی که ولت سنج و آمپر سنج نشان می دهند چه تغییری می کنند؟



تمرین ۴۲- در مدار شکل مقابل، وقتی کلید را می بندیم، عدد ولت سنج، تغییر محسوس نمی کند در حالیکه آمپر سنج عدد جریان را نشان می دهد. علت را بنویسید.

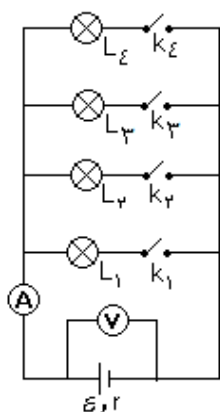


تمرین ۴۳- در مدار شکل مقابل هنگامی که کلید k باز است، ولت سنج عدد $10V$ را نشان می دهد، اگر کلید k را ببندیم ولت سنج عدد $8V$ را نشان می دهد، مقاومت درونی باتری چقدر است؟

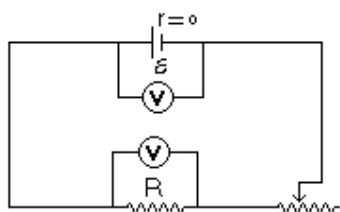


تمرین ۴۴- در مدار شکل مقابل کلیدهای k_1 و k_2 هر دو باز هستند.
 الف) اگر کلید k_1 باز بوده و k_2 را ببندیم، نور لامپ L_1 چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟
 ب) اگر کلید k_2 را باز کرده و کلید k_1 را ببندیم نور لامپ L_1 چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟

تمرین ۴۵- تعدادی لامپ مشابه مطابق شکل زیر به هم بسته شده اند. اگر کلیدها یکی پس از دیگری بسته شوند، اعدادی که ولت سنج و آمپرسنج نشان می دهند چگونه تغییر می کنند؟



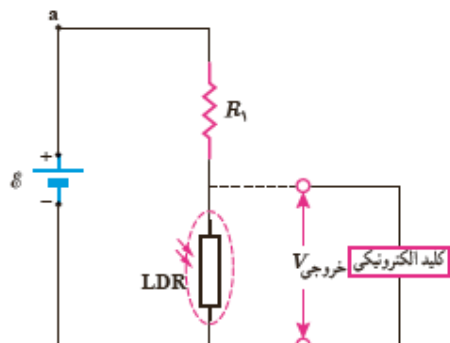
تمرین ۴۶- در مدار شکل مقابل با حرکت لغزنده ی رئوستا به سمت راست اعدادی که هریک از ولت سنج ها نشان می دهند چه تغییری می کنند؟



تمرین ۴۷- به پرسش های زیر پاسخ دهید.

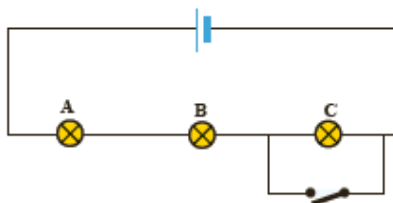
- الف) چرا در اتومبیل به جای یک باتری ۱۲ ولتی نمی توان از ۸ باتری ۱/۵ ولتی استفاده نمود .
 ب) چرا یک باتری فرسوده نمی تواند اتومبیل را روشن کند.

تمرین ۴۸- شکل زیر یک ابزار الکترونیکی را نشان می دهد که از آن برای ساخت آژیر خطر، کلید خودکار روشن شدن چراغ ها و ... استفاده می شود. توضیح دهید در این ابزار چرا با کاهش شدت نور محیط ، کلید الکترونیکی فعال می شود؟



تمرین ۴۹- لامپ های A، B و C در شکل زیر همگی یکسانند. با بستن کلید ، کدام یک از تغییرات زیر در اختلاف

پتانسیل رخ می دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).



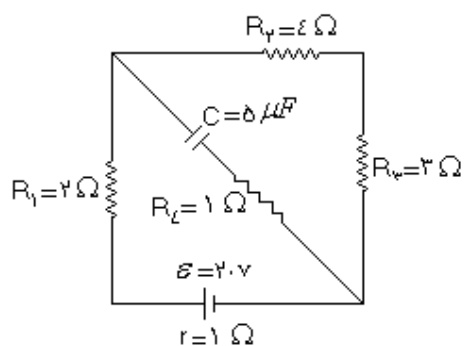
(الف) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی کند.

(ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازه ۵۰٪ کاهش می یابد.

(پ) هر یک از اختلاف پتانسیل های A و B به اندازه ۵۰٪ افزایش می یابد.

(ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر می رسد.

تمرین ۵۰- در مدار شکل مقابل بار ذخیره شده در خازن چند میکروکولن است؟



مغناطیسی

قطب های آهنربا: در هر آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهنربایی در آنها بیش از قسمت های دیگر است. این ناحیه ها را قطب های آهنربا می نامند. این قطبها به نامهای N (شمال) و S (جنوب) موسوم هستند. به عنوان مثال به قطب های آهنربای میله ای زیر توجه کنید:



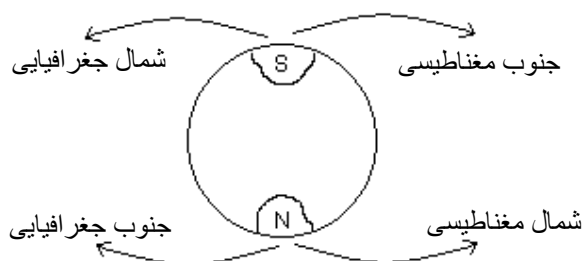
توجه: قطب های همنام آهنربا یکدیگر را می رانند و قطب های ناهمنام آن یکدیگر را می ربایند.

نکته ۱- وسط آهنربای میله ای تقریباً خاصیت مغناطیسی ندارد.

نکته ۲- قطب های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می شوند و هرگز تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد.

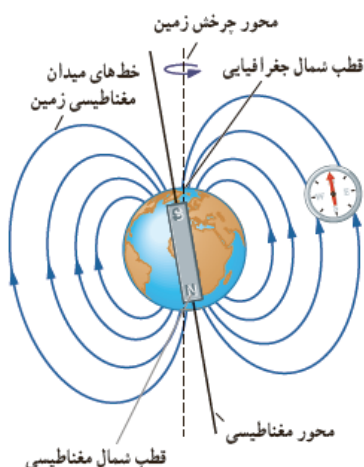
قطب های مغناطیسی زمین: همانطور که از شکل

زیر مشخص است قطب های مغناطیسی و قطب های جغرافیایی کره ی زمین با یکدیگر متفاوتند:



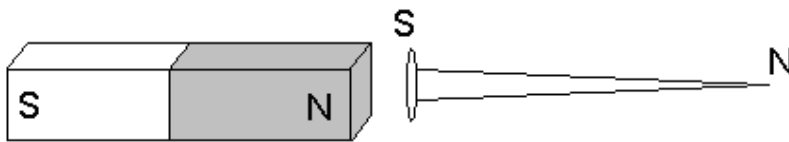
خطوط میدان مغناطیسی زمین: قطب های مغناطیسی و جغرافیایی

زمین فاصله ی زیادی از یکدیگر دارند، بطوری که عقربه ی مغناطیسی در جهت واقعی شمال جغرافیایی قرار نمی گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.



شیب مغناطیسی: خطوط میدان مغناطیسی در بیشتر نقاط زمین افقی نیست و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می سازد. به این زاویه ، شیب مغناطیسی گفته می شود.(برای پیدا کردن شیب مغناطیسی درست به وسط یک عقربه مغناطیسی بزرگ نخی ببندید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل ، به کمک نقاله ، زاویه ای را اندازه گیری کنید که امتداد عقربه مغناطیس با سطح افق می سازد. این زاویه همان شیب مغناطیسی است.)

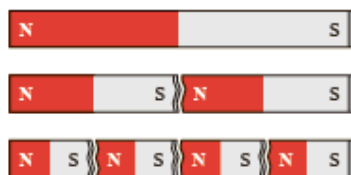
القای خاصیت مغناطیسی: هرگاه یک آهنربا به یک قطعه فلز از جنس آهن، نیکل، کبالت و یا آلیاژهایی از این سه فلز نزدیک شود در قطعه فلز خاصیت مغناطیسی به گونه ای ایجاد می شود که سر نزدیکتر به آهنربا قطب ناهمنام با آهنربا و سر دورتر همنام با آهنربا شود. به این پدیده القای خاصیت مغناطیسی گوئیم. به عنوان مثال به القای خاصیت مغناطیسی در یک میخ آهنی توجه کنید؛



تمرین ۱- دو روش ساده برای تعیین قطب های یک آهنربای میله ای با قطب های نامشخص بنویسید.

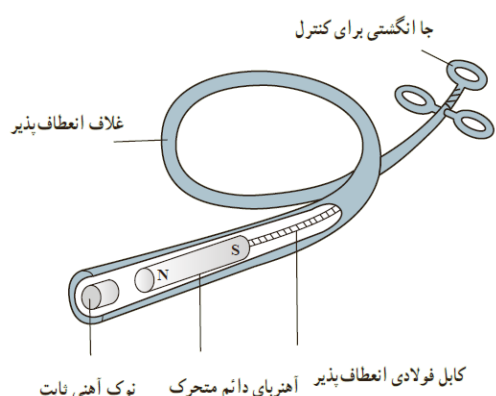
تمرین ۲- فرض کنید دو میله ی کاملاً مشابه یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید، چگونه می توانید بدون استفاده از هیچ وسیله ی دیگری این دو را از یکدیگر تشخیص دهید؟

تمرین ۳- دریافت خود را از شکل زیر بنویسید.



تمرین ۴- چرا در پدیده ی القای خاصیت مغناطیسی همواره جذب وجود دارد؟

تمرین ۵- کودکی یک قطعه آهنی کوچک را بلعیده است. پزشک می خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد.



الف) هنگامی که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می شود چه اتفاقی می افتد؟

ب) ساختن نوک ثابت آهنی چه مزیتی دارد؟

پ) این وسیله را باید به درون گلوله کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد، چرا غلاف باید انعطاف پذیر باشد؟

ت) پزشک می خواهد یک گیره آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلوله کودک بیرون بیاورد، کدام یک را می توان بیرون آورد؟ چرا؟

میدان مغناطیسی: فضای اطراف آهنربا که در آن بر مواد مغناطیسی و آهنرباهای دیگر نیرو وارد می شود را

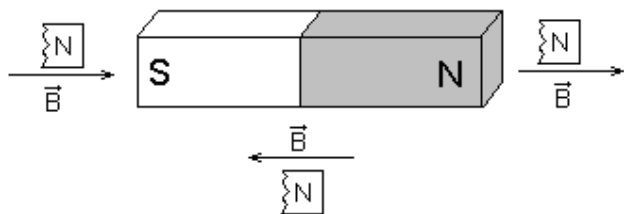
میدان مغناطیسی گوئیم. میدان مغناطیسی یک کمیت برداری است که با نماد $\vec{B}$ نمایش داده می شود و یکای آن تسلا (T) می باشد.

نکته- میدان مغناطیسی یكاهای دیگری بصورت زیر نیز دارد؛

$$1T = 1 \frac{N}{A.m} = 10^4 G$$

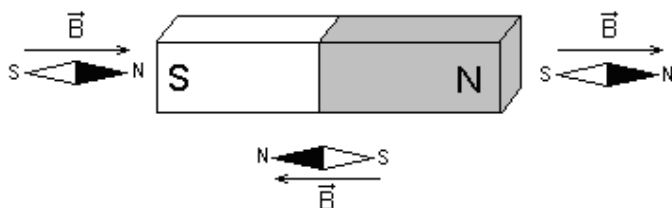
جهت میدان مغناطیسی: به دو روش زیر جهت میدان مغناطیسی اطراف یک آهنربا تعیین می شود؛

۱- جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه هم جهت با نیروی وارد بر قطب N فرضی یک آهنربای دیگر است؛



۲- جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه همراستای عقربه ی مغناطیسی (قطب نما) است و جهت آن به سمتی است

که قطب N عقربه نشان می دهد. (عقربه ی مغناطیسی بصورت $\text{N} \rightarrow \text{S}$ نمایش داده می شود)

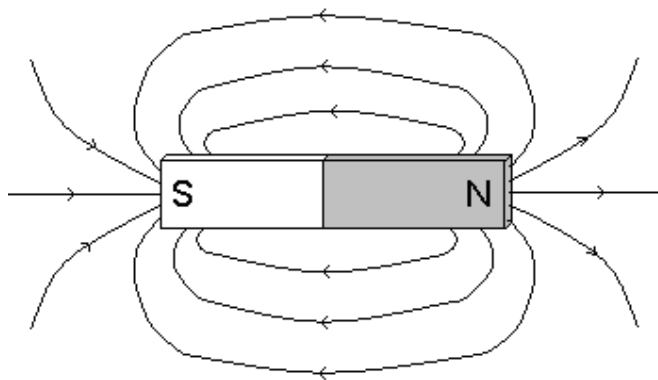


خطوط میدان مغناطیسی: اگر جهت میدان مغناطیسی در تمام نقاط فضای اطراف آهنربا رسم شود خطوط بسته‌ای بدست می‌آید که به آن خطوط میدان مغناطیسی گوئیم.

ویژگیهای خطوط میدان مغناطیسی:

- ۱- خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند و از هر نقطه تنها یک خط میدان می‌گذرد.
- ۲- هر چه میدان قویتر باشد خطوط میدان مغناطیسی متراکمتر (به هم نزدیکتر) است.
- ۳- جهت خطوط میدان همراستای عقربه ی مغناطیسی در هر نقطه است و جهت آن به سمت قطب N عقربه است.
- ۴- جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه برداری است مماس بر خط میدان در آن نقطه و هم جهت با خطوط میدان مغناطیسی.

خطوط میدان مغناطیسی آهنربای تیغه‌ای:



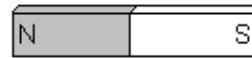
نکته- جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب N به قطب S است و داخل آهنربا از قطب S به قطب N است.

مثال ۱- خطوط میدان مغناطیسی ناشی از آهنرباهای مجاور را در حالت‌های زیر رسم کنید.

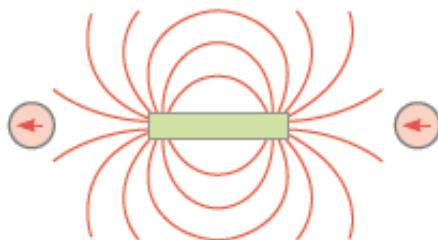
(الف)



(ب)

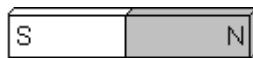


مثال ۲- با توجه به جهت گیری عقربه مغناطیسی در شکل زیر، قطب های آهنربای میله ای و جهت خط های میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

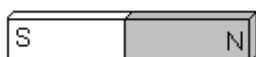


تمرین ۶- خط های میدان مغناطیسی اطراف دو آهنربای مجاور را در دو حالت زیر رسم کنید.

(الف)



(ب)



آهنربای ضعیف

آهنربای قوی

تمرین ۷- در شکل زیر عقربه ی مغناطیسی، میدان مغناطیسی ناشی از دو آهنربای مشابه را نشان می دهد. قطب های هریک از آهنربا ها را تعیین کنید.

(الف)

(ب)

عقربه ی مغناطیسی $\uparrow$

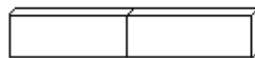
عقربه ی مغناطیسی $\rightarrow$



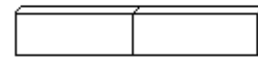
آهنربای (۲)



آهنربای (۱)

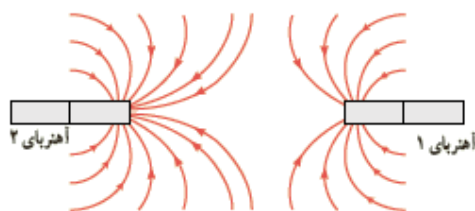


آهنربای (۲)



آهنربای (۱)

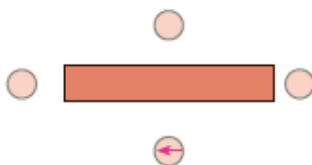
تمرین ۸- خط های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیکی قطب های آهنربا با هم مقایسه کنید و نوع قطب های هر آهنربا را نیز تعیین نمایید.



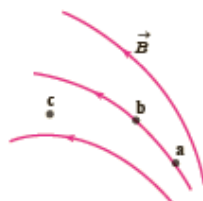
تمرین ۹- شکل روبرو، یک آهنربای میله ای و تعدادی عقربه مغناطیسی را نشان می دهد.

الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟

ب) جهت گیری عقربه های مغناطیسی را در دیگر مکان های روی شکل تعیین کنید.



تمرین ۱۰- شکل روبرو، خط های میدان مغناطیسی در ناحیه ای از فضا را نشان می دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت میدان در هر نقطه توجه کنید.



میدان مغناطیسی یکنواخت: میدانی است که اندازه و جهت آن در همه ی نقاط یکسان است. (خطوط میدان

یکنواخت با یکدیگر موازی، هم جهت و هم فاصله اند)



نکته- ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت در ناحیه بزرگی از فضا بسیار دشوار و در عمل ناممکن است. با این وجود، می توان در ناحیه کوچکی مانند ناحیه بین قطب های آهنربا میدان یکنواخت ایجاد کرد.

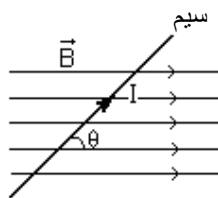
نیروی وارد بر سیم راست حامل جریان داخل میدان مغناطیسی: هرگاه سیم حامل جریان داخل میدان مغناطیسی قرار گیرد به علت میدان مغناطیسی ای که سیم تولید می کند بر آن نیرو وارد می شود که اندازه ی این نیرو با رابطه ی زیر محاسبه می گردد:

$$F = ILB \sin \theta$$

$$, \quad 0 \leq \theta \leq 90$$

$$\theta = 90 \rightarrow F_{\max} = ILB$$

$$\theta = 0 \rightarrow F = 0$$



I: شدت جریان (A)

F: نیروی وارد بر سیم (N)

L: طول قسمتی از سیم که داخل میدان است (m)

B: بزرگی میدان مغناطیسی (T)

θ : زاویه ی بین راستای سیم و خطوط میدان (زاویه I, B)

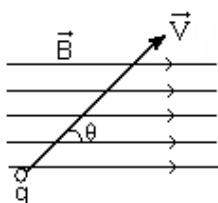
نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک داخل میدان مغناطیسی: هرگاه بار الکتریکی با سرعت ثابت داخل میدان مغناطیسی حرکت کند به علت میدان مغناطیسی که ذره ی باردار تولید می کند بر آن نیرو وارد می شود که اندازه این نیرو با رابطه ی زیر محاسبه می گردد:

$$F = |q| VB \sin \theta$$

$$, \quad 0 \leq \theta \leq 90$$

$$\theta = 90 \rightarrow F_{\max} = |q| VB$$

$$\theta = 0 \rightarrow F = 0$$



F: نیروی وارد بر بار (N)

q: اندازه ی بار متحرک داخل میدان (c)

V: اندازه ی سرعت ذره ی باردار ($\frac{m}{s}$)

B: بزرگی میدان مغناطیسی (T)

θ : زاویه ی بین راستای حرکت بار و خطوط میدان (زاویه $\vec{V}, \vec{B}$)

عوامل مؤثر بر نیروی وارد بر سیم حامل جریان داخل میدان مغناطیسی: باتوجه به رابطه ی $F = BIL \sin \theta$ عبارتند از:

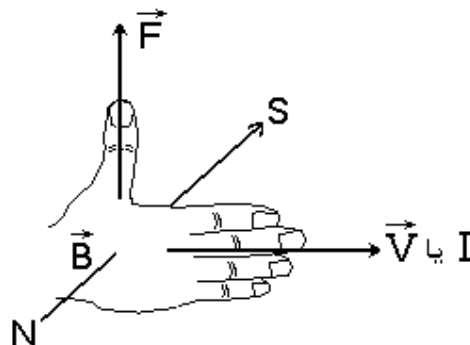
۱- اندازه ی جریان عبوری از سیم ۲- طولی از سیم که داخل میدان مغناطیسی قرار گرفته است ۳- بزرگی میدان مغناطیسی ۴- سینوس زاویه ی بین راستای سیم و خطوط میدان

عوامل مؤثر بر نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک داخل میدان مغناطیسی: باتوجه به رابطه ی $F = |q| VB \sin \theta$ عبارتند از:

۱- اندازه بار الکتریکی ۲- اندازه ی سرعت ذره ی باردار ۳- بزرگی میدان مغناطیسی ۴- سینوس زاویه ی بین راستای حرکت بار و خطوط میدان.

تعیین جهت نیروی وارد بر سیم یا بار الکتریکی داخل میدان مغناطیسی با کمک قاعده ی دست راست : به

ترتیب زیر عمل کنید:



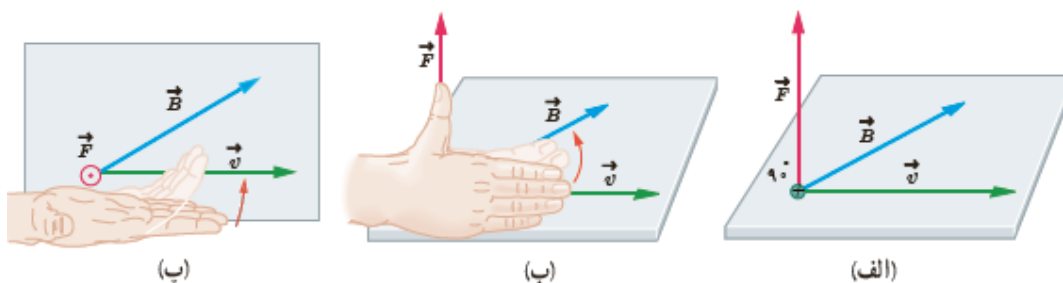
۱- پشت دست رو به قطب N و کف دست رو به قطب S میدان قرار گیرد. (به طوری که نوک خطوط میدان ($\vec{B}$) از پشت دست ، وارد دست شما شود)

۲- چهار انگشت باز رو به جهت جریان (I) یا رو به جهت بردار سرعت ذره ی باردار ($\vec{V}$) قرار گیرد.

۳- انگشت شست در حالیکه عمود بر چهار انگشت دیگر است جهت نیرو ($\vec{F}$) را نشان می دهد.

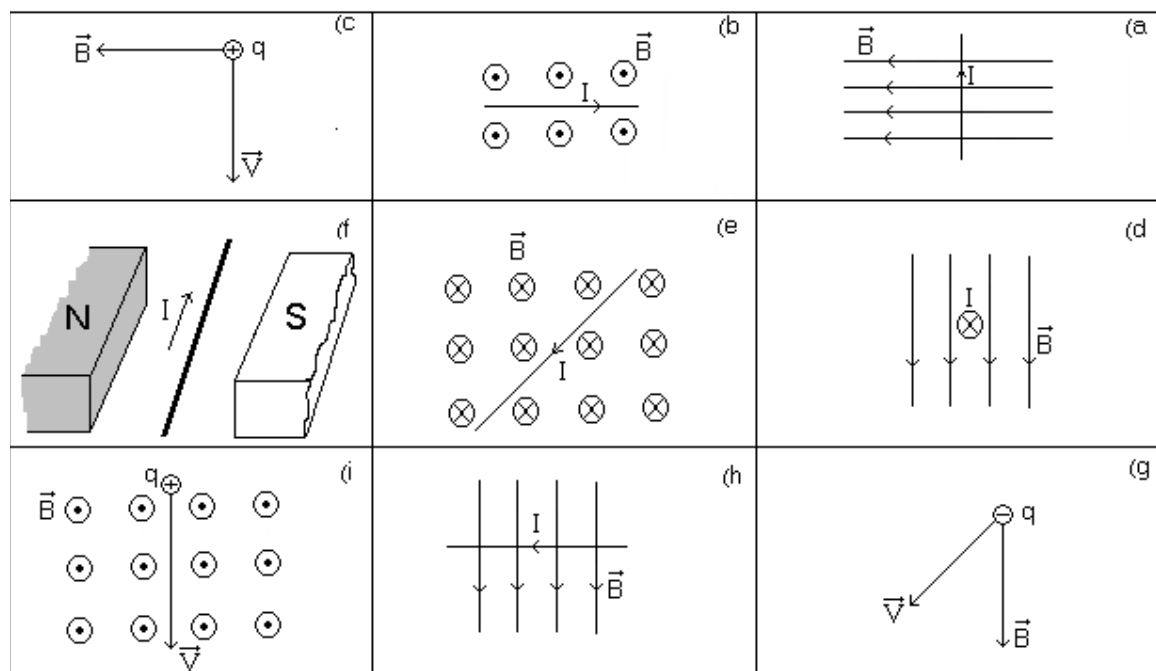
نکته ۱- اگر بار الکتریکی منفی باشد از دست چپ برای تعیین جهت نیروی وارد بر بار استفاده کنید.

نکته ۲- درمورد نیروی وارد بر بار الکتریکی $\vec{F}$ بر $\vec{B}$ و $\vec{V}$ عمود است. همچنین درمورد نیروی وارد بر سیم حامل جریان $\vec{F}$ بر $\vec{B}$ و $\vec{I}$ عمود است. در واقع اگر دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ی ما در جهت $\vec{V}$ باشد و چهار انگشت را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم تا در جهت $\vec{B}$ قرار گیرد (این کار باید روی زاویه کوچکتری که $\vec{B}$ و $\vec{V}$ می سازد انجام گیرد) آنگاه انگشت شست جهت $\vec{F}$ برای بار مثبت را نشان می دهد:



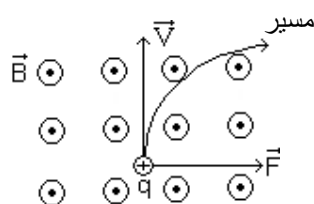
نکته ۳- برای تصاویر دوبعدی از نماد $\odot$ برای بردار برونسو و از نماد $\otimes$ برای بردار درونسو استفاده می شود. (بردار برونسو برداری است که جهت آن به سمت بیرون از صفحه کاغذ و بردار درونسو برداری است که جهت آن به سمت داخل صفحه کاغذ است.)

مثال ۳- جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک و یا سیم راست حامل جریان را در حالت های زیر تعیین کنید.



مسیر حرکت بار الکتریکی متحرک داخل میدان مغناطیسی: برای تعیین مسیر حرکت بار الکتریکی داخل میدان

مغناطیسی به نکته های زیر توجه کنید:



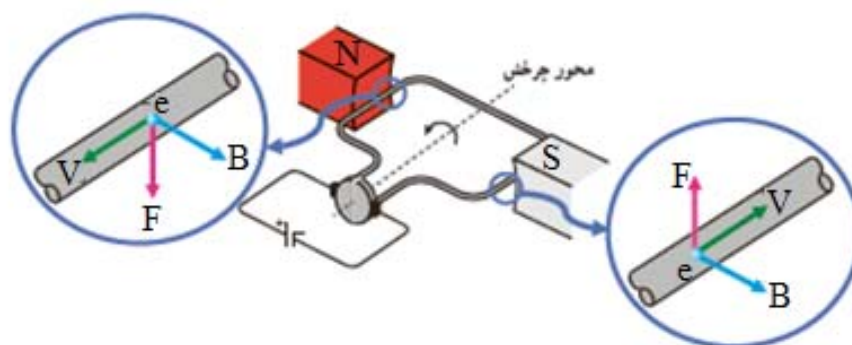
۱- ابتدای بردار سرعت بر ابتدای مسیر مماس است.

۲- بردار نیرو و متمایل به انتهای مسیر و عمود بر بردار سرعت است.

موتور الکتریکی: موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و

اساس کار بسیاری از دستگاه ها نظیر جاروبرقی ، مته برقی ، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... است. عامل

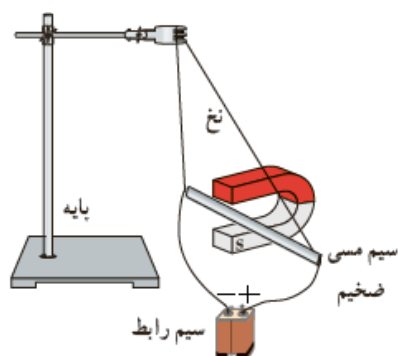
اصلی حرکت این موتور مطابق شکل نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی است:



عامل حرکت موتور الکتریکی: در هر موتور الکتریکی سیم هایی وجود دارند که حامل جریان اند (یعنی بارهای الکتریکی در آنها در حرکت اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می کنند. از این رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می شود و این نیروها حلقه ها را می چرخاند.

آزمایش: آزمایشی طراحی کنید که با کمک آن بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان داخل میدان مغناطیسی را بررسی کرد.

وسيله های مورد نیاز: آهنربای نعلی شکل، سیم مسی ضخیم، سیم رابط، پایه، نخ و باتری



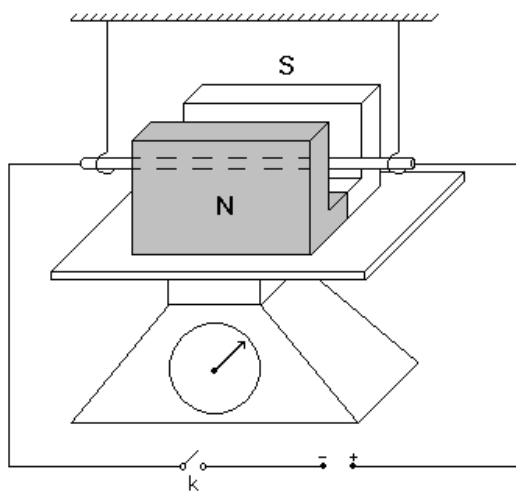
شرح آزمایش: ابتدا مداری مانند شکل مقابل ببندید:

- (الف) پس از بستن مدار و برقراری جریان چه چیزی مشاهده خواهید کرد.
 (ب) مدار را قطع کنید و جهت جریان را تغییر دهید و مشاهده خود را بنویسید.
 (پ) نتیجه آزمایش را بنویسید.

پاسخ -

- (الف) سیم مسی به سمت چپ منحرف می شود.
 (ب) سیم مسی به سمت چپ منحرف می شود.
 (پ) اولاً به سیم حامل جریان داخل میدان مغناطیسی نیرو وارد می شود، دوماً با تغییر جهت جریان جهت نیروی وارد بر سیم نیز تغییر می کند.

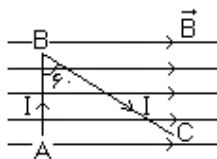
آزمایش: آزمایشی طراحی کنید که با کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست حامل جریان الکتریکی داخل میدان مغناطیسی را اندازه گیری کرد. (آزمایش اورستد)



پاسخ - ابتدا مداری مانند شکل مقابل ببندید و آهنربا را روی یک ترازوی دقیق قرار دهید، هنگامیکه کلید باز است ترازو تنها وزن آهنربا را نشان می دهد. با بسته شدن کلید مدار و برقراری جریان در سیم مسی ضخیم، طبق قاعده دست راست یک نیروی مغناطیسی رو به پایین بر سیم وارد می شود، طبق قانون سوم نیوتن واکنش این نیرو روبه بالا و بر آهنربا وارد شده و ترازو عدد کمتری را نشان می دهد. اختلاف دو عددی که ترازو نشان می دهد برابر نیروی وارد بر سیم است.

مثال ۴- اندازه ی نیروی وارد بر هر قسمت از سیم حامل جریان $I=20\text{ A}$ که مطابق شکل داخل میدان مغناطیسی

0.5 mT قرار گرفته است را بدست آورید.



$$AB = 10\text{ cm}$$

$$BC = 20\text{ cm}$$

مثال ۵- هنگامی که بار الکتریکی $q = -2\text{ mc}$ با تندی ثابت داخل میدان مغناطیسی یکنواخت 40 G حرکت می نماید

بیشینه ی نیروی وارد بر آن 0.008 N می گردد.

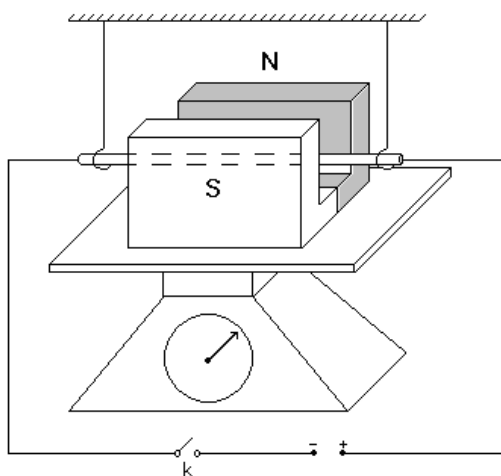
الف) تندی این ذره را به دست آورید.

ب) اگر جرم ذره 0.2 میلی گرم باشد شتابی که در اثر این نیرو می گیرد چقدر است؟

مثال ۶- سیم راستی به طول یک متر و جرم 2 گرم در راستای شرق- غرب و عمود بر خطوط میدان مغناطیسی

یکنواختی به بزرگی 40 G به حال تعادل و بصورت معلق قرار گرفته است، اگر جهت میدان مغناطیسی از جنوب به

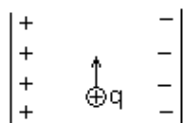
شمال باشد، اندازه و جهت جریان عبوری از سیم را بدست آورید.



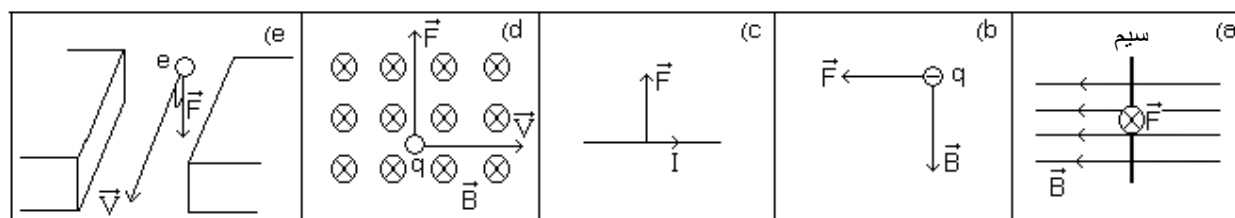
مثال ۷- در شکل مقابل توضیح دهید با بستن کلید k عددی که

ترازو نشان می دهد، چه تغییری می کند؟ چرا؟

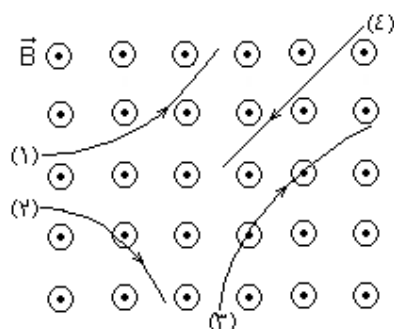
مثال ۸- بار الکتریکی مطابق شکل از بین دو صفحه ی باردار در جهت نشان داده شده عبور می کند. جهت یک میدان مغناطیسی را روی آن به گونه ای تعیین کنید که ذره ی باردار بدون انحراف عبور کند. (از جرم ذره باردار چشم پوشی کنید).



تمرین ۱۲- در شکل a جهت جریان، در شکل b جهت بردار سرعت ذره ی باردار، در شکل c جهت میدان مغناطیسی، در شکل d نوع بار الکتریکی q و در شکل e قطب های آهن را تعیین کنید.

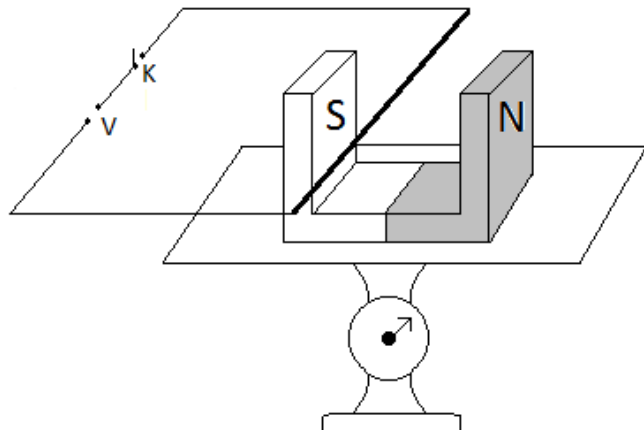


تمرین ۱۳- چهار ذره ی مختلف مطابق شکل زیر در چهار مسیر متفاوت داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می کنند، نوع بار هر یک از ذرات را تعیین کنید.



تمرین ۱۴- الکترونی از داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت که جهت آن موازی با سطح زمین و رو به شمال است و بزرگی آن $2/25 \text{ G}$ می باشد بدون انحراف عبور می کند. اگر جرم و بار الکترون به ترتیب $9 \times 10^{-31} \text{ g}$ و $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ باشد، اندازه و جهت بردار سرعت آن را بدست آورید.

تمرین ۱۵- در شکل مقابل میدان مغناطیسی آهنربا 400 G و طول قسمتی از سیم که داخل میدان است یک متر می باشد. اگر عددی که ترازو قبل و بعد از بستن کلید نشان می دهد به ترتیب ۶ و ۸ نیوتن باشد، اندازه و جهت جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

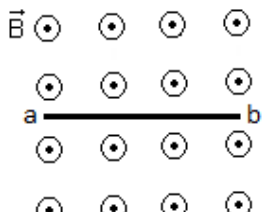


تمرین ۱۶- بیشینه نیرویی که بر یک ذره ی باردار متحرک که با سرعت 100 m/s داخل میدان مغناطیسی یکنواخت 500 G حرکت می کند برابر نیرویی است که یک میدان الکتریکی یکنواخت به همان ذره ی باردار وارد می کند. اندازه ی این میدان الکتریکی چقدر است؟

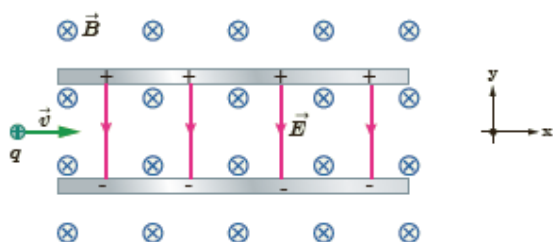
تمرین ۱۷- یک ذره ی باردار با جرم ناچیز با سرعت ثابت در یک فضای معین حرکت می کند و بر آن نیرویی وارد نمی شود. آیا می توان نتیجه گرفت در این فضا میدان مغناطیسی وجود ندارد؟ چرا؟

تمرین ۱۸- یک سیم راست به جرم 50 گرم و طول 80 cm ، حامل جریان 25 آمپر بصورت معلق و عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر جهت جریان از شمال به جنوب باشد اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

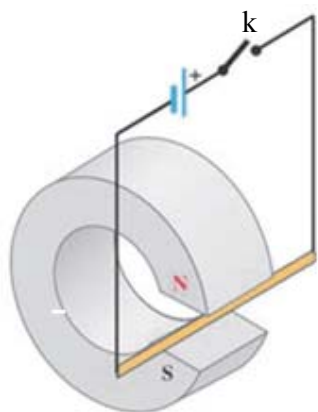
تمرین ۱۹- سیم رسانای ab به طول 20 cm و جرم 20 گرم به صورت افقی و عمود بر میدان مغناطیسی 0.5 G به صورت معلق وساکن قرار گرفته است. اگر سیم و خطوط میدان هردو موازی با سطح زمین باشند، اندازه جهت جریان سیم چقدر است؟



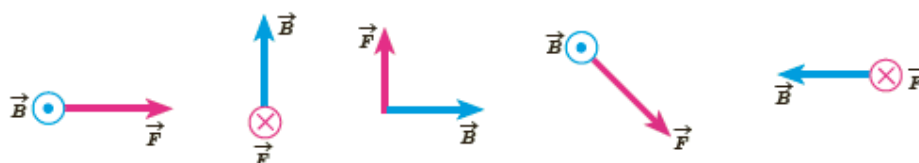
تمرین ۲۰- ذره ی باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت V در امتداد محور x وارد فضایی می شود که میدان های E و B مطابق شکل وجود دارد. اندازه ی این میدان الکتریکی و مغناطیسی به ترتیب 450 N/C و 18 T است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



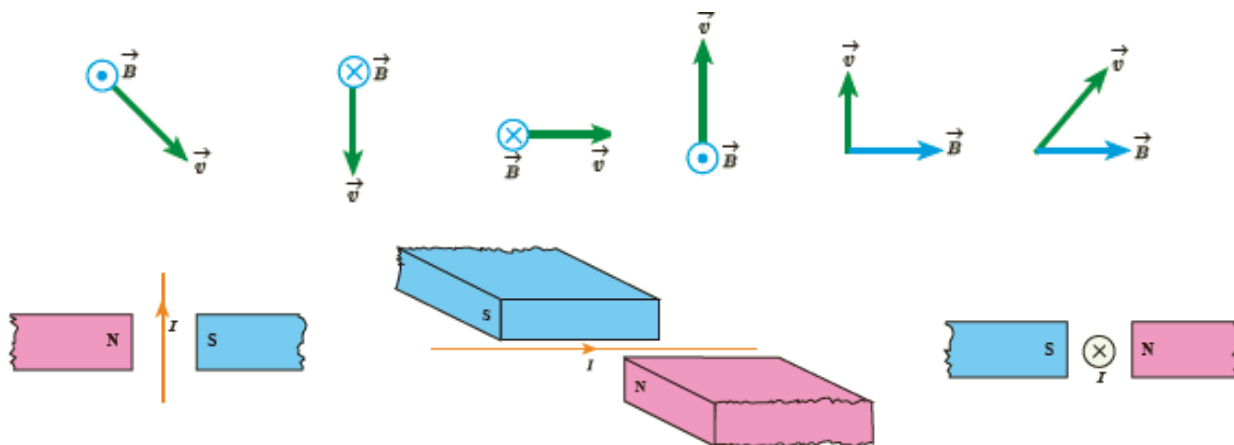
تمرین ۲۱- یک میله ی رسانا به پایانه های یک باتری متصل شده است و مطابق شکل در فضای بین قطب های یک آهنربای نعلی شکل آویزان شده است. با بستن کلید k ، چه اتفاقی برای میله ی رسانا رخ می دهد؟ توضیح دهید.



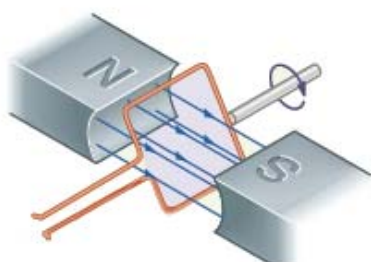
تمرین ۲۲- با توجه به جهت میدان مغناطیسی و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون در حالت های زیر، جهت سرعت الکترون را در هر حالت تعیین کنید. (الکترون در همه ی حالت ها عمود بر میدان مغناطیسی حرکت می کند.)



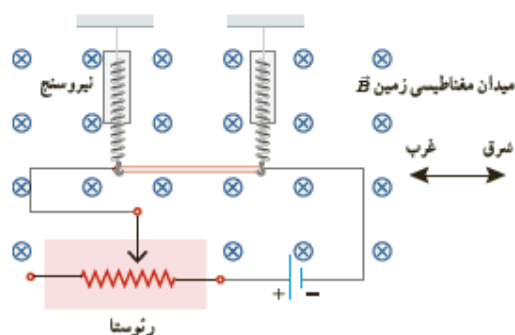
تمرین ۲۳- جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت و بر سیم های حامل جریان را در هر یک از حالت های نشان داده شده در شکل زیر تعیین کنید.



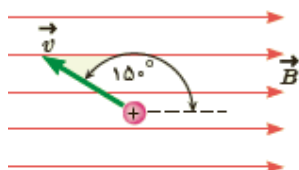
تمرین ۲۴- حلقه ی رسانای مستطیل شکلی که حامل جریان I است، مطابق شکل درون میدان مغناطیسی یکنواخت می چرخد. جهت جریان را در حلقه تعیین کنید.



تمرین ۲۵- یک سیم حامل جریان ثابت مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده اند، به طور افقی و در راستای غرب-شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به طرف شمال و اندازه 0.5 mT فرض کنید. اگر جرم هر متر از طول این سیم را 8 گرم فرض کنیم و بخواهیم نیروسنج ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی از سیم باید عبور کند؟



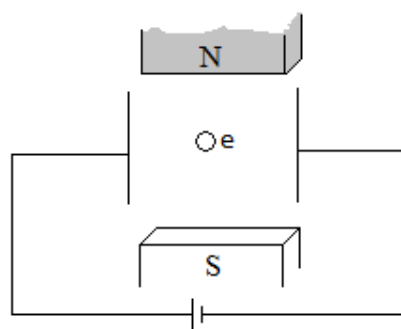
تمرین ۲۶- یک ذره ی باردار ۲۰۰ میکروکولنی به جرم $۰/۲$ گرم مطابق شکل زیر با تندی ثابت داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۴۰۰G شده و شتاب $۰/۵$ متر بر مجذور ثانیه می گیرد.



الف) تندی ذره ی باردار را به دست آورید.

ب) جهت یک میدان الکتریکی یکنواخت را به گونه ای تعیین کنید که بتواند مسیر ذره را ثابت و بدون انحراف نگه دارد.

تمرین ۲۷- یک الکترون عمود بر میدان مغناطیسی که مطابق شکل بین صفحات خازن ایجاد شده است بدون انحراف عبور می کند. جهت بردار سرعت این الکترون را تعیین کنید.



۱- میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست حامل جریان: دانشمندی به نام اورستد به طور تصادفی کشف کرد که اطراف سیمهای حامل جریان میدان مغناطیسی وجود دارد، که بزرگی این میدان مغناطیسی بصورت زیر قابل محاسبه است؛

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad , \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

I : شدت جریان (A)
R : فاصله از سیم (m)
B : شدت میدان مغناطیسی در فاصله ی R از سیم (T)
 μ_0 : ثابت گذردهی مغناطیسی خلاء

۲- میدان مغناطیسی ناشی از پیچه مسطح حامل جریان: پیچه مسطح از چند دور سیم ساخته شده است که بصورت یک حلقه در آمده و سیم های آن به هم فشرده شده اند و در صورتی که جریان الکتریکی از آن عبور کند داخل و اطراف آن میدان مغناطیسی تولید می شود. بزرگی این میدان مغناطیسی در مرکز حلقه بصورت زیر قابل محاسبه است؛

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad , \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

I : شدت جریان (A)
N : تعداد دورهای پیچه
B : شدت میدان مغناطیسی مرکز حلقه
R : شعاع حلقه
 μ_0 : ثابت گذردهی مغناطیسی خلاء

۳- میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله حامل جریان: سیملوله از چند دور سیم تشکیل شده است که شبیه یک فنر پیچیده شده است و بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیملوله آرمانی بصورت زیر محاسبه می گردد؛

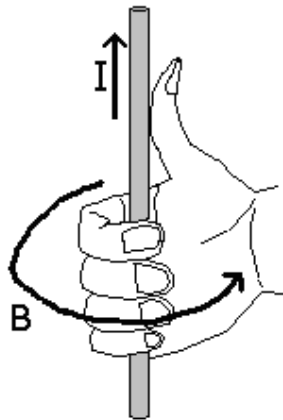
$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad , \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

I : شدت جریان (A)
l : طول سیملوله (m)
N : تعداد دورهای سیملوله
B : شدت میدان مغناطیسی در داخل سیملوله (T)
 μ_0 : ثابت گذردهی مغناطیسی خلاء

سیملوله ی آرمانی: اگر قطر حلقه های سیملوله در مقایسه با طول آن ، بسیار کوچک و حلقه های آن ، بسیار به هم نزدیک باشند، به این سیملوله آرمانی گفته می شود.

قاعده‌ی دست راست برای رسم خطوط میدان مغناطیسی سیم راست، پیچه یا سیملوله‌ی حامل جریان:

به ترتیب زیر عمل کنید:

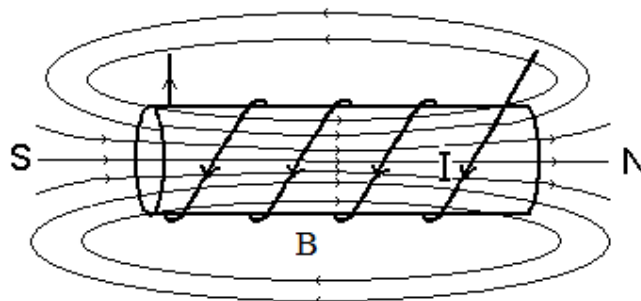
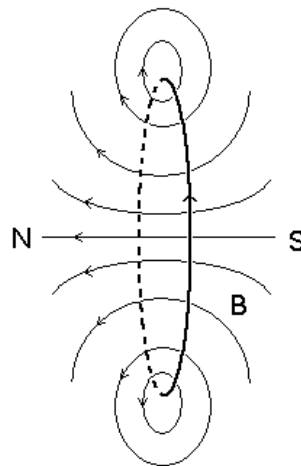
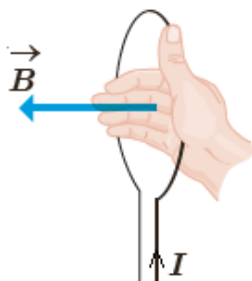
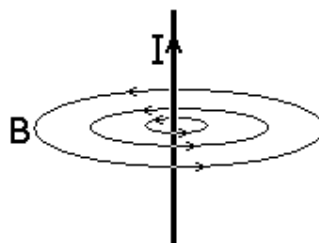


۱- ابتدا مانند شکل، سیم را به گونه‌ای در دست خود بگیرید که انگشت شست شما رو به جریان (I) باشد.

۲- جهت چرخش چهار انگشت شما به دور سیم جهت خطوط میدان (B) را نشان می‌دهد.

تذکر: در این قاعده می‌توان جای I و B را روی دست عوض کرد.

خطوط میدان مغناطیسی سیم راست، پیچه و سیملوله‌ی حامل جریان با کمک قاعده‌ی دست راست:



تعیین جهت میدان مغناطیسی (بردار میدان مغناطیسی) در یک نقطه:

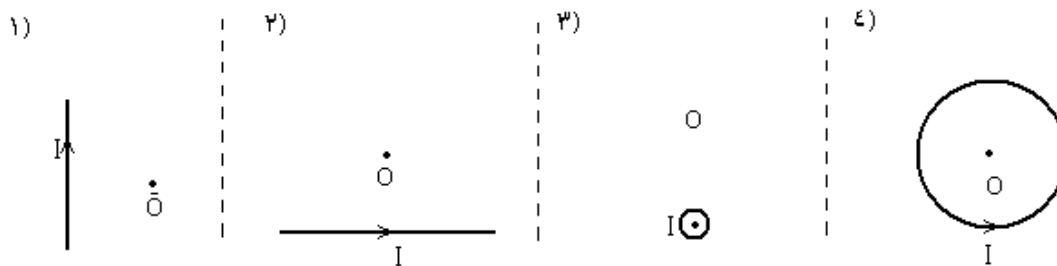
به ترتیب زیر از دست راست استفاده کنید.

۱- انگشت شست در حالیکه عمود بر چهار انگشت دیگر است را رو به جریان (I) بگیرید.

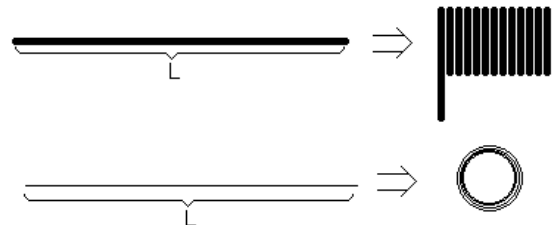
۲- چهار انگشت باز را رو به نقطه ی مورد نظر بگیرید.

۳- اگر چهار انگشت را ۹۰ درجه خم کنید جهت میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) در آن نقطه بدست می آید.

مثال: جهت میدان مغناطیسی در نقطه ی O را در هر یک از حالت‌های زیر تعیین کنید:



نکته ۱- اگر سیم راستی به طول L را پیچیده و سیم لوله ای آرمانی یا یک پیچه ی مسطح بسازیم که شعاع هر حلقه ی آن R شود، تعداد دورهای سیملوله یا پیچه ی حاصل را به صورت زیر محاسبه می کنیم:



$$N = \frac{L}{2\pi R}$$

طول سیم ←
محیط هر حلقه ←

نکته ۲- اگر داخل سیملوله یک هسته ی فلزی قرار دهیم میدان مغناطیسی آن قوی تر می شود.

نکته ۳- میدان مغناطیسی کمیته برداری است بنابراین از خواص برآیند برداری برای محاسبه ی میدان مغناطیسی کل استفاده نمایید. (مراجعه کنید به صفحه ی ۷ جزوه)

نکته ۴- ویژگی های میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله عبارتند از:

۱- خط های میدان داخل سیملوله متراکم تر از خارج آن است یعنی داخل سیملوله میدان قوی تر است.

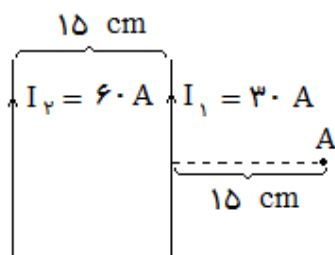
۲- داخل سیملوله و دور از لبه ها خطوط میدان موازی، هم جهت و هم فاصله است یعنی میدان داخل سیملوله یکنواخت است.

نکته ۵- در مورد میدان پیچه ، استفاده از یک تک حلقه برای تولید میدانی با اندازه ی مطلوب ممکن است نیازمند آن چنان جریان بزرگی باشد که از بیشینه ی جریان مجاز سیم به کار رفته در ساخت حلقه باشد، به همین دلیل به جای تک حلقه ، از پیچه های چند حلقه ای استفاده می شود.

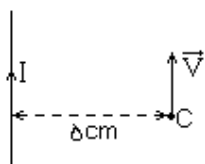
مثال ۹- میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم راست حامل جریان 100 A در فاصله ی چند سانتی متری از آن 2 mT است؟

مثال ۱۰- سیم راستی به طول 6 m را پیچیده و به شکل سیم لوله ای با طول 10 cm در می آوریم که شعاع هر حلقه ی آن 10 cm است و از آن جریان 50 A عبور می دهیم بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز سیملوله چقدر است؟ ($\pi=3$)

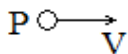
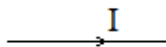
مثال ۱۱- اندازه و جهت میدان مغناطیسی برآیند را در نقطه ی A تعیین کنید.



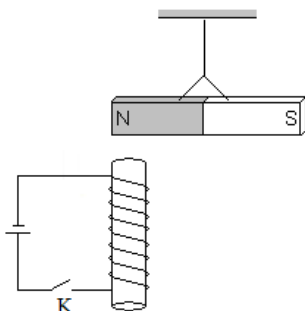
مثال ۱۲- اگر بار الکتریکی $q = 10\text{ mc}$ با سرعت $200\frac{m}{s}$ از نقطه C در جهت نشان داده از مجاورت سیم حامل جریان $I = 5\text{ A}$ عبور نماید، اندازه و جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی q را تعیین کنید.



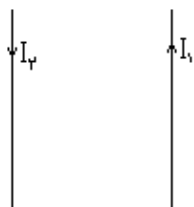
مثال ۱۳- پروتونی مطابق شکل زیر با سرعت ثابت موازی با سیم حامل جریان I در حال عبور است. مسیر تقریبی حرکت آنرا رسم کنید.



مثال ۱۴- یک آهنربای میله ای مطابق شکل زیر، بالای سیملوله ای آویزان شده است. توضیح دهید با بستن کلید و ثابت شدن جریان سیملوله چه تغییری در وضعیت آهنربا رخ می دهد؟

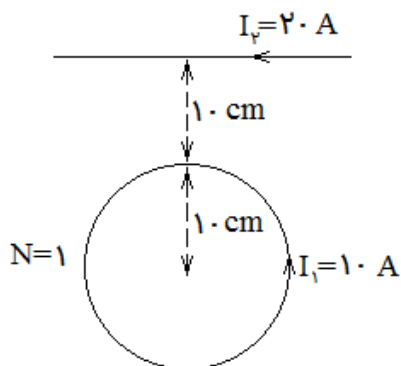


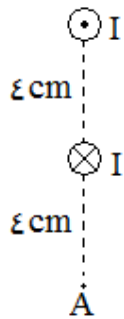
مثال ۱۵- دو سیم راست و موازی مطابق شکل زیر حامل جریانهای $I_1 = 10 \text{ A}$ و $I_2 = 40 \text{ A}$ در فاصله 12 cm از یکدیگر قرار گرفته اند، در چه فاصله ای از I_1 میدان مغناطیسی برآیند صفر است؟



مثال ۱۶- میدان مغناطیسی برآیند را در مرکز حلقه زیر بر حسب

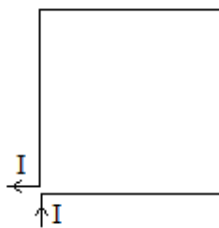
تسلا به دست آورید. $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A} \text{ و } \pi=3)$



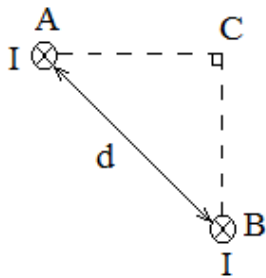


تمرین ۲۸- دو سیم را ست حامل جریان های برابر در فاصله ی 4 cm از یکدیگر و عمود بر صفحه قرار گرفته اند، اگر میدان برآیند در نقطه ی A برابر 200 G باشد، اندازه ی جریان هریک از سیم ها چند آمپر است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$)

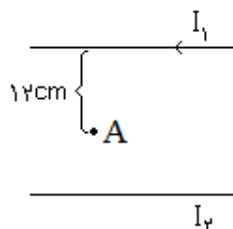
تمرین ۲۹- سیم راستی را مطابق شکل مقابل به شکل مربعی به ضلع 20 cm در می آوریم و از آن جریان 30 A عبور می دهیم، اندازه و جهت میدان مغناطیسی برآیند را در مرکز مربع تعیین کنید.



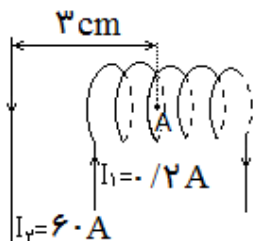
تمرین ۳۰- دو سیم راست مطابق شکل زیر در دو نقطه ی A و B عمود بر صفحه قرار دارند. اگر جریان هر سیم 10 A باشد، میدان مغناطیسی برآیند در نقطه ی C چقدر است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$)



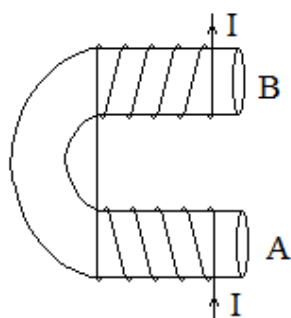
تمرین ۳۱- شکل زیر، دو سیم موازی و بلند حامل جریان را نشان می دهد. اگر $I_1 = 6\text{ A}$ و فاصله دو سیم از یکدیگر 18 cm باشد، I_2 چند آمپر و در چه جهتی باشد تا میدان مغناطیسی برآیند در نقطه ی A صفر گردد؟



تمرین ۳۲- در شکل زیر سیملوله ۱۰۰ دور سیم داشته و طول آن ۸ cm است. میدان مغناطیسی برآیند را در نقطه A به فاصله ی ۳ cm از سیم راست و روی محور سیملوله بدست آورید. ($\pi=3$)

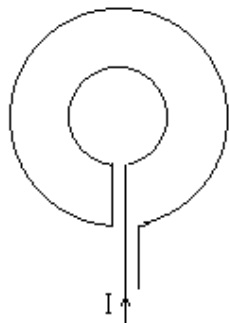


تمرین ۳۳- باتوجه به شکل زیر پاسخ دهید:



الف) هر یک از دو انتهای A و B چه نوع قطب مغناطیسی هستند؟
ب) نحوه ی جهت گیری عقربه ی مغناطیسی را در نقطه ی A رسم کنید.

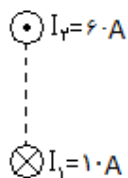
تمرین ۳۴- در شکل زیر سیم راستی به شکل دو حلقه در آمده است و $I=30\text{ A}$ است. اگر شعاع حلقه ها ۱۰ cm و ۱۵ cm باشد، میدان مغناطیسی برآیند را در مرکز دو حلقه بر حسب تسلا به دست آورید و جهت آن را نیز تعیین



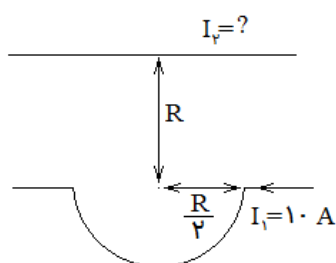
کنید. ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

تمرین ۳۶- از سیمی که قطر مقطع آن ۲ میلی متر است سیملوله ای آرمانی ساخته ایم و جریان A ۲۵ از آن عبور می دهیم. میدان مغناطیسی داخل سیملوله چند G می شود؟ ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

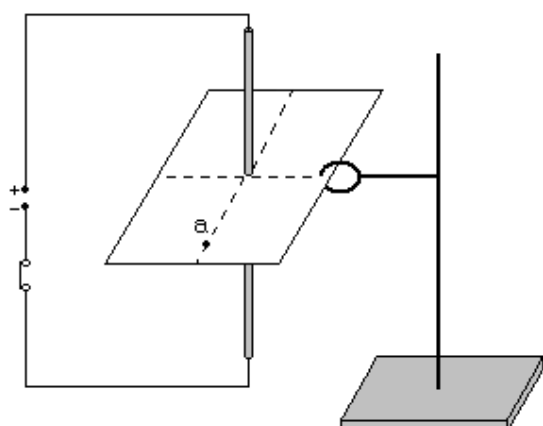
تمرین ۳۴- شکل زیر دو سیم راست موازی حامل جریان عمود بر صفحه رانشان می دهد. اگر میدان مغناطیسی بر آیند در فاصله ی 24 cm از I_2 صفر باشد، فاصله ی دو سیم از یکدیگر چقدر است؟



تمرین ۳۵- میدان مغناطیسی برآیند در مرکز نیم حلقه ی زیر صفر است. اندازه و جهت جریان I_2 را تعیین کنید.



تمرین ۳۵- دو سیملوله ی فاقد هسته میدان های مغناطیسی برابر دارند. اگر جریان الکتریکی و طول سیملوله ی اول به ترتیب ۲ برابر و ۸ برابر جریان و طول سیملوله ی دوم باشد، تعداد دورهای سیم اولی چند برابر دومی است؟

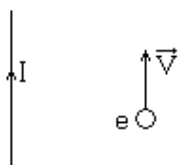


تمرین ۳۶- در شکل زیر نحوه ی جهتگیری عقربه ی مغناطیسی را در نقطه ی a روی مقوای متصل به گیره نشان دهید. (رسم کنید)

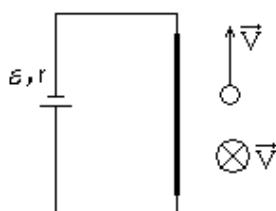
تمرین ۳۷- کدام باتری در مدار شکل روبه رو قرار گیرد تا عقربه ی قطب نما که روی سیم قرار دارد ، در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت بچرخد؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.



تمرین ۳۸- الکترونی مطابق شکل زیر با سرعت ثابت موازی با سیم حامل جریان آدرحال عبوراست. مسیرتقریبی حرکت آنرا رسم کنید.



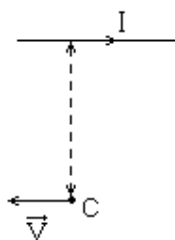
تمرین ۳۹- دو ذره با بارمغنی مطابق شکل زیر با سرعت ثابت درجهت نشان داده شده از مجاورت یک سیم با جریان بزرگ درحال عبورمی باشند. جهت نیروی وارد برهریک راتعیین کنید.

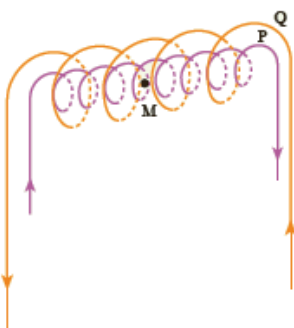


تمرین ۴۰- اگر بار الکتریکی $q = -2 \text{ mc}$ با سرعت $10 \cdot \frac{m}{s}$ از نقطه C در جهت نشان داده شده از مجاورت سیم حامل جریان $I = 10 \text{ A}$ عبور نماید، نیروی 10^{-4} نیوتن نیرو بر بار الکتریکی q وارد می شود.

الف) فاصله ی نقطه C از سیم را به دست آورید.

ب) مسیر حرکت ذره باردار را تعیین کنید.

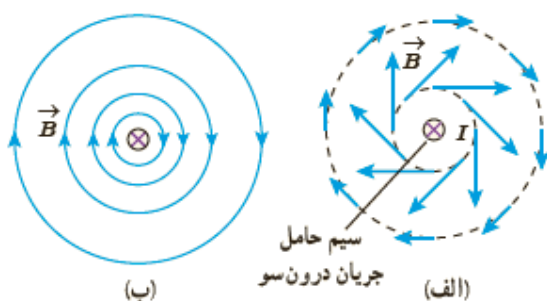




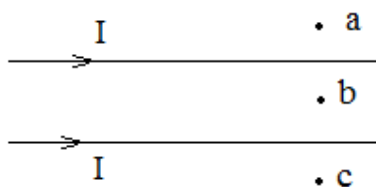
تمرین ۴۱- در شکل زیر دو سیملوله ی P و Q هم محورند و طول برابر دارند و تعداد دورهای دو سیملوله به ترتیب ۶۰۰ و ۳۰۰ دور است. اگر جریان ۱A از سیملوله ی Q عبور کند، از سیملوله ی P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟

تمرین ۴۲- از یک سیم راست، سیملوله ای تقریباً آرمانی ساخته ایم و جریان ۲۰ آمپر از آن عبور می دهیم. اگر شعاع هر حلقه و طول سیملوله حاصل به ترتیب ۱۰cm و ۵۰cm باشد و میدان مغناطیسی در مرکز آن ۴G باشد، طول سیم به کار رفته در ساخت سیملوله چقدر است؟

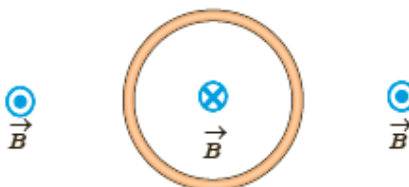
تمرین ۴۳- دریافت خود را از شکل های الف و ب بیان کنید.



تمرین ۴۴- جهت میدان مغناطیسی خالص ناشی از سیم های موازی و بلند حامل جریان را در هر یک از نقطه های a، b و c پیدا کنید. (نقطه ی b در فاصله ی مساوی از دو سیم قرار دارد).



تمرین ۴۵- شکل روبه رو ، یک حلقه ی حامل جریان را نشان می دهد که جهت خط های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.

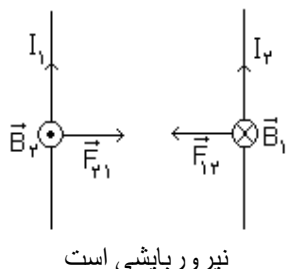


تمرین ۴۶- فاصله ی سیم راست حامل جریانی را از یک نقطه ی معین نصف می کنیم. شدت جریان سیم را چند برابر کنیم تا میدان مغناطیسی سیم در نقطه ی مورد نظر تغییری نکند؟

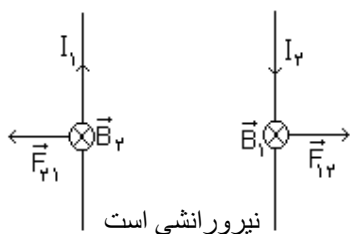
تمرین ۴۷- توضیح دهید چرا هنگامی که یک بار الکتریکی از داخل سیم لوله ای حامل جریان، بصورت موازی با محور سیملوله عبور می نماید بر آن نیرویی وارد نمی شود؟

نیروی بین دو سیم موازی حامل جریانهای همسو:

ابتدا با کمک قاعده ی دست راست جهت میدان مغناطیسی ای که هر سیم روی سیم دیگر تولید می کند را تعیین می کنیم، سپس با توجه به جهت جریان هر یک از سیمها و جهت میدانی که هر سیم داخل آن است جهت نیروی وارد بر هر سیم را بطور جداگانه با کمک قاعده ی دست راست تعیین می کنیم:

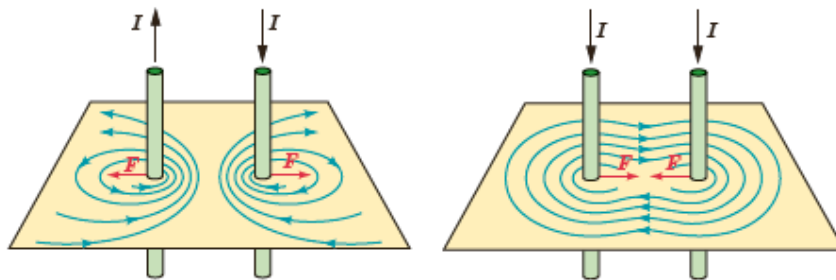


نیروی بین دو سیم موازی حامل جریانهای ناهمسو:



نکته ۱- بر طبق قانون سوم نیوتن نیروی کنش و واکنش با هم برابر و در خلاف جهت یکدیگر می باشند، بنابراین در حالتی که $F_{12} = F_{21}$ می باشد.

نکته ۲- نیروی بین دو سیم راست موازی حامل جریان را با تصاویر زیر نیز نمایش می دهند:



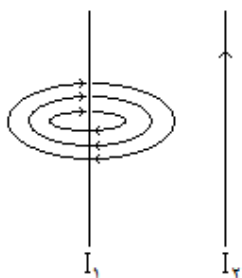
مثال ۱۶- در شکل روبه رو، از دو سیم بلند و موازی که به فاصله ی یک متر از یک

دیگر قرار دارند، جریانهای مساوی به شدت ۲ آمپر عبور می کند:

الف) با توجه به خط های میدان مغناطیسی ناشی از جریان سیم (۱) جهت جریان در سیم (۱) را تعیین کنید.

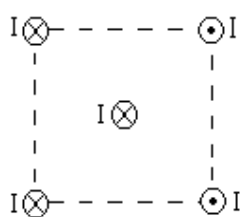
ب) بزرگی نیرویی که سیم (۱) بر یک متر از سیم (۲) وارد می کند، چند نیوتن است؟

پ) جهت نیروی مغناطیسی وارد سیم (۲) را با رسم شکل تعیین کنید.



تمرین ۴۷- دو سیم نازک و موازی به طولهای L_1 و L_2 حامل جریانهای I_1 و I_2 در فاصله ی d از یکدیگر قرار دارند، رابطه ای برای نیرویی که یکی از سیم ها برد دیگری وارد می کند بر حسب I_1 ، I_2 ، L_1 یا L_2 و d بدست آورید.

تمرین ۴۸- چهار سیم راست و بلند، حامل جریانهای مساوی و درجهتهای نشان داده شده در رئوس یک مربع شکل قرار دارند. نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می گذرد در کدام جهت است؟



تمرین ۴۹- ازدو سیم موازی جریان های مساوی ۶ آمپر عبور می کند. اگر جریان یکی از سیم ها را یک آمپر کاهش دهیم، جریان سیم دیگر را باید چقدر افزایش دهیم تا نیروی الکترومغناطیسی که برهم وارد می کنند تغییری نکند؟

دستگاه اسکوپید: یک مغناطیس سنج بسیار حساس است که برای اندازه گیری میدان های مغناطیسی ضعیف مانند میدان مغناطیسی بدن انسان استفاده می شود. (تمام یاخته های زنده ی بدن انسان به طور الکتریکی فعال است . جریان های الکتریکی ضعیف در بدن ، میدان های مغناطیسی ضعیف تولید می کنند.)

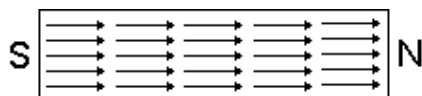
آهنربای الکتریکی: هرگاه سیملوله ای با یک هسته آهنی در اختیار داشته باشیم ، با برقراری جریان الکتریکی در آن، میدان مغناطیسی سیملوله در هسته ی آهنی خاصیت مغناطیسی القا می کند و هسته ی آهنی ، آهنربا می شود. چنین وسیله ای را آهنربای الکتریکی می نامند.

نکته ۱- از آهنرباهای الکتریکی در ساخت بالابرهای مغناطیسی استفاده می شود.

نکته ۲- هرچه تعداد دورهای سیملوله و جریانی که از آن می گذرد بیشتر باشد، میدان مغناطیسی آهنربای الکتریکی قوی تر است.

مواد مغناطیسی: موادی را که اتم ها یا مولکول های سازنده ی آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی نامیده می شوند. در واقع می توان گفت کوچک ترین ذره های تشکیل دهنده ی این مواد (اتم ها یا مولکول ها) مانند دو قطبی مغناطیسی رفتار می کنند. (دو قطبی های مغناطیسی با پیکان نمایش داده می شوند.)

دو قطبی های مغناطیسی یک آهنربا : دو قطبهای مغناطیسی یک آهنربا تقریباً بطور کامل با یکدیگر هم جهت می باشند:



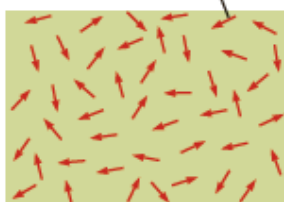
انواع مواد مغناطیسی:

۱- مواد دیامغناطیس: اتمهای مواد دیامغناطیسی به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتمهای این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می تواند سبب القای دوقطبی های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. مس، نقره، سرب و بیسموت از جمله مواد دیامغناطیس اند.

۲- مواد پارامغناطیسی: اتم های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دو قطبی های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور کاتوره ای سمت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی کنند. با قراردادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلاً نزدیک یک آهنربای قوی)، دوقطبی های مغناطیسی آنها، مانند عقربه ی قطب نما در نزدیکی آهنربا رفتار می کنند و به مقدار مختصری در راستای خطهای میدان مغناطیسی منظم می شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی های مغناطیسی آنها، دوباره به طور کاتوره ای سمت گیری می کنند.

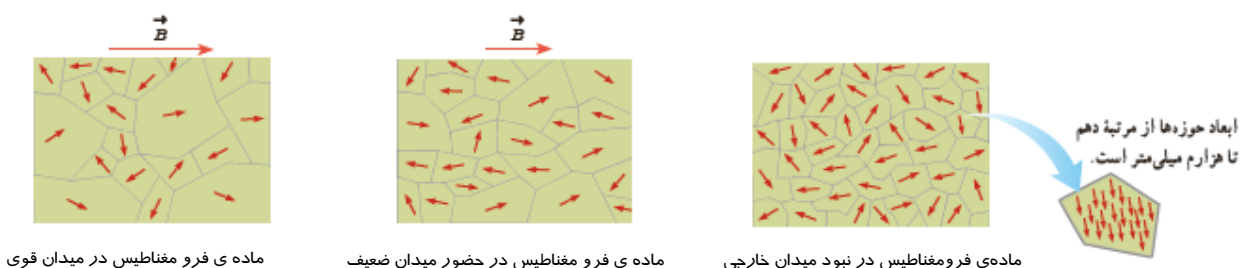
به این ترتیب می توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی اند.

هر ذره سازنده مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.



۳- مواد فرومغناطیس: اتمهای اینگونه مواد نیز به طور ذاتی دوقطبی مغناطیسی هستند. بر هم کنش های قوی بین دوقطبی های مغناطیسی در این مواد موجب می شود که این دو قطبی ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه هایی که حوزه مغناطیسی نامیده می شوند، همسو شوند. نمونه ای از ساختار حوزه ها در مواد فرومغناطیسی به شکل زیر است. درون هر حوزه تقریباً از مرتبه 10^{19} اتم وجود دارد که دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها هم جهت اند. مواد فرو مغناطیس را می توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی، آهنربا کرد. اثر میدان مغناطیسی خارجی بر حوزه های مغناطیسی باعث می شود که دوقطبی های مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرند و جهت آنها به جهت میدان خارجی متمایل شود. به این ترتیب، حوزه هایی که نسبت به میدان همسو هستند،

رشد می کنند و حجمشان زیاد می شود. از سوی دیگر حجم حوزه هایی که سمت گیری آنها در راستای میدان نیست، کم می شود، و ماده خاصیت آهنربایی پیدا می کند.



آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصرها فرومغناطیس اند.

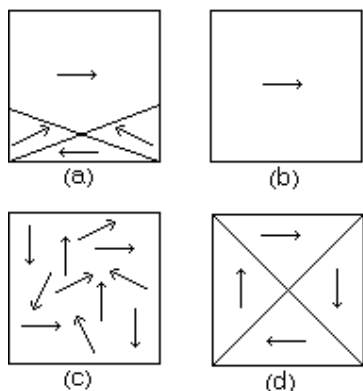
انواع مواد فرومغناطیس:

۱- فرومغناطیس نرم: برخی مواد فرومغناطیسی هستند که در حضور میدان خارجی به سهولت تغییر می کنند و به سادگی آهنربا می شوند و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را از دست می دهند، اینگونه مواد را فرومغناطیسی نرم می نامند و از آنها در ساخت هسته ی پیچها و سیملوله ها و همچنین برای ساختن آهنربای الکتریکی (آهنرباهای غیر دائم) استفاده می شود. آهن، نیکل و کبالت فرومغناطیس نرمند.

فرومغناطیس سخت: برخی مواد فرومغناطیسی که در حضور میدان خارجی، حجم حوزه ها در آنها به سختی تغییر می کند و سمت گیری دوقطبی های مغناطیسی حوزه ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زیادی، تقریباً بدون تغییر می ماند، به عبارت دیگر پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه ی قابل توجهی حفظ می کند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسبند. فولاد (مخلوطی از آهن به اضافه ی ۲ درصد کربن) و آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت فرومغناطیس سخت اند.

نکته- برای خاصیت آهنربایی هر ماده ی فرومغناطیسی، مقدار اشباع بیشینه ای وجود دارد. این وضعیت هنگامی به وجود می آید که ماده ی فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد. به طوری که درصد بالای از دوقطبی های مغناطیسی حوزه ها به موازات یکدیگر هم خط شوند. به عبارت دیگر حجم حوزه هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود برسد.

مثال ۱۷- هر یک از شکلهای مقابل مربوط به کدام یک از حالت‌های زیر است؟



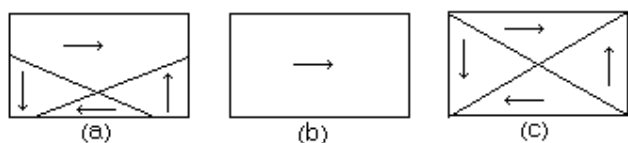
الف) یک ماده ی پارامغناطیس

ب) یک ماده ی فرومغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی

پ) یک ماده ی فرومغناطیس داخل میدان مغناطیسی خارجی ضعیف

ت) یک ماده ی فرومغناطیس داخل میدان مغناطیسی خارجی قوی

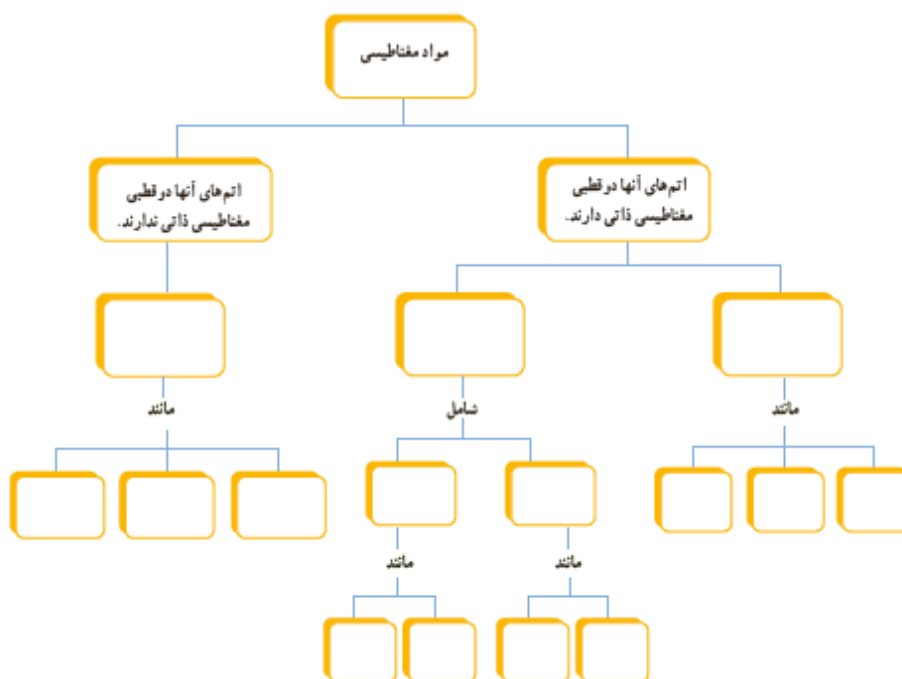
تمرین ۵۰- شکل روبرو، یک نوع ماده ی مغناطیسی را در سه حالت نشان می دهد:



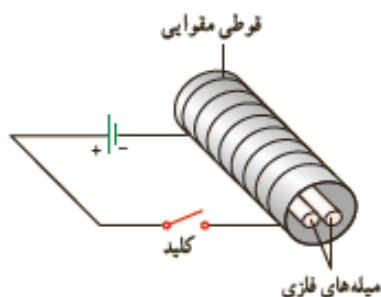
الف) نوع ماده ی مغناطیسی را تعیین کنید.

ب) تفاوت میدان مغناطیسی خارجی در این سه حالت چیست؟

تمرین ۵۱- نقشه ی مفهومی زیر را در رابطه به مواد مغناطیسی کامل کنید.

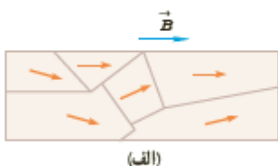


تمرین ۵۲ - دو میله ی فلزی بلند مطابق شکل زیر درون سیملوله ای قرار دارند. بابتن کلید و عبور جریان پیچه، مشاهده می شود دوميله از یکدیگر دور می شوند و هنگامی که کلید باز و جریان قطع می شود، میله ها به محل اولیه باز می گردند.



الف) چرا با عبور جریان از سیملوله، میله ها از یکدیگر دور می شوند؟
 ب) با دلیل توضیح دهید میله های فلزی از نظر مغناطیسی از چه نوع هستند؟

تمرین ۵۳ - شکل (الف) حوزه های مغناطیسی ماده ی فرومغناطیسی را درون میدان خارجی B نشان می دهد. شکل (ب) همان ماده را پس از حذف میدان مغناطیسی B نشان می دهد نوع ماده ی فرومغناطیسی را با ذکر دلیل تعیین کنید.

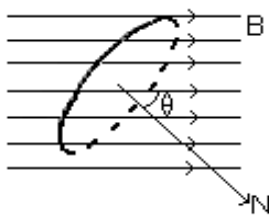


الکترومغناطیس

شار مغناطیسی: تعداد خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت گذرنده از سطح یک مدار بسته را شار مغناطیسی گوئیم

که یک کمیت نرده ای است و به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\Phi = BA \cos \theta$$



B: شدت میدان مغناطیسی (T)

A: مساحت قسمتی از پیچه که داخل میدان است (m^2)

θ : زاویه ی بین نیم خط عمود بر سطح پیچه و خطوط میدان (زاویه ی N و $\vec{B}$)

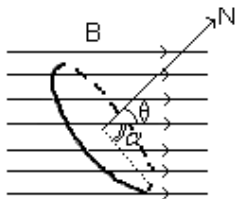
Φ : شار مغناطیسی (wb یا $T.m^2$)

N: نیم خط فرضی عمود بر سطح پیچه (محور پیچه)

تذکر: اگر زاویه ی بین سطح پیچه و خطوط میدان α فرض شود، زاویه ی بین نیم خط فرضی عمود بر سطح پیچه

$$\theta = 90^\circ - \alpha$$

و خطوط میدان (θ) بصورت زیر محاسبه می شود:

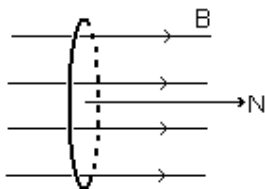


α : زاویه ی حاده بین سطح پیچه و خطوط میدان

θ : زاویه ی بین نیم خط فرضی عمود بر سطح پیچه (محور) و خطوط میدان

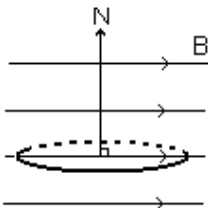
حالتهای خاص شار مغناطیسی:

(۱) اگر سطح پیچه عمود بر خطوط میدان باشد $\Leftarrow$ شار بیشینه است:



$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \theta = 0^\circ \Rightarrow \cos \theta = 1 \Rightarrow \Phi_{\max} = BA$$

(۲) اگر سطح پیچه موازی خطوط میدان باشد $\Leftarrow$ شار صفر است:



$$\alpha = 0^\circ \Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow \cos \theta = 0 \Rightarrow \Phi = 0$$

تذکر: همواره دو جهت برای رسم نیم خط عمود بر یک سطح معین وجود دارد. علامت شار مغناطیسی به این انتخاب بستگی دارد. هر دو انتخاب درست هستند اما در حل مسأله باید یکی را انتخاب کنیم و تا پایان آن را تغییر ندهیم.

عوامل مؤثر بر شار مغناطیسی: با توجه به رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ عوامل مؤثر بر شار را می توان بصورت زیر بیان نمود:

۱- شدت میدان مغناطیسی ۲- مساحت مدار بسته در محل میدان ۳- کسینوس زاویه ی بین خطوط میدان و نیم خط فرضی عمود بر سطح پیچه

محاسبه ی تغییر شار: شار مغناطیسی به سه روش تغییر می کند، بنابراین با سه رابطه ی زیر می توان تغییر شار را محاسبه نمود:

(۱) اگر بزرگی میدان تغییر کند:

$$\rightarrow \Delta \Phi = \Phi_f - \Phi_i = B_f A \cos \theta - B_i A \cos \theta = \Delta B A \cos \theta$$

(۲) اگر مساحت مدار تغییر کند:

$$\rightarrow \Delta \Phi = \Phi_f - \Phi_i = B A_f \cos \theta - B A_i \cos \theta = B \Delta A \cos \theta$$

(۳) اگر زاویه ی محور پیچه با خطوط میدان تغییر کند:

$$\rightarrow \Delta \Phi = \Phi_f - \Phi_i = B A \cos \theta_f - B A \cos \theta_i = B A (\cos \theta_f - \cos \theta_i)$$

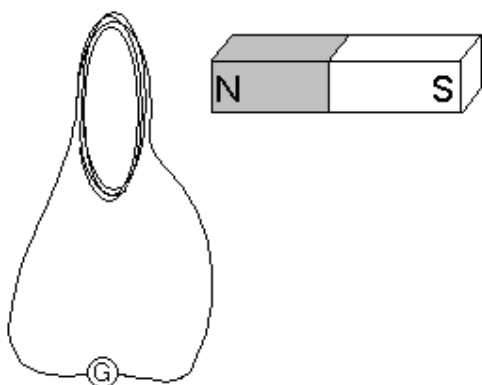
مثال ۱- پیچه ای به مساحت 400 cm^2 داخل میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 0.5 T قرار دارد و سطح پیچه با خطوط میدان زاویه ی 30° درجه می سازد شار مغناطیسی گذرنده از سطح پیچه را بدست آورید.

مثال ۲- پیچه ای به مساحت 50 cm^2 عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت 2 mT قرار دارد، اگر میدان مغناطیسی در خلاف جهت اولیه به 8 mT برسد شار مغناطیسی چقدر تغییر می کند؟

القای الکترومغناطیس و جریان القایی: تغییر شار در یک مدار بسته موجب تولید یک جریان در مدار می شود ، به این پدیده القای الکترومغناطیس و جریان تولید شده را جریان الکتریکی القایی می گویند.

آزمایش - آزمایشی طراحی کنید که القای الکترومغناطیس را در یک پیچه نشان دهد.

وسيله های آزمایش: گالوانومتر، آهنربای میله ای، پیچه، سیم رابط

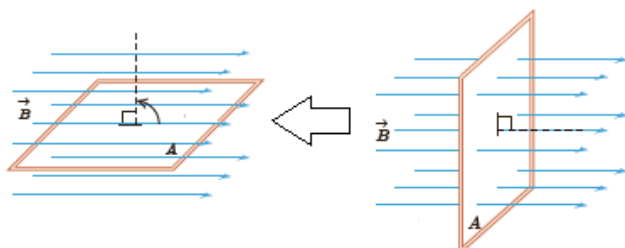


پاسخ - با پیچه و گالوانومتر مداری مانند شکل مقابل ببندید . قطب N آهنربای میله ای را نزدیک پیچه نگه دارید و سپس آن را از پیچه دور کنید مشاهده می شود عقربه گالوانومتر به سمت چپ حرکت می کند و بار دیگر آهنربا را به پیچه نزدیک کنید، مشاهده می شود ، عقربه گالوانومتر به سمت راست حرکت می کند ، این مشاهده نشان می دهد در اثر تغییر میدان در پیچه جریان الکتریکی القاء می گردد .

مفهوم آهنگ تغییر یک کمیت: آهنگ تغییر یک کمیت به معنای سرعت تغییر یک کمیت است، و از نظر ریاضی هر کمیتی که در مخرج خود Δt داشته باشد نشان دهنده ی آهنگ آن کمیت است، به عنوان مثال:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta B}{\Delta t} &\longrightarrow \text{آهنگ تغییر میدان مغناطیسی} \\ \frac{\Delta A}{\Delta t} &\longrightarrow \text{آهنگ تغییر مساحت پیچه} \\ \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} &\longrightarrow \text{آهنگ تغییر شار مغناطیسی} \end{aligned}$$

مثال ۳- در شکل زیر، سطح حلقه ی رسانا ، به شکل مربع با ضلع 20 cm ، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 250 G قرار دارد. اگر در مدت 0.1 ثانیه حلقه را بچرخانیم به طوری که سطح حلقه موازی با خط های میدان مغناطیسی شود، آهنگ تغییر شار چقدر خواهد بود؟



قانون القای الکترومغناطیسی فاراده: هرگاه شار مغناطیسی ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه ای در آن القا می‌شود که بزرگی این نیروی محرکه با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

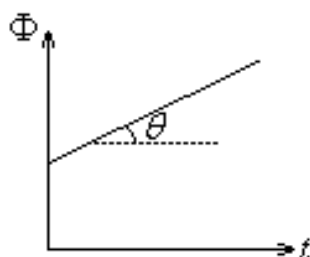
N: تعداد دورهای پیچه

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}: \text{آهنگ تغییر شار } \left(\frac{wb}{s} \right)$$

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه ی القایی متوسط (V)

نکته ۱- هنگامی که نمودار نیروی محرکه- زمان رسم می‌کنید قدر مطلق رابطه ی نیروی محرکه را بردارید.

نکته ۲- شیب نمودار شار- زمان متناسب با قرینه ی نیروی محرکه ی القایی است:



$$\tan\theta \propto (-\varepsilon)$$

محاسبه ی جریان القایی:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

ε : نیروی محرکه ی القایی (V)

R: مقاومت پیچه (Ω)

I: شدت جریان القایی (A)

روشهای ایجاد جریان القایی: با تغییر شار در پیچه جریان القایی تولید می‌شود، بنابراین روش های ایجاد جریان القایی همان روش های تغییر شار می‌باشند و عبارتند از:

۱- تغییر اندازه ی میدان مغناطیسی در محل مدار بسته (تغییر B)

۲- تغییر مساحت مدار بسته در میدان مغناطیسی (تغییر A)

۳- تغییر زاویه ی نیم خط فرضی عمود بر سطح پیچه و خطوط میدان (تغییر θ)

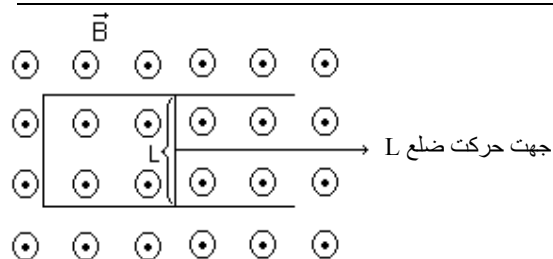
مثال ۴- پیچه ای که از ۱۰۰ دور سیم ساخته شده و مساحت آن 40 cm^2 است بطور عمود داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 50 G قرار گرفته است. اگر میدان مغناطیسی در مدت 0.1 ثانیه به صفر برسد بزرگی نیروی محرکه ی القاء شده در آن را بدست آورید.

مثال ۵- پیچه ای با ۵۰ دور سیم و مقاومت 10 اهم به گونه ای داخل میدان مغناطیسی یکنواخت 20 G قرار گرفته است که سطح پیچه با خطوط میدان زاویه ی 30° می سازد. اگر مساحت پیچه با آهنگ $\frac{m^2}{s} \cdot 6$ تغییر نماید، مطلوب است:

الف) نیروی محرکه ی القایی متوسط

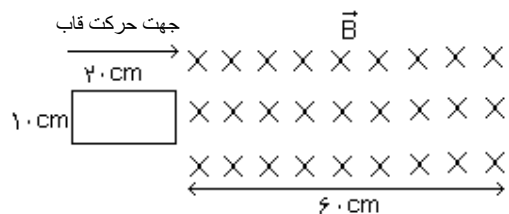
ب) جریان القایی متوسط

پ) بار شارش شده در هر دقیقه



مثال ۶- قاب مستطیل شکلی مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت و با بزرگی 5 mT قرار گرفته است. اگر ضلع $L = 20 \text{ cm}$ با سرعت $v = 10 \text{ m/s}$ در جهتی که در شکل نشان داده شده است حرکت کند، بزرگی نیروی محرکه ی القایی را محاسبه کنید.

مثال ۷- یک قاب مستطیل شکل مطابق شکل در جهت نشان داده شده و با سرعت ثابت $0.5 \frac{m}{s}$ داخل میدان



مغناطیسی یکنواخت 20 G می شود و از سمت دیگر آن خارج می شود.

الف) نمودار شار- زمان آن را به طور دقیق رسم کنید.

ب) نمودار نیرو محرکه- زمان آن را به طور دقیق رسم کنید.

مثال ۸- دو سیملوله با حلقه هایی با مساحت یکسان ولی با تعداد دور متفاوت را مطابق شکل های زیر به ولت سنج

وصل کرده ایم. آهنرباها مشابه اند و با تندی یکسان به طرف سیملوله ها حرکت می کنند. دریافت خود را از

شکل های زیر بنویسید.



تمرین ۱- سیملوله ای به طول 10 cm از 100 دور سیم ساخته شده است و مساحت هر حلقه ی آن 2 cm^2

می باشد، اگر جریان عبوری از این سیملوله 500 آمپر باشد، شار عبوری از هر حلقه ی آن را بدست آورید.

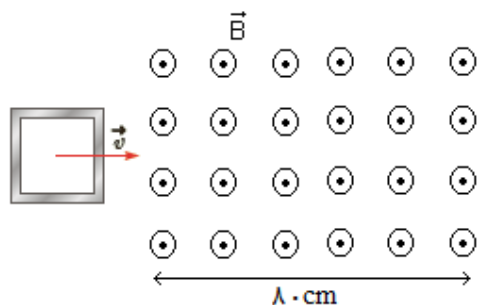
تمرین ۲- سطح پیچه ای به مساحت 20 cm^2 عمود بر خطوط میدان مغناطیسی 40 G قرار گرفته است. اگر در مدت 0.2 ثانیه پیچه 180 درجه به گونه ای بچرخد که سطح پیچه دوباره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد، آهنگ تغییر شار چقدر خواهد بود؟

تمرین ۳- پیچه ای به مساحت 30 cm^2 از 50 دور سیم ساخته شده است و سطح پیچه عمود بر میدان مغناطیسی 40 G است. اگر در مدت 0.3 ثانیه پیچه به گونه ای بچرخد که سطح پیچه به موازات خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد، اگر مقاومت مدار 10 اهم باشد.
الف) بزرگی نیروی محرکه ی القایی متوسط در آن را بدست آورید.
ب) بار الکتریکی شارش شده در مدار در نیم دقیقه

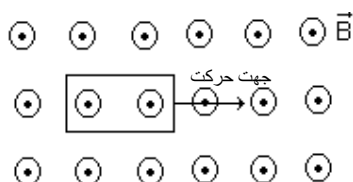
تمرین ۴- کدام یک از یکاهای زیر معادل یکای وبر بر ثانیه (Wb/s) است؟

$$\Omega \cdot A, V, V/A$$

تمرین ۵- مطابق شکل زیر قاب مربع شکل به ضلع 10 cm با سرعت 2 متر بر ثانیه وارد یک میدان مغناطیسی به بزرگی 50 G می گردد. متوسط نیروی محرکه القاء شده درون قاب تا لحظه ای که قاب به انتهای میدان مغناطیسی می رسد چقدر است؟



تمرین ۶- یک قاب مستطیل شکل داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت در جهت نشان داده شده و با سرعت ثابت



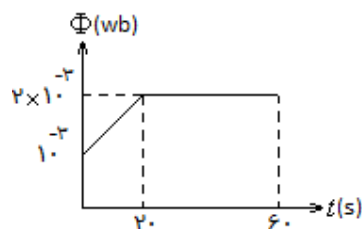
از داخل میدان مغناطیسی عبور کرده و از آن خارج می گردد.

الف) نمودار شار- زمان آن را بطور کیفی رسم کنید.

ب) نمودار نیرو محرکه- زمان آن را بطور کیفی رسم کنید.

تمرین ۷- نمودار شار- زمان یک حلقه ی بسته با ۱۰۰ دورسیم به شکل زیر است. نمودار نیرو- محرکه- زمان آن را

بطور دقیق رسم کنید.



تمرین ۸- شکل روبه رو ساختمان یک بادسنج رانشان می دهد.

اگر این بادسنج را روی بام خانه نصب کنیم، به هنگام وزیدن باد میله ی

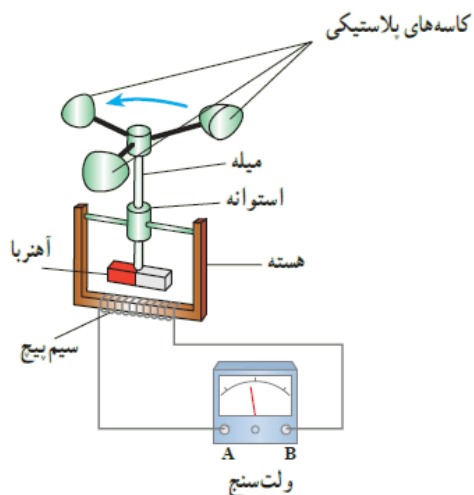
آن می چرخد و ولت سنج عددی را نشان می دهد.

الف) چرا چرخش میله سبب انحراف عقربه ی ولت سنج می شود؟

ب) آیا با افزایش سرعت باد، عددی که ولت سنج نشان می دهد تغییر

می کند؟

پ) برای بهبود و افزایش دقت کار دستگاه دو پیشنهاد ارائه دهید.



تمرین ۹- دو سیملوله مشابه را مطابق شکل های زیر به ولت سنج حساسی وصل کرده ایم . آهنربا ها مشابه اند و با تندی متفاوت به طرف سیملوله حرکت می کنند. دریافت خود را از شکل ها بنویسید.



تمرین ۱۰- معادله ی شارگذرنده از یک مدار بسته با ۱۰ دورسیم بصورت $\Phi = \cos \pi t$ می باشد. بزرگی نیروی محرکه ی القایی متوسط آن بین دو لحظه ی $t_1 = 0$ و $t_2 = 3$ ثانیه چقدر است؟

تمرین ۱۱- برای هر یک از شکل های زیر در یک جمله توضیح دهید علت ایجاد جریان القایی در پیچه چه چیزی بوده

است؟

(الف)



(ب)



تمرین ۱۲- سطح حلقه های پیچه ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است ، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازه ی آن 0.04T و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت 0.1 ثانیه تغییر می کند و به 0.04T در خلاف جهت اولیه می رسد . اگر سطح هر حلقه ی پیچه 500cm^2 باشد، اندازه ی نیروی محرکه ی القایی متوسط در پیچه را حساب کنید.



تمرین ۱۳- تندی سنج دو چرخه های مسابقه ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به یکی از پره های چرخ جلو و پیچه به دو شاخ فرمان متصل است ، دوسر پیچه با سیم های رسانا به نمایشگر تندی سنج (که در واقع نوعی رایانه ی کوچک است) وصل شده است. به نظر شما تندی سنج دو چرخه چگونه کار می کند؟

تمرین ۱۴- پیچه ای از 200 دور سیم ساخته شده و مقاومت آن 20 اهم است و با زاویه ی 30° د رجه داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 50mT قرار گرفته است. مساحت این پیچه با چه آهنگی تغییر نماید تا جریان 0.5A در آن القاء گردد؟

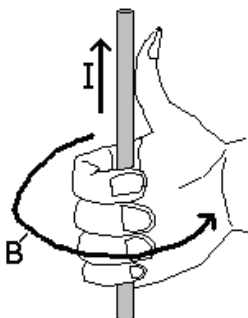
کارتهای اعتباری و دستگاه های کارت خوان: نوار مغناطیسی پشت کارتهای اعتباری حاوی تعداد بسیار زیادی ذره ی فرومغناطیسی است که نوعی چسب خاص آنها را به هم متصل می کند. داده ها را که به صورت دودویی یا صفر و یک به رمز درآورده اند، در نوار مغناطیسی پشت کارت ذخیره می کنند. وقتی کارت اعتباری درون دستگاه کارت خوان کشیده می شود، میدان مغناطیسی ناشی از نوار مغناطیسی، روی پیچه قرار داده شده در دستگاه کارت خوان اثر می گذارد و جریان اندکی را در پیچه القا می کند. این جریان بسیار کوچک توسط دستگاه دیگری تقویت و داده های ذخیره شده در نوار مغناطیسی پشت کارت، رمز گشایی می شود. پس از رمز گشایی داده ها دستور مورد نظر انجام می شود.

سامانه تنظیم حد تندی خودرو (Cruise Control): در بسیاری از خودروهای امروزی، سامانه ای وجود دارد که به کمک آن می توان خودرو را روی تندی دلخواهی تنظیم کرد. در این وضعیت بدون آنکه لازم باشد راننده پای خود را روی پدال گاز قرار دهد، خودرو با تندی تعیین شده به حرکتش ادامه می دهد. اساس کار این سامانه جریان القایی است. وقتی محور محرک خودرو می چرخد آهنربایی که روی آن قرار دارد، شار مغناطیسی متغیری را از پیچه می گذراند و جریانی در آن القا می کند. ریز پردازنده (مغز رایانه) تعداد تپهای جریان را در هر ثانیه می شمارد و به این روش، تندی خودرو را اندازه می گیرد. سپس با مقایسه ی تندی اندازه گیری شده با تندی تنظیم شده توسط راننده، سوخت مورد نیاز را به موتور تزریق می کند. تا هنگامی که راننده ترمز نکشد، حرکت خودرو با تندی تعیین شده، توسط این سامانه تنظیم می شود.

قانون جریان القایی لنز: جریان القایی در مدار در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده جریان یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می کند.

نحوه ی استفاده از قانون لنز برای تعیین جهت جریان القایی: به ترتیب زیر عمل کنید:

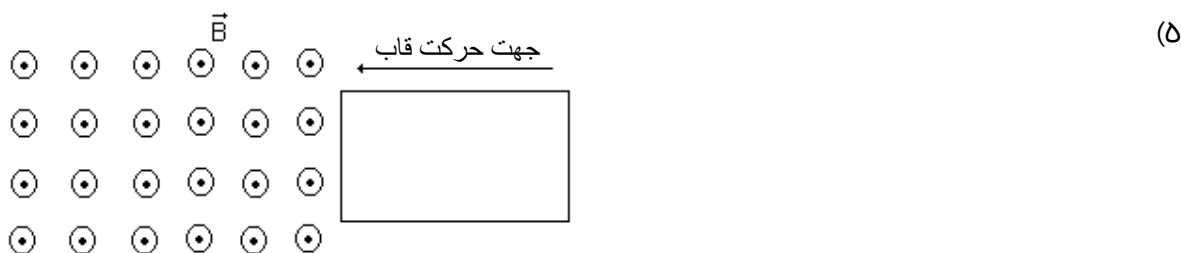
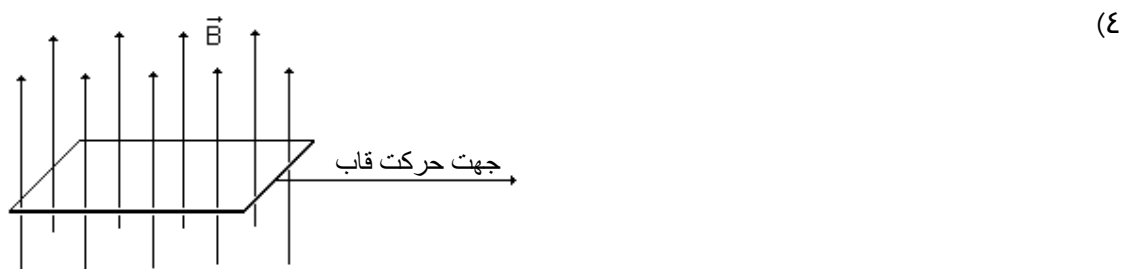
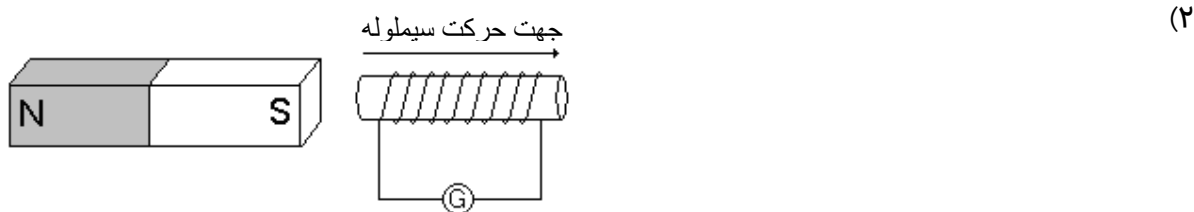
- ۱- ابتدا تعیین کنید شار عبوری از سطح پیچه در حال افزایش است یا در حال کاهش.
- ۲- بصورت زیر میدان القایی که پیچه تولید می کند ($\vec{B}'$) را تعیین جهت می کنیم؛
(a) اگر شار در حال افزایش باشد $\vec{B}'$ (میدان القایی داخل پیچه) خلاف جهت $\vec{B}$ (میدان خارجی که پیچه داخل آن است) می باشد.
- (b) اگر شار در حال کاهش باشد $\vec{B}'$ (میدان القایی داخل پیچه) هم جهت با $\vec{B}$ (میدان خارجی که پیچه داخل آن است) می باشد.



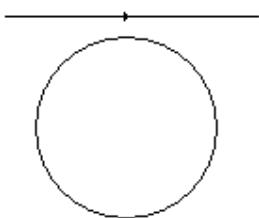
- ۳- با استفاده از جهت میدان القایی ($\vec{B}'$) و با کمک قاعده ی دست راست جهت جریان القایی (I) را بدست می آوریم.

نکته: علامت منفی در رابطه ی قانون فارادای ($\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$) نشان دهنده مخالفت با تغییر شار در قانون لنز است.

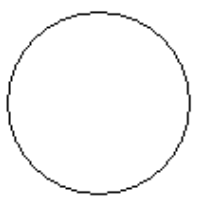
مثال ۹- جهت جریان القایی را در هر یک از حالت های زیر تعیین کنید:



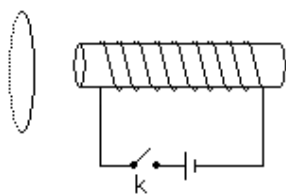
(۶)

 I (جریان در حال افزایش)


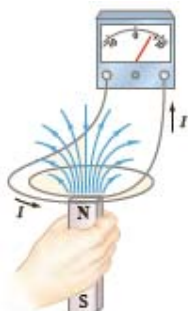
(۷)

 I (جریان در حال کاهش)


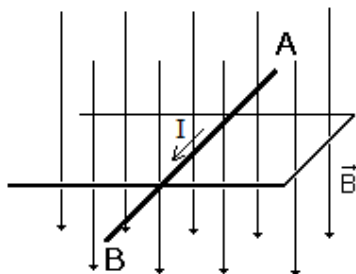
مثال ۱۰- در لحظه بسته شدن کلید جهت جریان القایی در پیچه را تعیین کنید ؛



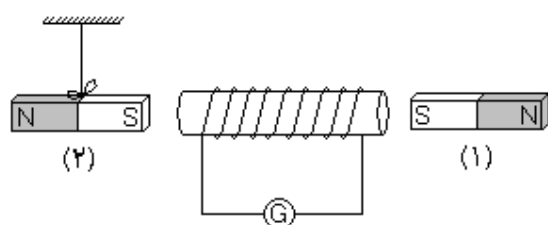
مثال ۱۱- با توجه به جهت جریان القایی در مدار زیر توضیح دهید که آهنربا رو به بالا حرکت می کند یا رو به پایین؟



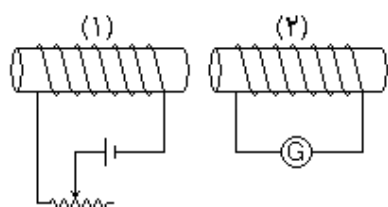
تمرین ۱۵- در شکل مقابل میله AB متحرک است و در اثر حرکت آن یک جریان القایی از A به سمت B ایجاد شده است. با ذکر دلیل جهت حرکت سیم AB را تعیین کنید.



تمرین ۱۶- به سؤالات زیر پاسخ دهید. (با ذکر علت)

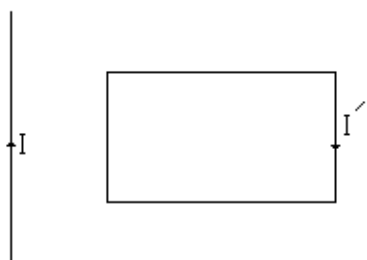


الف) چرا در شکل مقابل با دور کردن آهنربای (۱) از سیملوله، آهنربای (۲) که به یک ریسمان آویزان شده نیز از سیملوله دور می گردد؟

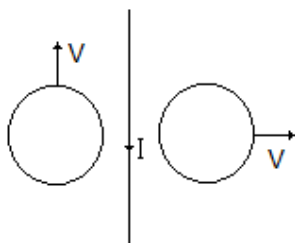


ب) در شکل مقابل مقاومت رُئوستا در حال افزایش است، جهت جریان القایی در سیملوله ی (۲) چگونه است؟

تمرین ۱۷- سیم راستی حامل جریان I ، در مقابل یک قاب قرار گرفته است. مطابق شکل در اثر تغییراتی جریان I' در قاب القاء شده است. با ذکر دلیل دو مورد از تغییراتی که ممکن است رخ داده باشد را بنویسید.

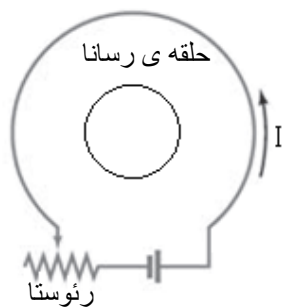


تمرین ۱۸- دو حلقه ی رسانا در مجاورت یک سیم دراز حامل جریان ثابت I قرار دارند. این دو حلقه با سرعت ثابت، ولی در جهت های متفاوت مطابق شکل رو به رو حرکت می کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



تمرین ۱۹- اگر در شکل روبه رو مقاومت رُوستا افزایش یابد ، جهت جریان القایی را

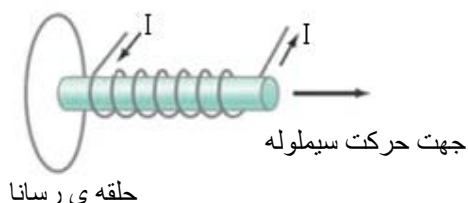
در حلقه ی رسانا با ذکر دلیل تعیین کنید.



تمرین ۲۰- شکل روبه رو سیملوله ی حامل جریانی را نشان می دهد

که در حال دور شدن از یک حلقه ی رسانا است. جهت جریان القایی را

در حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.

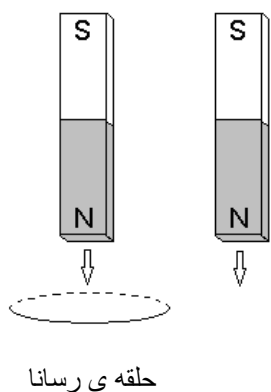


تمرین ۲۱- دو آهنربای میله ای مشابه را به طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک سطح

زمین رها می کنیم. اگر سطح زمین در محل برخورد آهنرباها نرم باشد، مقدار فرو

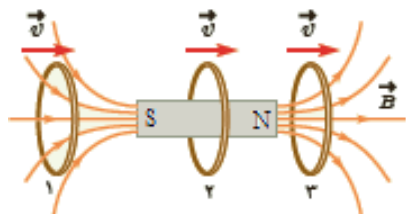
رفتگی آهنرباها را در زمین با یکدیگر مقایسه کنید. (از اثر میدان مغناطیسی زمین بر

آهنرباها صرف نظر کنید).

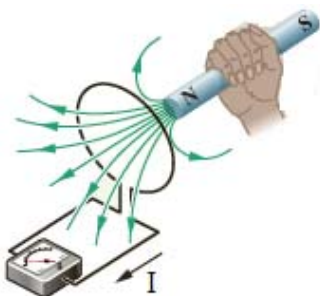


تمرین ۲۲- حلقه ی رسانایی به طرف یک آهنربای میله ای حرکت می کند. شکل زیر حلقه را در سه وضعیت نسبت

به آهنربا نشان می دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به طور جداگانه تعیین کنید.

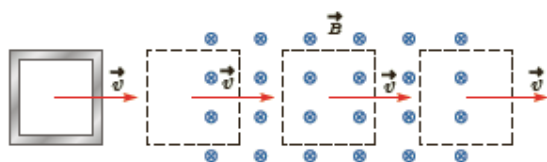


تمرین ۲۳- مطابق شکل در اثر حرکت آهنربا یک جریان القایی در جهت نشان داده شده در مدار ایجاد شده است. با ذکر دلیل جهت حرکت آهنربا را تعیین کنید.



تمرین ۲۴- حلقه ی رسانای مربعی شکل، به طول ضلع 10 cm وارد میدان مغناطیسی درون سویی به اندازه ی 20 mT و سپس از آن خارج می شود.

الف) در کدام مرحله شار عبوری از حلقه بیشینه است؟ مقدار شار گذرنده از این حلقه در این حالت چقدر است؟
 ب) در کدام وضعیت(ها) شار گذرنده از حلقه تغییر می کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.



القاهره: پیچه یا سیملوله حامل جریان درون خود دارای میدان مغناطیسی هستند که از این میدان برای ذخیره ی انرژی استفاده می شود، به چنین وسیله هایی القاگر گفته می شود. (نماد مداری القاگر ، است.)

خود القاوری: هر گاه در یک القاگر (پیچه یا سیملوله) جریان تغییر کند ، میدان مغناطیسی در آن تغییر می کند و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می نماید. این فرآیند سبب القای نیروی محرکه ای در القاگر می شود که بنابر قانون لنز با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می نماید . این پدیده خود القاوری نامیده می شود.

ضریب القاوری (L): ویژگی های فیزیکی هر القاگر ، توسط ضریب القاوری آن تعیین می شود و برای سیملوله ی آرمانی فاقد هسته به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad , \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$$

μ_0 : ثابت گذردهی مغناطیسی خلاء

N: تعداد دورهای سیملوله

A: مساحت هر حلقه (m^2)

l: طول سیملوله (m)

L: ضریب خود القاوی (H یا $\Omega.S$)

عوامل مؤثر بر ضریب القاوری: با توجه به رابطه ی آن ضریب القاوری به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- جنس هسته ۲- مجذور تعداد دورهای سیملوله ۳- مساحت هر حلقه ی سیملوله ۴- طول سیملوله

آزمایش- آزمایشی طراحی کنید که اثر خود القاوری را نشان دهد.

وسيله های مورد نیاز: لامپ نئون (لامپ فازمتری)، القاگر (۱۰۰ دور یا بالاتر)، باتری قلمی (۲ عدد) یا باتری ۹ ولتی،

سیم رابط، کلید



توجه: می توانید به جای القاگر، از القاگر لامپهای مهتابی (که به اشتباه ترانس نامیده می شود) نیز استفاده کنید.

شرح آزمایش: ابتدا کلید را ببندید تا لامپ روشن شود. سپس کلید را قطع کنید. در لحظه ی قطع کلید چه مشاهده می کنید؟ چرا؟

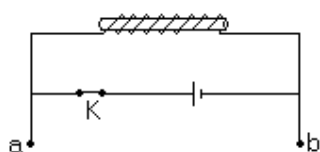
پاسخ- لامپ برای یک لحظه پرنور شده و سپس به آرامی خاموش می شود- با قطع شدن جریان القاگر به طور ناگهانی کاهش می یابد تا به صفر برسد در نتیجه میدان و شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می نماید. این فرآیند سبب القای نیروی محرکه ای بزرگ در القاگر می شود که با کاهش جریان مخالفت می نماید.

مثال ۱۲- ضریب القاوری سیملوله ی آرمانی بدون هسته ای به طول $62/8\text{cm}$ و سطح مقطع 10cm^2 را پیدا کنید که شامل ۲۰۰۰ حلقه ی نزدیک به هم است.

تمرین ۲۵- تعداد حلقه های سیملوله ی آرمانی بدون هسته ای به طول $۱۲/۵۶\text{cm}$ و سطح مقطع ۱cm^2 را پیدا کنید که ضریب القاوری آن ۱۰۰ میلی هانری است.

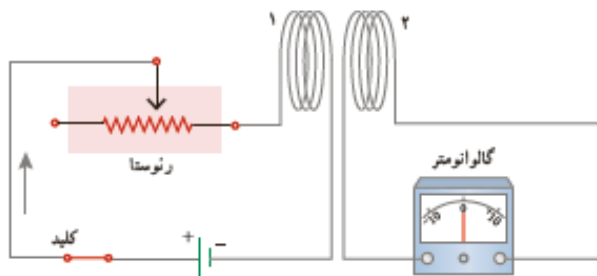
تمرین ۲۶- دو سیملوله ی بدون هسته با سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول اولی دو برابر دومی باشد، ضریب القاوری اولی چند برابر دومی است؟

تمرین ۲۷- دو سیملوله بدون هسته در اختیار داریم اگر ضریب القاوری و طول سیملوله ی اول به ترتیب ۲ برابر و ۸ برابر ضریب القاوری و طول سیملوله دوم باشد، با فرض برابر بودن مساحت مقطع دو سیملوله، محاسبه کنید تعداد دورهای سیملوله ی اول چند برابر سیملوله ی دوم است؟



تمرین ۲۸- مداری مانند شکل مقابل ساخته ایم و شخصی دو نقطه b, a را در دست خود گرفته است. اگر کلید را به طور ناگهانی باز کنیم شخص احساس یک شوک الکتریکی در دست خود می کند. علت چیست؟

القای متقابل: دو پیچه ی مجاور هم را در نظر بگیرید، هرگاه در پیچه ی اول جریان تغییر کند، میدان آن و شار عبوری از پیچه ی دوم تغییر می کند و بنا به قانون فاراده ، این تغییر شار نیروی محرکه ای در پیچه ی دوم القاء می کند. به این پدیده القای متقابل گفته می شود و به کمک آن می توان انرژی را از پیچه ای به پیچه ی دیگر انتقال داد.



نکته ۱- در برخی از مدارهایی که از چندین القاگر به وجود آمده است ، تغییرات جریان در یک القاگر می تواند نیروهای محرکه ی ناخواسته ای را در القاگرهای مجاور القا کند. به همین دلیل ، در برخی از مدارهای الکتریکی ، القای متقابل می تواند مزاحم باشد.

نکته ۲- برای هرچه کمتر کردن اثر ناخواسته ی القاگرها بر روی هم باید سطح حلقه های القاگرهای مجاور را به طور عمود بر یکدیگر قرار داد.

نکته ۳- یکی از کاربردهای مفید القای متقابل ساخت ابزاری به نام مبدل است ، القای متقابل در این وسیله نقش مهمی در مقدار ولتاژ خروجی مبدل ایفا می کند. علاوه بر آن از القای متقابل برای جرقه زدن شمع خودرو در سیستم احتراق استفاده می شود.

انرژی ذخیره شده در القاگر: وقتی توسط باتری جریانی در القاگر برقرار شود، مولد به القاگر انرژی می دهد. بخشی از این انرژی در مقاومت الکتریکی سیم های القاگر به صورت گرما تلف و بقیه ی آن در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می شود. این انرژی به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

L : ضریب القاوری یا القائیدگی (H)
I : شدت جریان (A)

مقایسه ی انرژی در مقاومت و القاگر: هنگام عبور جریان از مقاومت ، انرژی وارد آن می شود، جریان چه پایا باشد و چه تغییر کند، این انرژی در مقاومت به انرژی گرمایی تبدیل می شود، در حالیکه در یک القاگر آرمانی (با مقاومت صفر) تنها وقتی انرژی وارد القاگر می شود که جریان در آن افزایش یابد. این انرژی تلف نمی شود ، بلکه در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره شده و هنگام کاهش جریان آزاد می شود. هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی ، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی شود.

تمرین ۲۹- تعیین کنید هریک از تغییرات زیر چه تأثیری بر انرژی ذخیره شده در سیملوله آرمانی دارد؟

الف) کاهش جریان سیملوله

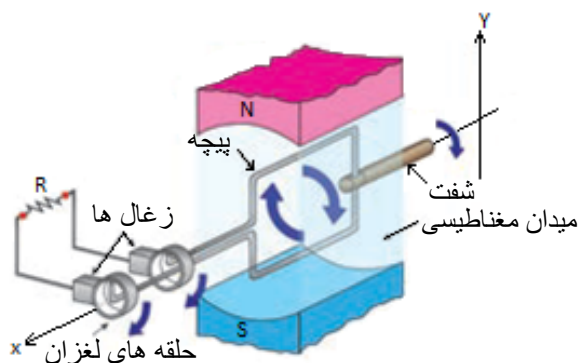
ب) افزایش طول سیملوله

پ) کاهش تعداد حلقه های سیملوله

ت) کاهش سطح مقطع حلقه های سیملوله

تمرین ۳۰- سیملوله ی آرمانی بدون هسته ای به طول ۲۲cm و با حلقه هایی به مساحت 0.44 cm^2 ، شامل ۲۰۰۰ حلقه ی نزدیک به هم است و جریان ۱/۷A از آن می گذرد. انرژی ذخیره شده در سیملوله را حساب کنید.

جریان متناوب (ac): یکی از کاربردهای مهم القای الکترومغناطیس تولید جریان متناوب است، در حقیقت ساده ترین راه تغییر شار، تغییر زاویه ی نیم خط عمود بر سطح پیچه و خطوط میدان است، بنابراین تغییر شار دائمی خواهد بود و این تغییر شار موجب تولید یک نیروی محرکه و یک جریان می شود که به آن جریان متناوب گوئیم. شکل زیر اجزای یک ژنراتور (مولد جریان ac) را نشان می دهد:



زمان یک چرخش کامل پیچه به دور خود را **دوره تناوب** می گوئیم و آنرا به صورت زیر محاسبه می کنند:

T : دوره یا زمان تناوب (s)

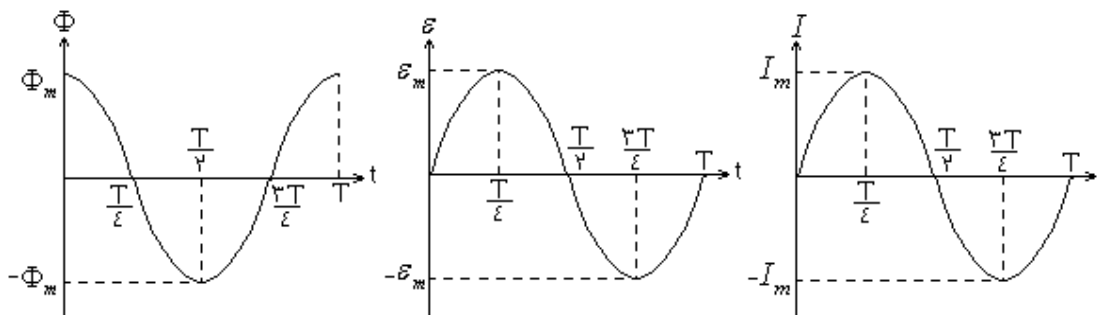
$$T = \frac{t}{N}$$

زمان کل گردشها (s) t
تعداد کل گردشها N

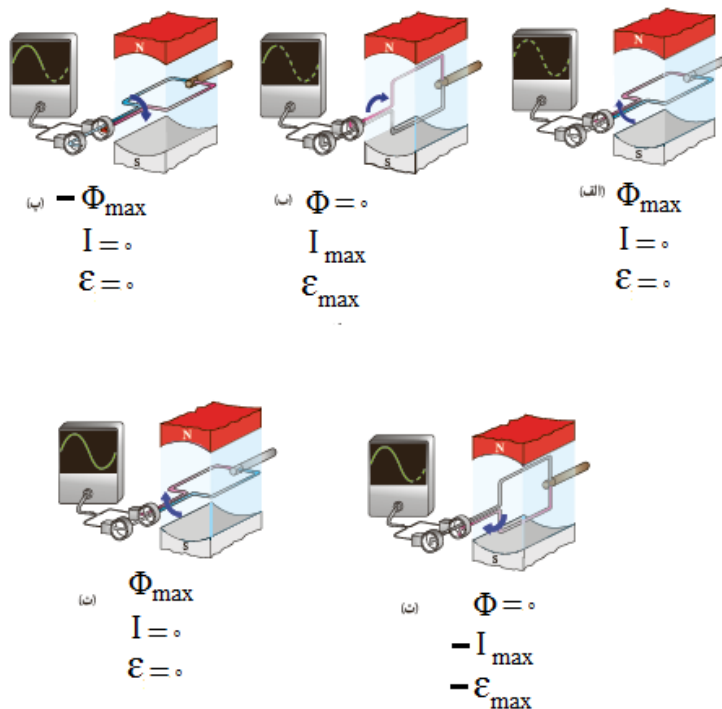
بنابراین رابطه های مدار جریان متناوب بصورت زیر نوشته می شود:

$$\begin{aligned}
 &\Phi_m: \text{ بیشینه ی شار (wb)} & \Phi_m = BA & \text{و} & \Phi = \Phi_m \cos \frac{2\pi}{T} t & \text{معادله ی شارمغناطیسی - زمان} \\
 &\mathcal{E}_m: \text{ بیشینه نیروی محرکه (V)} & & & & \\
 &I_m: \text{ بیشینه جریان القایی (A)} & \mathcal{E}_m = NBA \frac{2\pi}{T} & \text{و} & \mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \frac{2\pi}{T} t & \text{معادله ی نیروی محرکه - زمان} \\
 &R: \text{ مقاومت مدار } (\Omega) & & & & \\
 &N: \text{ تعداد دورهای سیم مدار} & I_m = \frac{\mathcal{E}_m}{R} & \text{و} & I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t & \text{معادله ی جریان القایی - زمان}
 \end{aligned}$$

نمودارهای شار - زمان، نیروی محرکه - زمان و جریان - زمان در مدار جریان متناوب: اگر در لحظه ی صفر شار گذرنده از مدار را بیشینه فرض کنیم، نمودارهای ذکر شده بصورت زیر رسم خواهد شد:



تولید جریان متناوب سینوسی در یک چرخش کامل:



نکته- در نیروگاه های تولید برق، برای تولید جریان متناوب از مولدهای خاصی استفاده می شود که به آنها مولدهای صنعتی جریان متناوب می گویند. در مولدهای صنعتی پیچها ساکن اند و آهنربای الکتریکی در آنها می چرخد.

مثال ۱۳- معادله شار عبوری از یک مدار جریان متناوب با مقاومت $10\ \Omega$ و 100 دور سیم بصورت $\varphi = 5\cos\omega t$ می باشد. مطلوب است؛

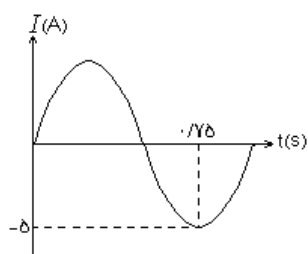
الف) معادله ی نیروی محرکه القایی ب) بیشینه ی جریان القایی

مثال ۱۴- معادله ی جریان عبوری از یک مدار جریان متناوب به مقاومت 5 اهم بصورت $I = 10\sin\omega\pi t$ است؛

الف) نمودار نیروی محرکه - زمان آن را رسم کنید.

ب) بزرگی نیروی محرکه ی القایی در این مدار در لحظه ی $t = \frac{1}{12}\text{ s}$ چقدر است؟

پ) در چه لحظه ای برای اولین بار نیروی محرکه بیشینه می شود؟



تمرین ۳۱- نمودار جریان القایی بر حسب زمان در یک مدار جریان متناوب با مقاومت 2 اهم بصورت زیر است، نیروی محرکه ی القایی این مدار در لحظه ی

$t = \frac{1}{6}$ ثانیه چقدر است؟

تمرین ۳۲- یک مدار جریان متناوب به مقاومت ۱۰۰ اهم از ۱۰ دور سیم ساخته شده است و با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه چرخش دارد. اگر بیشینه شار عبوری از آن ۵۰ وبر باشد؛
 الف) معادله ی جریان این مدار را بدست آورید.
 ب) در چه لحظه هایی نیروی محرکه ی مدار بیشینه می شود؟

تمرین ۳۳- جریان متناوبی با معادله ی $I = 5 \cdot \sin 5\pi t$ از یک سیملوله به ضریب خودالقایی ۰/۵ هنری و مقاومت ۱۰ اهم می گذرد.

الف) در چه لحظه ای برای اولین بار شدت جریان بیشینه می شود؟

ب) نیروی محرکه ی القایی بیشینه چقدر است؟

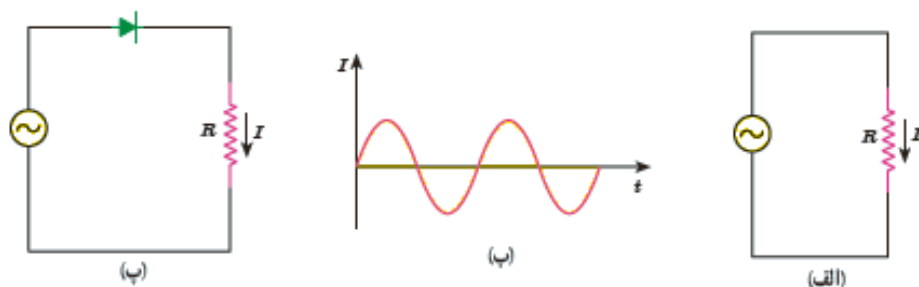
پ) انرژی ذخیره شده در سیملوله در لحظه $t = \frac{1}{30} \text{ s}$ چقدر است؟

تمرین ۳۴- معادله ی جریان متناوبی به صورت $I = 10 \cdot \sin 8\pi t$ است.

الف) دوره ی جریان چقدر است؟

ب) اگر مقاومت مدار ۵۰ اهم باشد، نیروی محرکه ی مدار در $t = \frac{1}{24} \text{ s}$ چقدر است؟

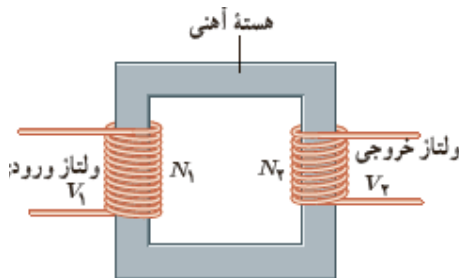
تمرین ۳۵- در شکل زیر نمودار ب، تغییرات جریان بر حسب زمان را برای مدار شکل الف نشان می دهد. نمودار تغییرات جریان بر حسب زمان را برای مدار پ رسم کنید.



مزیت توان جریان متناوب (ac) بر توان جریان مستقیم (dc): مهمترین امتیاز توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac بسیار آسانتر است. (در انتقال توان در فاصله های دور می خواهیم تا حد امکان از ولتاژ هرچه بالاتر و جریان هر چه کمتری استفاده کنیم، این کار اتلاف RI^2 را در خط های انتقال کم می کند و می توان از سیم های نازک تر ی استفاده و در مصرف مواد اولیه صرفه جویی کرد.)

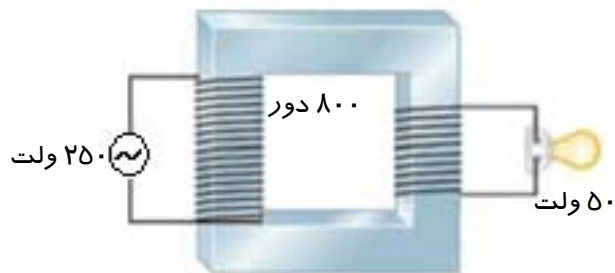
مبدل ها: مبدل وسیله ای است که ولتاژ اولیه ی یک مدار را به ولتاژ دیگری تبدیل می کند. (هر مبدل شامل دو پیچه با تعداد دور های متفاوت است که به دور یک هسته ی آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده اند و پیچه ها نسبت به هسته عایق بندی شده اند. برای مبدل آرمانی مقاومت پیچه ها ناچیز است و نسبت ولتاژهای ورودی و خروجی به نسبت تعداد دورهای پیچه ها است.) برای مبدل آرمانی رابطه ی زیر برقرار است:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$



نکته- حشره کش برقی، برای کار کردن نیاز به ولتاژهای بالا از مرتبه ی چند هزار ولت دارند. برای ساخت آنها از مبدل ها استفاده می کنند.

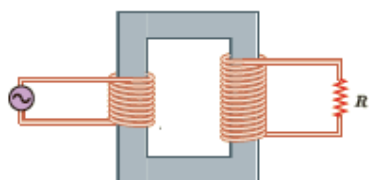
مثال ۱۵- شکل مقابل یک مبدل ۲۵۰ ولت به ۵۰ ولت را نشان می دهد. تعداد دورهای پیچه ثانویه را به دست آورید. (مبدل آرمانی است)



تمرین ۳۶- در مبدل آرمانی شکل زیر، اگر بیشینه ی ولتاژ دوسر مولد برابر ۶۰ ولت باشد، بیشینه ی توان مصرفی مقاومت $R = ۵۰$ اهم چقدر است؟



تمرین ۳۷- در مبدل آرمانی زیر ولتاژ ورودی بیشتر است یا ولتاژ خروجی؟ چرا؟



تمرین ۳۸- معادله ی نیروی محرکه منبع ac در مبدل شکل زیر $\varepsilon = ۱۰ \sin \pi \varepsilon t$ است. اگر مقدار مقاومت ۲۰ اهم باشد، بیشینه ی توان مصرفی مدار چند وات است؟



Bahrani_fizik@yahoo.com