نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نمونه های از پدیده های که بیانگر وجود ماهیت الکتریکی در مواد است:

الف) بالا رفتن مارمولک از دیوار ب) انتقال پیام عصبی در دستگاه اعصاب ج) تشکیل مولکول ها از به هم پیوستن اتم ها

نکته: دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت، بار همهٔ مواد یکسان می‌شد و میله ها بدون توجه به هم جنس بودن یا نبودنشان، باید یا فقط همدیگر را جذب می‌کردند یا فقط همدیگر را دفع می‌کردند.

نکته: بار الکتریکی کمیتی نرده ای و یکای آن کولن است. کولن یکای بزرگی است و در عمل از واحدهای کوچکتری مثل میکرو، پیکو و نانو و ... استفاده می‌شود.

نکته: آذرخش ها معمولاً بار زیادی دارند اگر این آذرخش به ما برخورد کنند احتمالاً بخار می‌شویم.

نکته: موقع شانه کردن موهایتان با یک شانه پلاستیکی، بارهای منقل شده ار مرتبهٔ نانو کولن **(nc۱)** است.

نکته: بنیامین فرانکلین دو نوع بار الکتریکی را بار مثبت و منفی نام گذاری کرد. و خوبی این نام گذاری این است که ما می‌توانیم بارهای الکتریکی مثبت و منفی را با هم جمع جبری کنیم.

نکته: برای فهمیدن ویژگی های الکتریکی یک ماده باید ساختمان اتم را باید بررسی کنیم.

ساختمان اتم تشکیل شده از الکترون ها با بار منفی و پروتون ها با بار مثبت و نوترون ها بار ندارند و خنثی هستند.

نکته: اندازهٔ بار الکتریکی هر پروتون دقیقاً برابر با بار یک الکترون است. **($۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)**

نکته: تعداد الکترون ها بیشتر از پروتون ها باشد، بار جسم منفی است. و اگر تعداد پروتون ها بیشتر از تعداد الکترون ها باشد بار جسم منفی است.

نکته: اگر تعداد پروتون ها و تعداد الکترون ها برابر باشد بار جسم صفر است. (خنثی)

نکته: الکترون عامل انتقال بار است. و پروتون ها در هسته قرار دارند و جابه جا نمی‌شوند.

نکته: به تعداد پروتون های یک اتم عدد اتمی گفته می‌شود. . آن را با Z نمایش می‌دهند.

نکته: بار کوانتیده است یعنی بارها گسسته هستند. مثلاً تعداد خودکارهای شما کوانتیده است. یعنی شما می‌توانید آن ها را دانه ای بشمارید.

اصل کوانتیده بودن بار: همیشه بار الکتریکی مشاهده شده در اجسام، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی (e) است.

نکته: الکترون یک ذرهٔ بنیادی است یعنی کوچکترین باری که می‌تواند به طور مستقل وجود داشته باشد.

اصل پایستگی بار: مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

نکته: یک کولن مقدار بار زیادی است. نام گذاری بار ها به صورت مثبت و منفی تنها راه نام گذاری نیست.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: بار الکتریکی نمی‌تواند کم تر از از بار الکتریکی پایه باشد. و حاصل رابطهٔ مقابل باید یک عدد طبیعی باشد. $n = \frac{q}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}}$

کوانتم ✖ مضرب صحیح 〓 مقدار کمیت کوانتومی

رسانش الکتریکی:

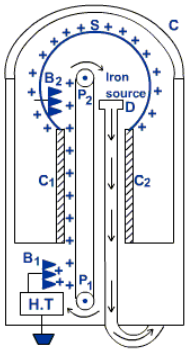
- ❖ اجسام رسانا: بعضی از اجسام مانند طلا، نقره، مس و سایر فلزات به راحتی بارها الکتریکی را از خود عبور می‌دهند، به این اجسام رسانای الکتریکی می‌گوییم. دلیل رسانا بودن این مواد وجود الکترون های آزاد در ساختار مولکولی آن ها است.
- ❖ اجسام نارسانا: این اجسام چون الکترون آزاد ندارند، نمی‌توانند بارهای الکتریکی را از خود عبور دهند. اجسامی مانند چوب، و لاستیک، و تفلون و هوا و خیلی از نافلزات نارسانا هستند و از آن ها به عنوان عایق الکتریکی استفاده می‌شود.
- ❖ اجسام نیم رسانا: تعداد الکترون آزاد، در ساختمان سه مادهٔ ژرمانیم، گرافیت و سیلیسیم، به فراوانی اجسام رسانا و نایابی اجسام نارسانا نیست. این اجسام نه رسانای خوبی هستند و نه نارسانی مطمئنی! برای همین به آن ها نیم رسانا می‌گویند.

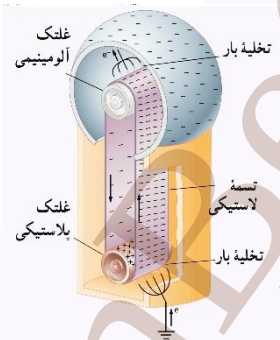
نکته: روش مالش بهترین و راحت ترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است؛ ولی برای باردار کردن اجسام رسانا روش های بهتری هم وجود دارد.

نکته: در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می‌شوند.

الکتریسیتهٔ مالشی (سری تریبوالکتریک): میزان الکترون خواهی اجسام در جدولی به نام تریبوالکتریک مرتب شده اند که نیازی به حفظ کردن این جدول نیست. در این جدول جسم بالا تر الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و جسم پایین تر الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود.

مولد وان دو گراف:



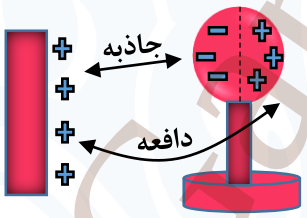


شکل های روبه رو دو نمونه از واندوگراف است که بار کلاهک متفاوت را ملاحظه کنید.

واندوگراف های جدید که در کتاب یازدهم وجود دارد بار منفی در کلاهک وجود دارد.

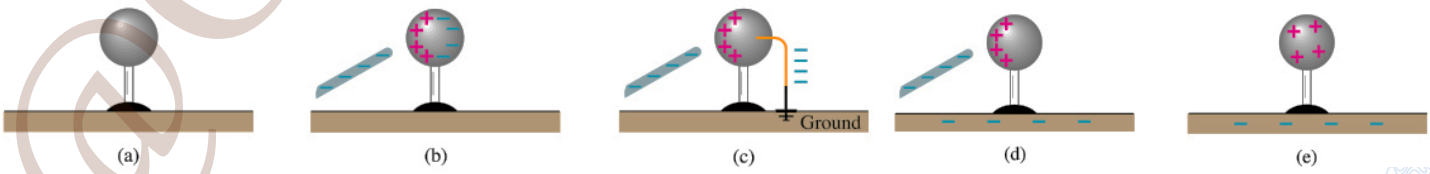
مولد واندوگراف دستگاهی است که بار باردار کردن کلاهک فلزی اش می‌توانیم آزمایش های الکتروستاتیکی جذابی را انجام دهیم.

القای الکتریکی: اساس پدیده القا نیروی دافعه و جاذبه است. در واقع القای الکتریکی جابجا شدن بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعهٔ الکتریکی است.



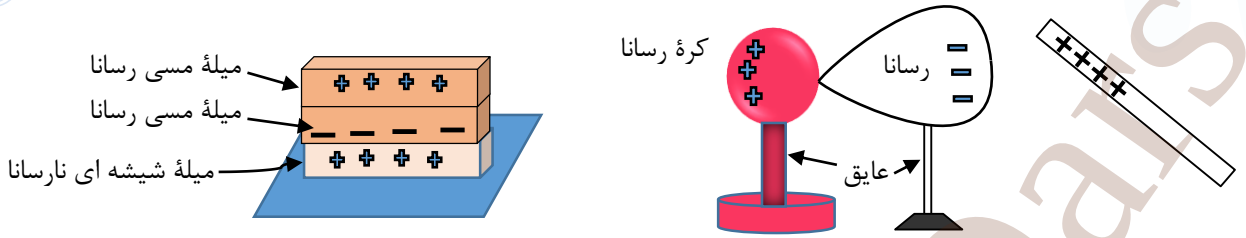
نکته: در پدیدهٔ القا نیازی به تماس دو جسم (القا کننده و القا شونده) نیست.

نکته: در القای الکتریکی همیشه جسم القا کننده و جسم القا شونده همدیگر را جذب می‌کنند.

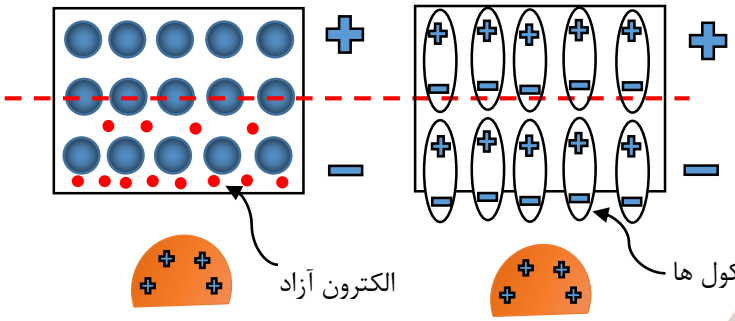


نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: همیشه بار جسم القا شونده و جسم القاکننده مخالف هم می‌شوند. و مقدار بار القا برابر است و به شکل جسم بستگی ندارد.



نکته: در اجسام نارسانا هم القا الکتریکی دیده می‌شود؛ با یک تفاوت عمده با القا در اجسام رسانا دارد. اجسام نارسانا بر خلاف رسانا ها الکترون آزاد ندارند، و در نتیجه الکترون ها روی سطح و داخل جابجا نمی‌شوند و القا فقط در درون ذره (ملکول یا اتم) رخ میدهد (شکل)



نکته: اجسام نارسانا را با روش القا نمی‌توان باردار کرد.

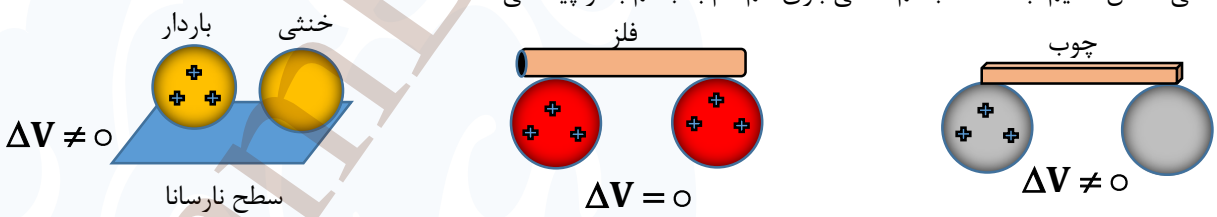
نکته: در شرایط یکسان، اثر القای الکتریکی در جسم رسانا شدیدتر از جسم نارسانا است؛ چون در جسم رسانا الکترون ها می‌توانند آزادانه حرکت کنند.

نکته: در القای الکتریکی چه در اجسام رسانا و چه در اجسام نارسا، جسم القا کننده (باردار) و جسم القا شونده (خنثی) یکدیگر را جذب می‌کنند؛ زیرا همیشه جسم القا کننده بار مخالفش را به سمت خودش می‌کشد.

نکته: گرده افشانی زنبور عسل در اثر پدیدهٔ القایی الکتریکی است.

تماس:

تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بار بین آن دو جسم باز می‌کند. برای همین اگر مانند شکل های زیر یک جسم رسانای بادار را به یک جسم رسانای خنثی تماس دهیم، بلافاصله جسم خنثی باری هم نام با جسم بادار پیدا می‌کند.



نکته: براساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس برابر هستند:

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

نکته: اگر دو کرهٔ مشابه را به هم تماس دهیم بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

برق نما یا الکتروسکوپ: یکی از دستگاه های آزمایشگاهی ساده در الکتریسیته ساکن، الکتروسکوپ است. این وسیله برای بررسی ماهیت الکتریکی مواد به کار می‌رود.

@GapBeGam_Daisi

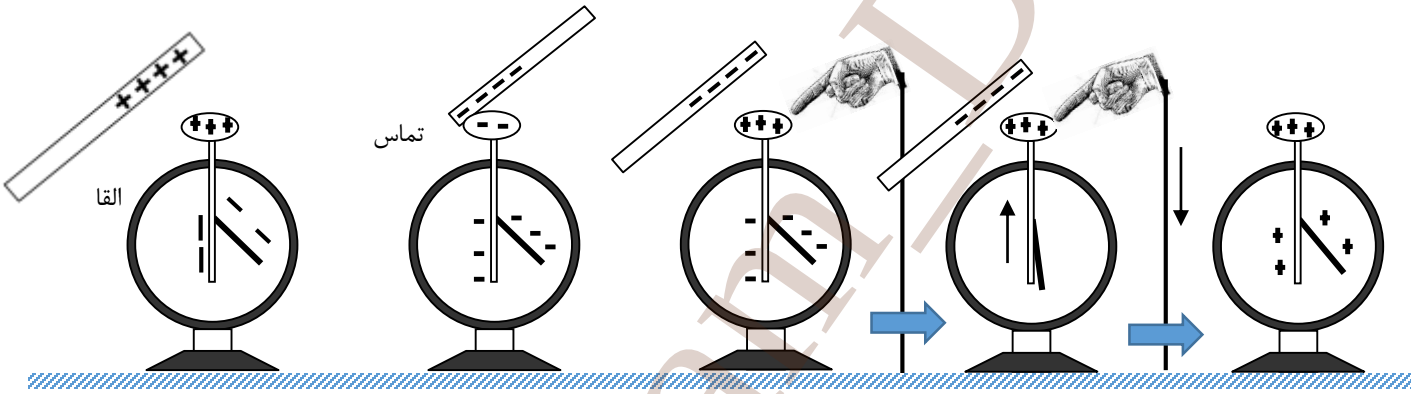
نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: اگر کره ها هم اندازه نباشند، بارها به نسبت شعاع کره ها تقسیم می‌شود و مقدار بار هر کره طبق معادلات زیر به دست می‌آید:

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 \xrightarrow{R_1 \neq R_2} \frac{q'_1}{q'_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

نکته: الکتروسکوپ را مثل یک رسانا می‌توانیم با روش القا و یا روش تماس باردار کنیم.

نکته: در روش القا، بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القا کننده و در روش تماس، بار الکتروسکوپ هم نام با بار جسم رسانا می‌شود.



القا بدون تماس بار تیغه ها مخالف میله است.

الکترون های تیغه ها به زمین منتقل می‌شوند.

تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم با الکتروسکوپ : اگر جسم بار دار را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم فاصلهٔ تیغه ها بیشتر شد بار جسم الکتروسکوپ هم نام هستند و بر عکس.

تشخیص رسانا و نارسانا بودن یک جسم: یک سر جسم مورد نظر را در دستمان و سر دیگر آن را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس بدهیم. اگر جسم مورد نظر رسانا باشد،تیغه های الکتروسکوپ به هم می‌چسبند؛ چون بار از طریق جسم و بدون ما به زمین منتقل می‌شود و الکتروسکوپ خنثی می-شود.

نکته: زمین منبع بار الکتریکی است؛ یعنی، هر چه قدر از آن بار بگیریم و یا به آن بار بدهیم، مشکلی با آن ندارد. و قبول می‌کند! بنابراین اگر جسم رسانایی باداری را با سیم به زمین وصل کنیم و یا با آن تماس دهیم، بار آن تخلیه می‌شود.

نکته: بررسی بارها در حال سکون که به آن الکتریسیتهٔ ساکن (الکتروستاتیک) می‌گویند.

نکته: بررسی بارها در هنگام حرکت در رسانا که به آن الکتریسیتهٔ جاری می‌گویند.

القای بار الکتریکی و بسته بندی مواد غذایی: روکش پلاستیکی (سلوفان) از مواد پلیمری ساخته شده است. این مواد در تماس با دست انسان بار الکتریکی منفی پیدا می‌کنند و می‌توانند در سطح ظرف بار مثبت القا کنند. (ظرف و روکش نارسانا هستند.)

نکته: هنگامیکه سلوفان را باز می‌کنید هم، در اثر تماس دو لایه مختلف از سلوفان، آن ها باردار می‌شوند و به هم می‌چسبند.

باردار کردن توسط برف: بنابه دلایل مختلفی، دانه های برف در حین سقوط در هوا باردار می‌شوند. حال اگر یک صفحهٔ توری فلزی را توسط پایه های نارسانا نگه داریم، در اثر تماس دانه های باردار برف با توری، بار به توری منتقل شده و باردار می‌شوند.

@GamBeGam Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نیروی کولن: در راستای خط مستقیم بین دو ذرهٔ باردار است. نیروی وارد بر دو ذره مساوی هستند. در خلاف جهت هم هستند.

قانون کولن: « نیروی الکتریکی که دو بار نقطه ای ساکن بر هم اثر می‌دهند، با حاصل ضرب اندازهٔ دو بار q_1q_2 رابطهٔ مستقیم و با مجذور فاصلهٔ دوبار از یکدیگر r^2 رابطهٔ وارون دارد»

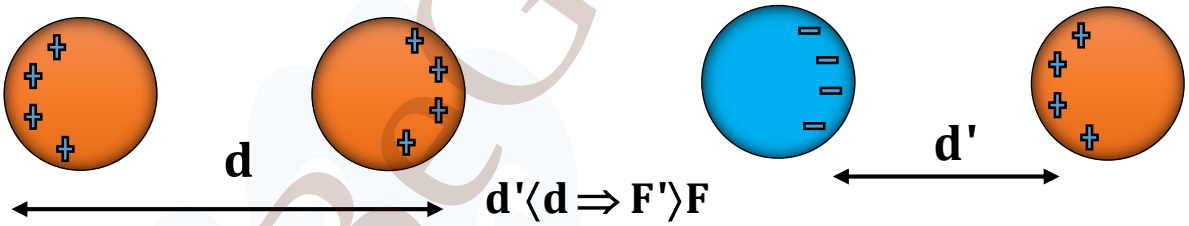
$$\begin{cases} F \propto q_1q_2 \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \Rightarrow F \propto \frac{q_1q_2}{r^2}$$

نکته: به مقدار ثابت k «ثابت الکتروستاتیکی» یا «ثابت کولن» می‌گوییم و یکای آن در SI نیوتن متر مربع بر مجذور کولن $\frac{N.m^2}{c^2}$ است. مقدار تقریبی k در SI برابر $9\times10^9 \frac{N.m^2}{c^2}$ است.

نکته: می‌توانیم k را برابر $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ قرار دهیم. ε_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و مقدار آن $8/85\times10^{-12} \frac{c^2}{N.m^2}$ است.

نکته: یکای k و یکای ε_0 وارون هم هستند. بنابراین حاصل $k.\varepsilon_0$ بدون یکا است.

نکته: رابطهٔ $F = K\frac{q_1q_2}{r^2}$ فقط برای ذره های باردار درست است. منظورمان این است که باید ابعاد اجسام بادار به نسبت فاصلهٔ آن ها از هم خیلی کوچک باشد تا ما بتوانیم آن ها را ذره فرض کنیم.



نکته: همان طور در شکل فوق ملاحظه می‌کنید اگر جسم باردار به صورت ذره نباشد ابعاد جسم در اندازهٔ نیروی کولن مؤثر است.

نکته: اگر بیش از دو بار نقطه ای داشته باشیم، برای محاسبهٔ نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باید نیروی دو ذرهٔ اول را محاسبه و سپس حاصل آن را با ذرهٔ سوم محاسبه کرد. . یا به عبارتی نیروی وارد بر یک ذرهٔ خاص باید از برایند نیروهای تک تک ذره های اطراف ذرهٔ مورد نظر به دست آید.

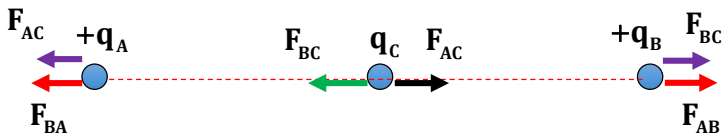
$$F_T = F_{1,2} + F_{1,3} + F_{1,4} + ... + F_{1,n}$$

نکته: در کتاب درسی تاکید شده فقط نیروهای که در یک راستا و عمود برهم باشند را در نظر بگیرید.

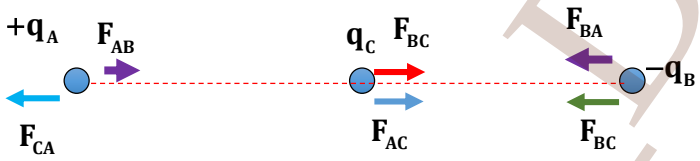
@GanBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

حالت های خاص:



نکته: اگر دو ذره هم علامت باشند با قرار دادن ذرهٔ سوم در بین فاصلهٔ دو ذره می‌توان نیروهای مخالف جهت داشت. پس احتمال برایند صفر وجود دارد. ولی در خارج این فاصله نیروها هم جهت هستند و هرگز برایند صفر نمی‌شود.



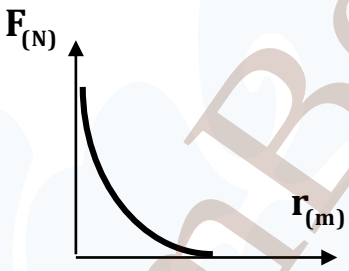
نکته: اگر دو ذره بار مخالف داشته باشند و ذره سوم بین دو ذره قرار گیرید نیروها هم جهت شده و بنابراین هرگز در این حالت برایند در فاصلهٔ بین دو ذره صفر نمی‌شود.

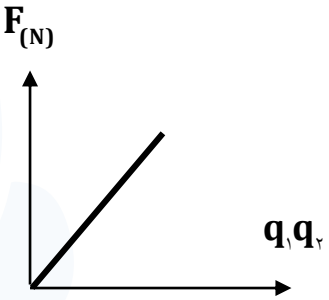
نکته: در هر دو حالت بالا نوع بار سوم هیچ نقشی در برایند نیروها ندارد چون ذره مشترک در فرمول قانون کولن است.

نکته: اگر مجموع بار دو کرهٔ هم نام و هم اندازه ثابت باشد، نیروی دافعهٔ بین دو کره هنگامی بیشینه است که اندازهٔ بار کره ها یکسان باشد.

نیروی هسته ای: نیروی بین پروتون ها از نوع دافعه است، بنابراین هسته باید متلاشی شود ولی چنین اتفاقی نمی‌افتد چون نیروی قوی تری بنام نیروی هسته ای این نیروی دافعه را خنثی می‌کند.

نمودارهای نیروی کولن:





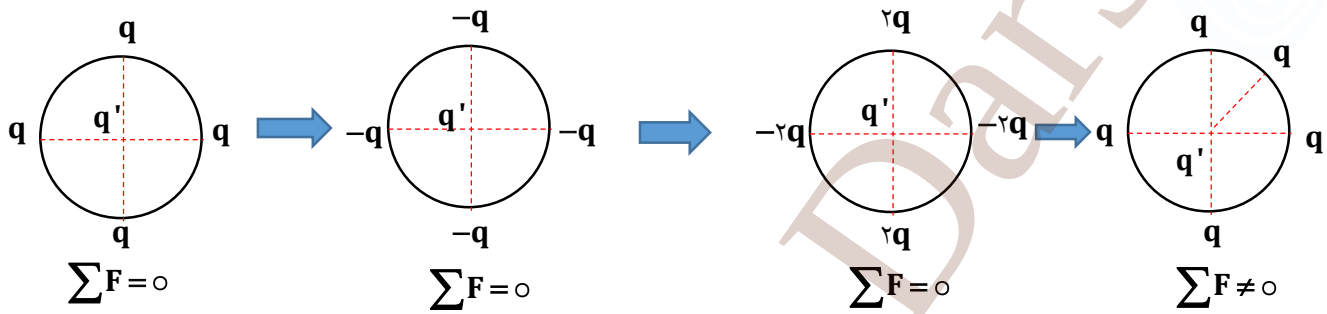
نکته: اگر نیروها در راستای محور x باشند، می‌توان آن ها را بر حسب بردار یکه $\vec{i}$ و اگر نیروها در راستای y باشند، می‌توان آن ها را بر حسب بردار یکه $\vec{j}$ نوشت.

نکته: اگر نیروها بر روی محور x و y با مولفه های $\vec{j},\vec{i}$ نمایش دهیم با تغییر علامت بارها اندازهٔ نیروها تغییر نمی‌کند فقط جهت آن تغییر می‌کند.

@GamBeGam_Darsi

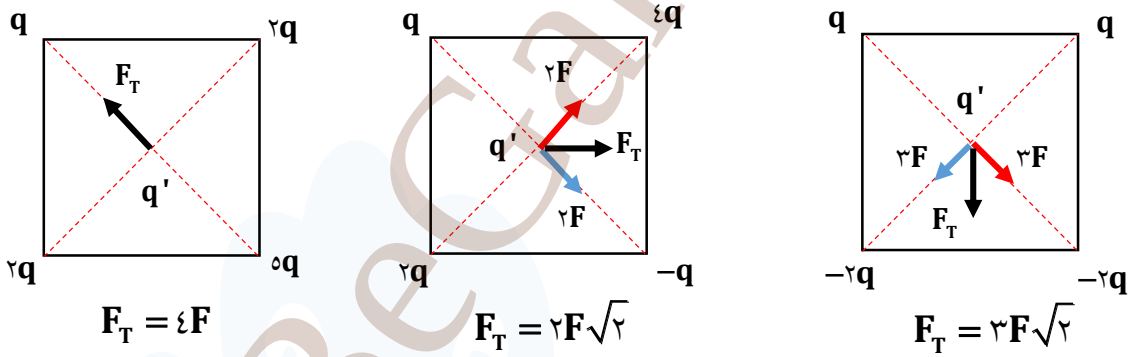
نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: اگر ذره های باردار بر روی محیط دایره باشند و هم علامت و با اندازهٔ بار برابر بدون محاسبه برایند آنها در مرکز دایره صفر می‌شود. زیرا نیروها دو به دو قرینه هستند.(شکل)



نکته: در شکل های فوق توجه داشته باشید تعداد و نوع بار در محیط دایره دقیقاً مثل هم باشه مثلاً اگر تعداد ذره ها فرد باشه دیگر برایند صفر نیست. و یا مقدار یک ذره با بقیه فرق داشته باشد برایند صفر نیست اما با این روش می‌توان سرعت محاسبه را بسیار افزایش داد.

نکته: در مسائلی که روی دایره و مربع طرح می‌شود چون فاصله ها از مرکز این شکل های هندسی برابر است هر q را نماینده یک F در نظر گرفت و راه را بسیار کوتاه و ساده کرد. (شکل)



نکته: اندازهٔ قطر مربع برابر با یک ضلع در $\sqrt{۲}$ است. با توجه به شکل اگر دو نیروی مساوی و عمود برهم داشته باشیم برآیند برابر یکی از آن دو نیرو ضربدر $\sqrt{۲}$ است.

$$F_۱ = F_۲ \xrightarrow{F_۱ \perp F_۲} F_R = F_۱\sqrt{۲}$$

نکته: اگر بار دو ذره ثابت باشد و اندازهٔ فاصلهٔ دو بار را افزایش یا کاهش دهیم می توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^۲ = \left(\frac{r}{r \pm x}\right)^۲$$

مقدار تغییر فاصله

+ برای افزایش فاصله و − برای کاهش

نکته: در مسئله های قانون کولن، گاهی به جز نیروی الکتریکی، نیروهای دیگری (مانند وزن یا کشش نخ) هم به ذره اثر می‌کنند که ما باید برایند آن ها را در نظر بگیریم.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

بیان کیفی میدان الکتریکی: میدان الکتریکی خاصیتی از فضا است که به موجب آن بر ذرات باردار نیرو وارد می‌شود. به زبان ساده تر هر ذرهٔ بارداری به وسیله میدان الکتریکی که ایجاد می‌کند (بدون هر گونه تماسی) بر ذرات باردار دیگر نیرو وارد می‌کند.

مفهوم کمی میدان الکتریکی (تعریف بردار میدان الکتریکی): میدان الکتریکی در یک نقطه عبارت از نیرویی که بر یکای بار مثبت در آن نقطه اثر می‌کند. و به زبان ریاضی داریم:

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_{\circ}}$$

نکته: میدان الکتریکی را با نماد E نمایش می‌دهند. میدان الکتریکی کمیتی برداری است، بنابراین باید جهت و اندازهٔ میدان تعیین شود.

نکته: کولن بار بسیار بزرگی است و عملاً نمی‌توانیم روی یک جسم قرار دهیم و حتماً بار جسم در هوا از طریق جرقه تخلیه می‌شود.

نکته: برای محاسبهٔ میدان الکتریکی حاصل از اجسام بادار غیر نقطه ای مانند کره، اگر بار الکتریکی به طور منظم و متقارن روی کره پخش شده باشد، می‌توان فرض کرد تمام بار در مرکز کره قرار دارد.

نکته: با توجه به رابطهٔ $E=K\frac{|q|}{r^{2}}$ برزگی میدان با بزرگی بار رابطهٔ مستقیم و با مربع فاصله از بار رابطهٔ عکس دارد.

نکته: در رابطهٔ $E=\frac{F}{q}$ مقدار q را قرار می‌دهیم؛ یعنی $E=\frac{F}{|q|}$ ولی برای تعیین بردار میدان، از رابطهٔ $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}$ استفاده می‌کنیم و باید علامت q را قرار دهیم.

توجه: در رابطهٔ $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}$ ، q باری است که در داخل میدان E قرار گرفته و خودش میدان E را ایجاد نکرده است.

نکته: اگر ذره بارداری که در میدان E قرار می‌گیرد بار مثبت داشته باشد جهت نیرو و میدان یکی است. ولی اگر بار ذره منفی باشد جهت میدان و میدان ۱۸۰ درجه یا مخالف است.

نکته: جهت و اندازهٔ میدان الکتریکی مستقل از اندازه و نوع باری $q_{\circ}$ است که در آن میدان قرار گرفته است. یعنی با تغییر اندازه و نوع بار $q_{\circ}$ در یک نقطه از میدان الکتریکی، بردار میدان E تغییر نمی‌کند.

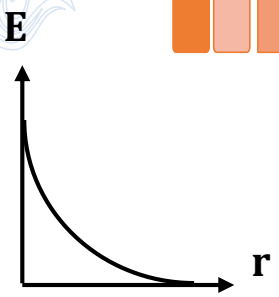
میدان یکنواخت: طبق تعریف میدان الکتریکی یکنواخت، محدوده ای از فضا است که در تمام نقطه های آن اندازه و جهت میدان الکتریکی یکسان باشد.

نکته: برای مشخص کردن جهت بردار میدان الکتریکی در یک نقطه اطراف ذرهٔ باردار، کافی است در نقطهٔ مورد نظر یک بار مثبت آزمون فرضی قرار دهید. جهت بردار میدان الکتریکی در آن نقطه هم جهت با بردار نیروی وارد بر بار مثبت آزمون است.

واندوگراف: مولد واندوگراف وسیله ای است که با استفاده از تسمه ای متحرک، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک توخالی فلزی جمع می‌کند.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)



نمودار اندازهٔ میدان بر حسب فاصله از بار با توجه به رابطهٔ $E = K\frac{|q|}{r^2}$ مطابق شکل زیر می‌شود.

برایند میدان الکتریکی: اگر چند بار نقطه ای $q_1, q_2 ...$ داشته باشیم، برایند نیروهای وارد بر بار q_0 با استفاده ار برایند گیری نیروهای الکتریکی، به صورت مقابل به دست می‌آید:

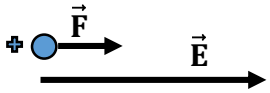
$$F_T = F_1 + F_2 + ... \Rightarrow \frac{F_T}{q_0} = \frac{F_1}{q_0} + \frac{F_2}{q_0} + ... \Rightarrow E_T = E_1 + E_2 + ...$$

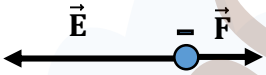
نکته: میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه ای از فضا (میدان خالص) ، برابر مجموع میدان هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند که به آن اصل بر هم نهی میدان الکتریکی می‌گویند.

مراحل پیدا کردن برایند میدان های الکتریکی:

- ❖ میدان الکتریکی ناشی از هر ذره را در هر نقطه رسم می‌کنیم.
- ❖ اندازهٔ هریک از بردار های میدان را محاسبه می‌کنیم.
- ❖ بردار میدان را با توجه به جهت میدان ها، رسم و محاسبه می‌کنیم.

نکته: میدان الکتریکی کمیتی برداری است. جهت میدان الکتریکی در هر نقطه، هم جهت با نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون در آن نقطه است.

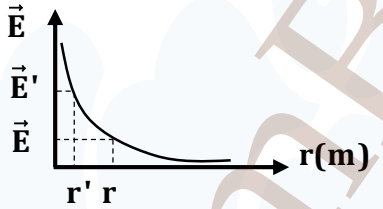




توجه: اگر بار ذره منفی باشد جهت نیرو و میدان مخالف است.

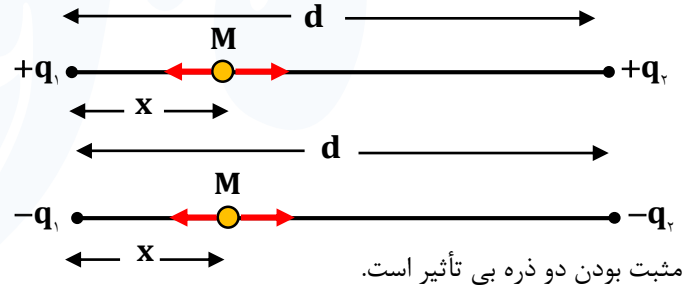
نکته: بار آزمون آنقدر کوچک که بودن و نبودن آن بر توزیع بار q (مولد میدان) در جسم باردار تغییری ایجاد نکند و در نتیجه میدان بار q نیز تغییر نکند و ثابت بماند.

برای مقایسه میدان الکتریکی دو بار نقطه ای داریم:



$$\frac{E'}{E} = \frac{q'}{q} \times (\frac{r}{r'})^2$$

نکته: برایند میدان های الکتریکی حاصل از دو بار هم نام در نقطه ای واقع بر روی خط گذرنده از دو بار و در حد فاصل آن ها و نزدیک بار کوچک تر صفر است.



$$q_2 \rangle q_1$$

$$|q_2| \rangle |q_1|$$

$$\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(d-x)^2}$$

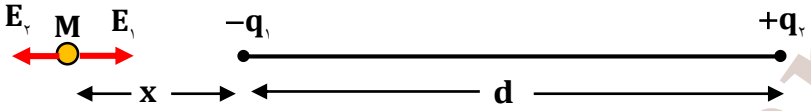
نکته: توجه کنید که نوع بار منفی و مثبت بودن دو ذره بی تأثیر است.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

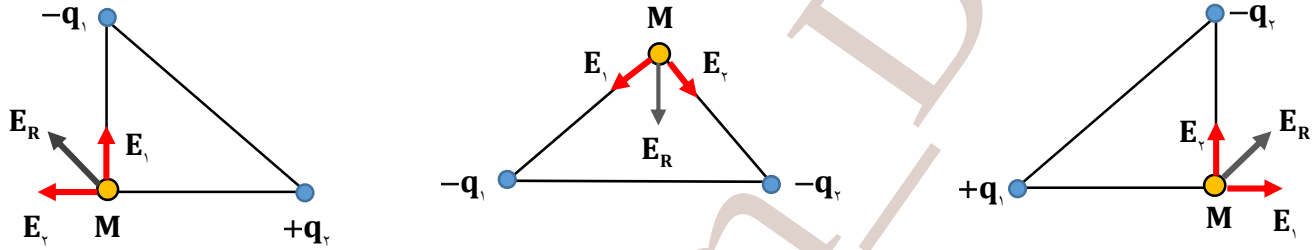
نکته: برایند میدان های الکتریکی حاصل از دو بار غیر هم نام در نقطه ای واقع بر روی خط گذرنده از دو بار و در خارج از فاصل آن ها و نزدیک بار کوچک تر صفر است.

$|q_2|>|q_1|$

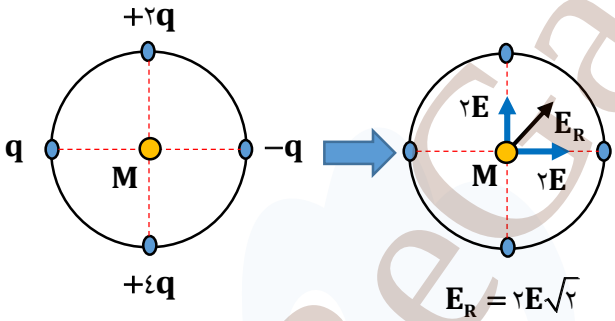


$$\frac{q_1}{x^2}=\frac{q_2}{(d+x)^2}$$

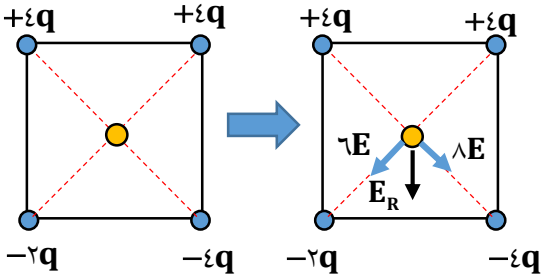
در شکل های زیر جهت میدان برایند را در نقطهٔ M مشخص شده است به نوع بار (مثبت یا منفی) دقت کنید:



در شکل های زیر مانند نیرو که قبلاً بیان شد می‌توان هر q را به عنوان یک E در نظر گرفت و سرعت محاسبات را افزایش داد. در شکل های زیر برایند میدان را در نقطهٔ M برحسب E به دست آورید.

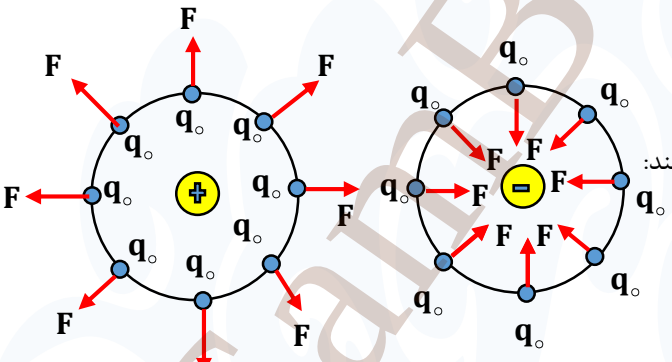


$$E_R=2E\sqrt{2}$$



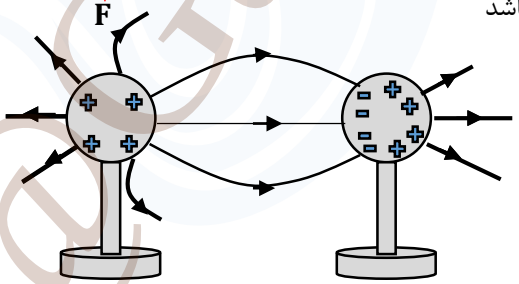
$$E_R=\sqrt{(6E)^2+(8E)^2}=10E$$

به شکل های مقابل خوب دقت کنید جهت نیروی وارد بر بار آزمون را مشخص می‌کند:



نکته: با توجه به شکل ها جهت نیروی وارده بر بار آزمون برای ذرهٔ منفی به سمت ذره و در ذرهٔ مثبت در جهت خارج است.

در شکل دو کرهٔ A و B در کنار هم قرار گرفته اند اگر بار کرهٔ A مثبت و کرهٔ B خنثی باشد خطوط میدان الکتریکی آن ها به صورت شکل مقابل است.



نکته: مقدار بار القا شده در جسم مقابل بدون توجه به شکل جسم القا شونده با بار جسم القاگر برابر است.

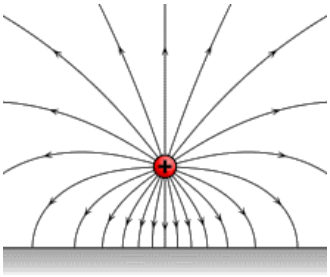
@GamBeGam_Darsi

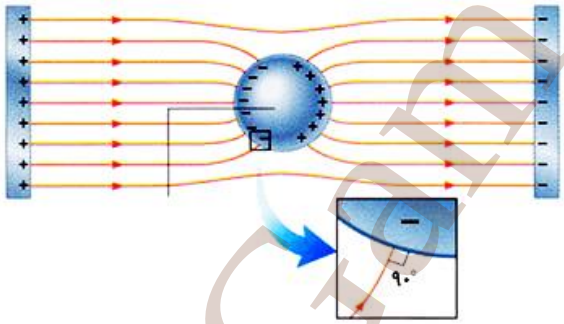
نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

خطوط میدان الکتریکی:

- جهت خط میدان در هر نقطه، هم جهت با نیروی وارد بر بار آزمون مثبت در آن نقطه است، بنابراین خط های میدان برای بار مثبت رو به خارج و برای بارهای منفی رو به داخل است.
- میدان کمیت برداری است و میدان در هر نقطه برداری مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم جهت با خط میدان است.
- هر چه میدان در یک ناحیه قوی تر باشد، باید خطوط میدان را در آن ناحیه به یکدیگر نزدیک تر و به هم فشرده تر رسم کرد و بالعکس.
- خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطه از فضا فقط یک خط میدان می‌گذرد که همان میدان الکتریکی برایند است.
- اگر خطوط میدان یکدیگر را قطع کنند، در محل تلاقی چند میدان وجود دارد که با مفهوم میدان برایند در تضاد خواهد بود.

نکته: خطوط میدان الکتریکی بین دو بار ناهم نام نمی‌تواند در تمام قسمت ها خط صاف باشد؛ زیرا با برایندگیری بردارهای میدان بیشتر نقاط منحنی می‌شود.





نکته: خطوط میدان بر سطح اجسام رسانا عمود است.

نکته: میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.

نکته: خطوط نزدیک به جسم رسانا خمیده است.

نکته: اگر خطوط عمود بر سطح رسانا نباشد میدان

در داخل جسم رسانا صفر نمی‌شود.

به شکل های زیر خوب دقت کنید اگر از نقطهٔ M به طرف نقطهٔ N حرکت کنیم داریم:

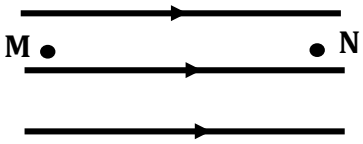
میدان در حال کاهش

$$\begin{cases} E_M \rangle E_N \\ F_M \rangle F_N \\ a_M \rangle a_N \end{cases}$$

میدان در حال افزایش

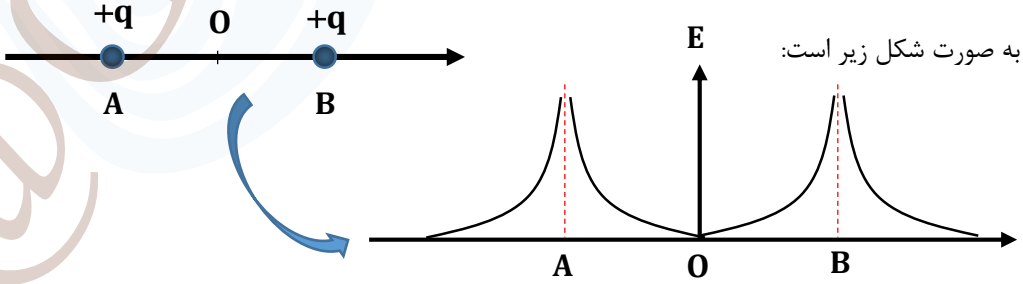
$$\begin{cases} E_M \langle E_N \\ F_M \langle F_N \\ a_M \langle a_N \end{cases}$$

میدان یکنواخت



$$\begin{cases} E_M = E_N \\ F_M = F_N \\ a_M = a_N \end{cases}$$

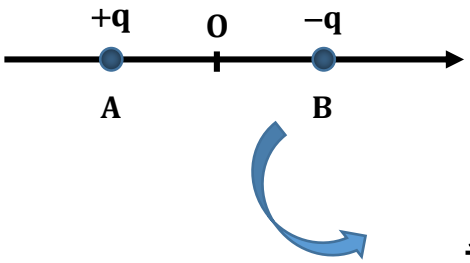
نمودار دو بار هم اندازه و هم نام به صورت شکل زیر است:

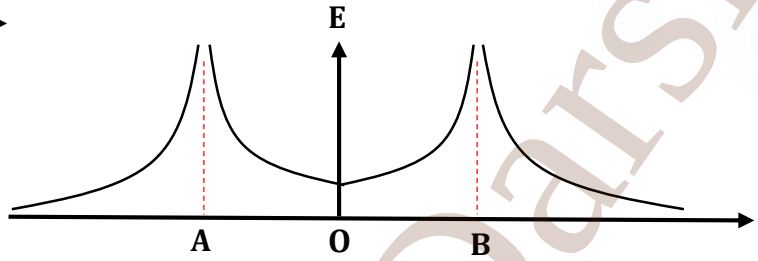


@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نمودار دو بار هم اندازه و ناهم نام به صورت زیر است:

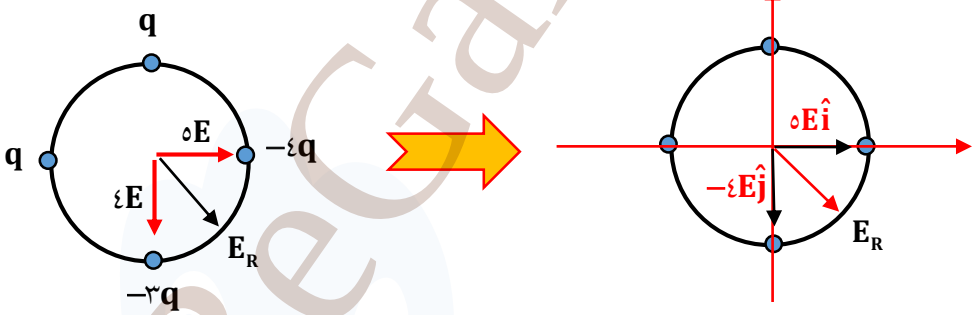




نکته: با توجه به شکل وقتی دوبار ناهم نام و هم اندازه باشند هرگز برایند آن ها صفر نمی‌شود. و میدان ها دو ذره در بین فاصلهٔ AB هم جهت هستند و در نقطهٔ O برایند صفر نیست.

نکته: در فواصل دور $(+\infty,-\infty)$ به دلیل فاصلهٔ زیاد، میدان الکتریکی صفر است و در نقطهٔ O با توجه نوع بار ذره برایند تغییر می‌کند. (در حالت هم نام و برابر صفر می‌شود)

نکته: اگر در سوالی میدان را بر حسب مؤلفه های $\vec{i}$ و $\vec{j}$ خواسته باشند شما باید میدان یا میدان هایی که روی محور x قرار دارند با توجه به منفی و مثبت بودن x با مؤلفه $\vec{i}$ و میدان و یا میدان قرار گرفته روی محور y را با توجه به منفی و مثبت بودن آن را با مؤلفهٔ $\vec{j}$ نمایش دهید به مثال زیر توجه کنید:



$$E_R=\sqrt{(5E)^2+(4E)^2}$$

$$E_R=5E\hat{i}-4E\hat{j}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی:

میدان و نیروی الکتریکی شبیه میدان و نیروی گرانشی زمین است. مقایسهٔ این ها به شما کمک می‌کند مفهوم انرژی پتانسیل الکتریکی را بهتر بفهمید:

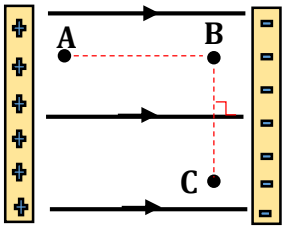
میدان گرانشی زمین: در این میدان زمین، به جرم m نیروی وزن وارد می‌شود. این نیرو توانایی انجام کار دارد. اگر جسمی به جرم m از یک ارتفاع مشخص رها شود به اندازهٔ mgh کار انجام می‌دهد.

میدان الکتریکی: در میدان الکتریکی به بار الکتریکی q نیروی الکتریکی وارد می‌شود، این نیرو می‌تواند جسم را جابه جا کند و بر روی آن کار انجام دهد. اگر جسم را رها کنید، این توانایی را می‌بینید به این قابلیت، انرژی پتانسیل الکتریکی می‌گوییم.

نکته: به نیروهایی که انرژی پتانسیل جسم را تغییر می‌دهند، نیروی پایستار می‌گویند. این نیروها انرژی مکانیکی را تغییر نمی‌دهند و سه نیروی وزن، کشسانی فنر و نیروی الکتریکی نیروهای پایستار هستند.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)



با توجه به شکل به نکات زیر در مورد پتاتسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی دقت کنید:

۱- ذرهٔ باردار از A به B جابجا شود:

پتانسیل کمتر می‌شود زیرا پتانسیل A بیشتر از نقطهٔ B است. ولی در مورد تغییر انرژی باید نوع بار مشخص شده باشد. اگر نوع بار مثبت باشد انرژی پتانسیل کم شده است و اگر نوع بار منفی است انرژی پتانسیل افزایش یافته است. $V_A \rangle V_B$

نکته: وقتی ذره ای از صفحه مثبت یا در جهت میدان حرکت کند پتانسیل آن کاهش می‌یابد و بر عکس. (بدون توجه به نوع بار)

نکته: وقتی ذرهٔ بار داری به صفحه غیر هم نام خود نزدیک شود انرژی پتانسیل آن کاهش و بر عکس. $U_B - U_A \langle 0$

۲- ذرهٔ باردار از B به C جابجا شود:

پتانسیل الکتریکی هیچ تغییری نمی‌کند زیرا وقتی عمود بر خطوط حرکت کنیم اندازهٔ پتانسیل تغییر نمی‌کند. بنابراین $V_B = V_C$

نکته: وقتی عمود بر خطوط حرکت کنیم تغییر پتاسیل نداریم بنابراین تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی نیز نداریم $\Delta U = 0$

کار میدان الکتریکی:

یادآوری: در فیزیک دهم در فصل کار و انرژی کار نیروهایی مثل نیروی الکتریکی و وزن برابر بود با منفی تغییرات انرژی پتانسیل یعنی:

$$W_E = -\Delta U_E \Rightarrow F_E d\cos\theta = -\Delta U_E \xrightarrow{E=\frac{F}{|q|}} \Delta U = -E|q|d\cos\theta$$

تغییر انرژی پتانسیل بار q در جابه جایی d بر حسب J

بار الکتریکی بر حسب کولن

جابه جایی بر حسب متر

نکاتی در مورد کار میدان الکتریکی:

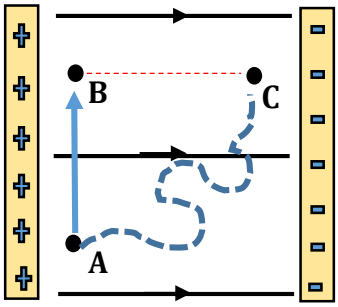
- جابجایی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی: $\Delta U_E \langle 0 \rightarrow W_E \rangle 0 \Rightarrow \theta = 0^\circ$
- جابه جایی بار مثبت در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی: $\Delta U_E \rangle 0 \rightarrow W_E \langle 0 \Rightarrow \theta = 180^\circ$
- جابه جایی بار منفی در جهت خطوط میدان الکتریکی: $\Delta U_E \rangle 0 \rightarrow W_E \langle 0 \Rightarrow \theta = 180^\circ$
- جابه جایی بار منفی در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی: $\Delta U_E \langle 0 \rightarrow W_E \rangle 0 \Rightarrow \theta = 0^\circ$
- جابه جایی بار مثبت یا منفی عمود بر خطوط میدان الکتریکی: $\Delta U_E = 0 \rightarrow W_E = 0 \Rightarrow \theta = 90^\circ$

نکته: اگر بار الکتریکی موازی با خط های میدان الکتریکی جابه جایی، از سوی میدان بر روی بار، کار انجام می‌شود و انرژی پتانسیل آن تغییر می‌کند به طوری که همیشه $\Delta U_E = -W_E$ است.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: اگر مسیر یک خط مستقیم نباشد باز هم میدان الکتریکی همین مقدار کار انجام می‌دهد و انرژی الکتریکی بار q نیز همین مقدار تغییر خواهد کرد زیرا نیروی وارد بر ذره یک نیروی پایستار است. به عبارتی بهتر کار میدان و تغییر پتانسیل الکتریکی به مسیر حرکت وابسته نیست.و فقط به نقطه های ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارد. (شکل)



با توجه به شکل مسیر AC با جمع دو مسیر AB و BC برابر است. و پیچ و خم های مسیر در جواب نهایی تأثیر ندارد.

نکته: اگر دو بار هم نام را کنار یکدیگر رها کنید، در اثر نیروی دافعه، سرعت و انرژی جنبشی ذره ها افزایش می‌یابد و با توجه به قانون پایستگی انرژی، این انرژی جنبشی نمی‌تواند خود به خود به وجود آمده باشد، بنابراین افزایش انرژی جنبشی را به کاهش انرژی پتانسیل نسبت می‌دهیم و با توجه به ماهیت الکتریکی این انرژی، به آن انرژی الکتریکی می‌گویند.

نکته: طبق قانون پایستگی انرژی، اگر تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی الکتریکی باشد، آن گاه:

$$\Delta U_E = -\Delta K \Rightarrow W_E = \Delta K = \frac{1}{2}m(V^2 - V_0^2) \Rightarrow |q|Ed\cos\theta = \frac{1}{2}m(V^2 - V_0^2)$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی — تغییر انرژی جنبشی — سرعت انتهایی — سرعت اولیه — جرم جسم

نکته: اگر نیرو و جابجایی هم جهت باشند، علامت کار مثبت می‌شود.

نکته: انرژی پتانسیل الکتریکی به بار الکتریکی و میدان الکتریکی وابسته است، ولی کمیت دیگری وجود دارد که به بار وابسته نیست و فقط به میدان الکتریکی وابسته است. این کمیت را پتانسیل الکتریکی می‌گویند.

رابطهٔ اختلاف پتانسیل:

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

تغییر انرژی پتانسیل با یکای ژول — اختلاف پتانسیل با یکای ژول بر کولن — بار الکتریکی با یکای کولن

نکته: یکای اختلاف پتانسیل را در این رابطه ژول بر کولن است که برابر یک ولت است. اختلاف پتانسیل در رابطه نیروی محرکه نیز نامیده می‌شود.

نکته: q و ΔU در این فرمول باید با علامت قرار شوند. یعنی اگر بار الکتریکی یا انرژی پتانسیل الکتریکی منفی باشد، باید با علامت منفی در رابطه قرار بگیرند.

نقطه مرجع پتانسیل الکتریکی:

اگر نقطه ای را به عنوان مرجع انرژی پتانسیل در نظر بگیریم به طوری که انرژی در آن نقطه صفر باشد، پتانسیل الکتریکی نیز در آن نقطه صفر شود.

$$V - V_0 = \frac{U - U_0}{q} \xrightarrow{v_0=0, u_0=0} V = \frac{U}{q}$$

نکته: پتانسیل الکتریکی زمین صفر است. بنابراین به زمین گاهی پتانسیل مرجع نیز گفته می‌شود.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

مفهوم ولتاژ باتری: هر باتری از دو پایانه تشکیل شده است، یکی مثبت و دیگری منفی. هنگامی که می‌گوییم باتری ۱۲ ولت است، یعنی پتانسیل الکتریکی پایانهٔ مثبت (V_+) به اندازهٔ ۱۲ ولت از پتانسیل الکتریکی پایانهٔ منفی (V_-) بیشتر است.

نکته: برای ولتاژ هر پایانه نمی‌توان عددی قائل شد. مثال بالا ممکن دو عدد مثبت ۶ و منفی ۶ باشند که اختلاف آن ۱۲ است. و هر دو عدد دیگری که اختلاف آن ها ۱۲ ولت باشد.

چگونگی کار سلول های عصبی: داخل و بیرون یاختهٔ عصبی در حالت عادی با هم اختلاف پتانسیلی به نام اختلاف پتانسیل آرامش دارند. در اثر تحریک یاختهٔ عصبی در اثر ضربه، نور و یا هر عامل محیطی دیگر اختلاف پتانسیل داخل و خارج تغییر می‌کند و باعث ایجاد پیام عصبی می‌شود.

به رابطه های زیر دقت کنید:

$$q>0 \Rightarrow \Delta U<0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U}{q^+}} \Delta V<0$$

با توجه به رابطهٔ مقابل اگر بار مثبت و تغییر انرژی منفی باشد اختلاف پتانسیل منفی است.

$$q<0 \Rightarrow \Delta U>0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U}{q^-}} \Delta V<0$$

اگر بار ذره منفی و تغییر انرژی مثبت باشد اختلاف پتانسیل منفی است.

$$q>0 \Rightarrow \Delta U>0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U}{q^+}} \Delta V>0$$

اگر بار مثبت و تغییر انرژی مثبت اختلاف پتانسیل مثبت است.

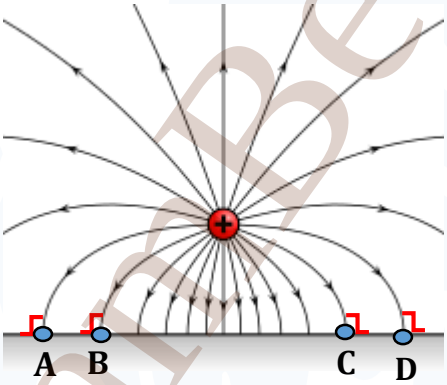
$$q<0 \Rightarrow \Delta U<0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U}{q^-}} \Delta V>0$$

اگر بار منفی و تغییر انرژی پتانیسیل الکتریکی منفی اختلاف پتانسیل الکتریکی مثبت است.

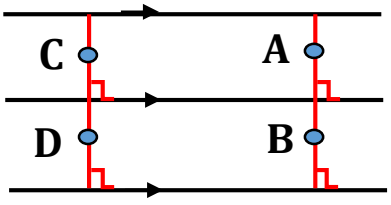
$$\theta=90^\circ \Rightarrow \Delta U=0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{0}{q}} \Delta V=0$$

اگر زاویه حرکت ۹۰ درجه باشد اختلاف صفر است.

نکته: اگر عمود بر خطوط میدان الکتریکی، خطی را رسم کنیم، تمام نقاط روی این خط هم پتانسیل هستند و یا در حالت سه بعدی، صفحهٔ هم پتانسیل هستند.(شکل های زیر)



$$V_A = V_B = V_C = V_D$$



$$V_A = V_B \Rightarrow V_C = V_D$$

یکای الکترون ولت: یکای انرژی الکتریکی در SI بر حسب ژول است و یکای فرعی آن الکترون – ولت است و با نماد e.V نمایش داده می‌شود.

$$e.V \underset{\div 1/6\times10^{-19}}{\overset{\times 1/6\times10^{-19}}{\rightleftarrows}} J$$

@GanBeGam_Darsi

رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی و میدان الکتریکی یکنواخت:

$$\Delta U = -|q_\circ| E.d.\cos\theta \xrightarrow[\cos\theta=\pm 1]{} |\Delta U| = |q_\circ| E.d \Rightarrow |\Delta V| = \frac{|\Delta U|}{|q_\circ|} = \frac{|q_\circ| Ed}{|q_\circ|} = Ed$$

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

$|\Delta V|$: اختلاف پتانسیل برحسب ولت

E: میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر

d: فاصله در امتداد یک خط میدان برحسب متر

نکته: یکای میدان در این رابطه برابر با ولت بر متر است و در رابطهٔ $E = \frac{F}{q}$ نیوتن بر کولن بنابراین رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\frac{F}{q} = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow \frac{N}{C} = \frac{V}{m}$$

کمیت های برابر — یکاهای برابر

نکته: فاصلهٔ d فاصلهٔ بین دو نقطه از میدان نیست بلکه d فاصلهٔ بین دو سطح عمود بر خط های میدان است که دو نقطه بر روی آن ها قرار دارند. ویژگی های هر کدام از این دو سطح ها این است که پتانسیل الکتریکی همهٔ نقاط بر روی آن ها یکسان است.

نکته: اگر نقطه ای را که پتانسیل آن کمتر است، نقطهٔ زمین (پتانسیل صفر) بگیریم، رابطهٔ فوق به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E = \frac{V - V_\circ}{d} \xrightarrow{V_\circ = \circ} E = \frac{V}{d}$$

نکته: وقتی میدان الکتریکی یکنواخت باشد می‌توان مقدار E در هر نقطهٔ دلخواه در میدان، مقداری ثابت است؛ پس می توان نوشت:

$$E = \frac{V_A - V_B}{d_1} = \frac{V_C - V_D}{d_2}$$

توزیع بار الکتریکی:

رسانای منزوی: جسم رسانایی را که به وسیلهٔ عایقی از محیط اطراف خود جدا شده و تحت تأثیر هیچ میدان الکتریکی خارجی ای نباشد، رسانای منزوی می‌گویند.

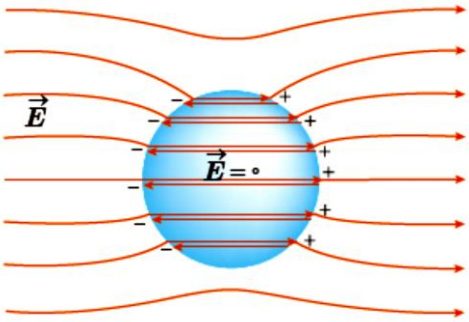
نکته: وقتی یک جسم رسانای منزوی را بادار می‌کنیم، بارهای الکتریکی، فقط روی سطح خارجی جسم رسانا پخش می‌شود و در داخل رسانا هیچ بار خالصی حضور نخواهد داشت.

نکته: وقتی به یک جسم رسانای منزوی بار اضافی می‌دهیم، در مدت بسیار کوتاهی میدان الکتریکی داخل آن صفر می‌شود. زیرا میدان الکتریکی در داخل رسانای منزوی باردار که در تعادل الکتروستاتیکی به سر می‌برد، صفر است.

نکته: در اجسام رسانای نوک تیز باردار، تراکم بار در نقاط نوک تیز بیشتر است.

@GamBeGam_Dars

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)



رسانای منزوی و خنثی در میدان الکتریکی خارجی:

اگر یک رسانای خنثای منزوی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دهیم، میدان الکتریکی به الکترون های آزاد رسانا نیرو وارد می‌کند و آن ها را جابجا می‌کند، به طوری که اثر میدان الکتریکی خارجی در درون رسانا خنثی می‌شود و میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر می‌شود.

نکته: همهٔ نقاط داخل و روی سطح رسانا، پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند. $W=0 \Rightarrow \Delta U=0 \Rightarrow \Delta V=\frac{\Delta U}{q}=\frac{0}{q}=0$

نکته: اگر جسم رسانا مانند کره دارای سطح متقارن باشد، در نبود میدان الکتریکی خارجی تراکم بار در تمام نقاط سطح خارجی آن یکسان است. اما در اجسام نامتقارن مانند مخروط تراکم بار در نقاط نوک تیز بیش تر از سایر نقاط است.

چگالی سطحی: مقدار بار الکتریکی در یکای سطح یک رسانا را چگالی سطحی بار می‌نامیم و رابطهٔ به صورت زیر است:

$$\sigma=\frac{Q}{A}$$

نکته: در حالت هایی که دو چگالی با هم مقایسه شود می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد. (شکل جسم کروی باشد)

$$\frac{\sigma'}{\sigma}=\frac{Q'}{Q}\times\frac{A}{A'}\Rightarrow\frac{\sigma'}{\sigma}=\frac{Q'}{Q}\times\left(\frac{R}{R'}\right)^{2}$$

خازن:

خازن ساختمان ساده ای دارد؛ دو رسانا با هر شکلی، که از محیط اطراف خود منزوی شده اند و در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند یک خازن هستند.

نکته: خازن یکی از پُرکاربردترین اجزای مدارهای الکتریکی است. و کار آن ذخیرهٔ انرژی و بار الکتریکی می‌باشد.

توجه: تفاوت باتری و خازن این است که باتری انرژی اش را با آهنگ نسبتاً کم و در دراز مدت به مدار می‌دهد، اما خازن باردار انرژی اش را به صورت ناگهانی و با آهنگ بسیار بیشتر به مدار می‌دهد.

نکته: خازن وسیله ای مناسب برای فلاش دوربین ها می‌باشد.

خازن تخت: این خازن دو سطح تخت رسانای موازی هم در فضای بین دو صفحه می‌تواند خلأ ، هوا و یا یک مادهٔ نارسانای دیگر باشد.

نکته: به مادهٔ نارسانایی که فضای بین دو صفحه را پُر می‌کند دی الکتریک می‌گوییم.

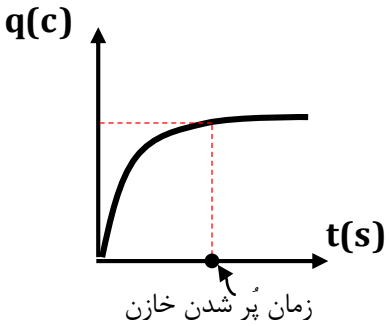
@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: وقتی خازن در حال پُر شدن است جریان از خود عبور می‌دهد ولی وقتی پُر شود جریان از خود عبور نمی‌دهد.

نکته: وقتی خازن شارژ می‌شود، می‌گوییم دارای بار q است و منظور این است که روی یک صفحه، بار $+q$ و روی صفحهٔ دیگر $-q$ قرار دارد در این حالت فقط یک تفکیک بار صورت گرفته است و بار خالصی خلق نشده است.

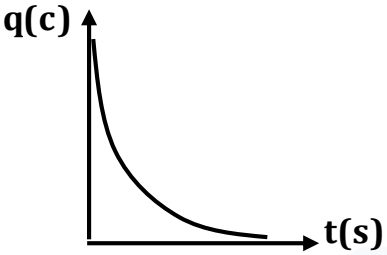
نمودار بار الکتریکی و زمان خازن وقتی در حال پُرشدن است به صورت زیر است:



در ابتدا خازن خالی است و هیچ باری ندارد. و جابجایی کردن بار روی صفحات خازن به راحتی و به سرعت انجام می‌پذیرد. با گذشت زمان و پُر شدن خازن، انتقال بار روی صفحات خازن سخت تر و کند تر می‌شود و پس از پُر شدن خازن، با گذشت زمان، بار خازن تغییر نمی کند.

تخلیه خازن: اگر خازن بارداری به یک مصرف کننده متصل کنید یا دو صفحه خازن را با سیم به یکدیگر متصل کنید، الکترون ها از صفحهٔ منفی به طرف صفحهٔ مثبت منتقل می‌شوند تا هر دو صفحه خنثی شوند.

نمودار تخلیه بر حسب ثانیه به صورت شکل مقابل است:



ظرفیت خازن: ظرفیت یک خازن بر اساس ساختار هندسی آن مشخص و تعیین می‌گردد. که عبارت از:

- دی الکتریک
- اندازهٔ مساحت مشترک صفحات
- فاصلهٔ بین صفحات

$$C = K\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

ظرفیت خازن بر حسب فاراد

اندازهٔ سطح بر حسب متر مربع

دی الکتریک بدون یکا

ضریب گذر دهی الکتریکی در خلأ

اندازهٔ فاصلهٔ دو صفحه به متر

نکته: ثابت گذردهی در خلأ همیشه مقدار ثابتی دارد و برابر با : $(\varepsilon_{\circ} \simeq 9\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2})$

نکته: اگر مشخصات ظاهری یا ساختمانی خازن تختی تغییر کند، می‌توانید از رابطهٔ زیر کمک بگیرید:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1}\times\frac{A_2}{A_1}\times\frac{d_1}{d_2}$$

نکته: ضریب دی الکتریک هوا و خلأ یک می‌باشد. البته ضریب دی الکتریک هوا تقریباً برابر یک است.

نکته: ضریب فاراد واحد بزرگی است و در عمل از یکای کوچکتر مثل میلی فاراد و میکرو فاراد و پیکو فاراد استفاده می‌کنیم.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: اگر خازن به باتری وصل باشد اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند. و اگر خازن پُر شود و از باتری جدا شود مقدار بار الکتریکی ثابت می‌ماند.

چند کاربر از خازن ها:

- ❖ میکروفون خازنی: در اثر صدا، صفحهٔ متحرک خازن به ارتعاش در می‌آید و به همین دلیل ظرفیت خازن تغییر می‌کند و باعث ایجاد سیگنال الکتریکی می‌شود که این سیگنال به آمپلی فایر فرستاده و با تقویت سیگنال باعث ایجاد صدای بلند، در بلند گو می‌شود.

- ❖ صفحه کلید خازنی: در زیر هر کلید، خازنی با دی الکتریک انعطاف پذیر قرار دارد. با فشردن کلید، ظرفیت خازن تغییر می‌کند و این تغییر توسط پردازنده ها آشکار شده و تشخیص داده می‌شود که کدام کلید فشرده شده است.

- ❖ کیسهٔ هوای اتومبیل: در کیسهٔ هوای اتومبیل خازنی وجود دارد که شامل یک صفحهٔ ثابت و یک صفحهٔ متحرک است. در اثر حرکت اتومبیل و کم و زیاد شدن سرعت اتومبیل ظرفیت خازن تغییر می‌کند. در ترمزهای بسیار ناگهانی و یا ضربات ناگهانی اتومبیل در اثر تصادفات، ظرفیت خازن به طور ناگهانی تغییر می‌کند. این تغییرات باعث فعال شدن کیسهٔ هوا می‌شود.

ساختمان دی الکتریک و عملکرد آن در خازن:

مواد دی الکتریک می‌توانند قطبی یا غیر قطبی باشند اما نکتهٔ مهم در این جا است که مولکول های غیر قطبی هم وقتی در میدان قرار گیرند، قطبی می‌شوند.

نکته: در یک میدان خارجی دو قطبی های الکتریکی می‌خواهند در یک جهت میدان الکتریکی هم سو شوند ولی به دلیل حرکت کاتوره ای گرمایی که دارند، این هم سویی کامل نیست.

نکته: دو عامل کاهش دما و افزایش برزگی میدان می‌تواند در هم ردیف شدن قطبی ها کمک کند.

نکته: وارد کردن دی الکتریک بین صفحه های خازن باعث می‌شود میدان الکتریکی بین صفحات کاهش یابد. کاهش میدان باعث کاهش اختلاف پتانسیل دو سر خازن می‌شود.

نکته: ظرفیت خازن با اختلاف پتانسیل رابطهٔ عکس دارد کاهش اختلاف پتانسیل باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شود.

نتیجه: وارد کردن دی الکتریک بین صفحات خازن ظرفیت را افزایش می‌دهد.

فروریزش الکتریک: اختلاف پتانسیل یا میدان بین صفحه های خازن را تا حد معینی می‌توانیم افزایش دهیم. اگر اختلاف پتانسیل یا میدان الکتریکی را از آن حد بیشتر کنیم، خازن دچار فروریزش الکتریکی می‌شود.

نکته: معمولاً ولتاژ قابل تحمل هر خازن با نماد $\mathbf{V_b}$ روی خازن نشان می‌دهند.

انرژی خازن: باتری برای ذخیرهٔ انرژی $\frac{1}{2}\mathbf{VQ}$ در خازن، به اندازهٔ VQ انرژی مصرف می‌کند. یعنی همیشه و تحت هر شرایطی نیمی از انرژی که مولد مصرف می‌کند، در خازن ذخیره می‌شود و نیمی دیگر به صورت گرما هدر می‌رود.

@GamBeGam_Darsi

نکات و مفاهیم فصل اول (الکتریسیته ساکن و خازن)

نکته: هنگام استفاده از فرمول های انرژی $U=\frac{1}{2}V.Q \rightarrow U=\frac{1}{2}CV^2 \rightarrow U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ لازم نیست که همهٔ یکاها (به جز اختلاف پتانسیل) در SI باشند.

نکته: رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ بیشتر در شرایطی که ولتاژ یکسان یا ثابت است به کار می‌رود. چرا که اگر ولتاژ ثابت باشد، U و C رابطهٔ مستقیم دارد.

نکته: رابطهٔ $U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ بیشتر در مواقعی که بار ثابت یا یکسان است استفاده می‌شود. طوری که اگر Q ثابت باشد، U و C رابطهٔ عکس دارد.

انواع خازن:

- خازن ورقه ای: این خازن ها معمولاً از دو ورقهٔ آلومینیم یا قلع ساخته شده اند و بین آن ها کاغذ آغشته به روغن قرار دارد. این ورقه ها را لوله کرده و در محفظهٔ پلاستیکی قرار می‌دهند. ظرفیت در حدود نانوفاراد و میکروفاراد است.

- خازن میکا: در این خازن ها بین ورقه های قلع، نازک میکا قرار می‌دهند و ورقه های قلع را در میان به هم وصل می‌کنند تا ظرفیت در حدود پیکوفاراد به دست آید.

- خازن سرامیکی: دی الکتریک این خازن ها از جنس سرامیک است و ظاهر این خازن عدسی شکل است.

- خازن الکترولیتی: ظرفیت این خازن ها در حدود $0/1F$ است. بین صفحات، اسفنج های آغشته به موادی مانند انواع مختلف فسفات یا کربنات قرار دارد.

- ابرخازن: این خازن ها در حدود کیلوفاراد نیز ظرفیت دارند. با استفاده از فناوری نانو نوعی الکترولیت استفاده می‌شود که مساحت بسیار بزرگی ایجاد می‌کنند تا ظرفیت های بالا ایجاد شود.

- خازن متغییر: تعدادی از صفحات این خازن ها ثابت و تعدادی متحرک هستند. با حرکت صفحه های متحرک، ظرفیت این خازن ها تغییر می‌کند.

نکته: یکی کاربردهای جالب خازن ها منظم کردن کارکرد قلب است. دستگاه دفیبریلاتور خازنی با ولتاژ $6KV$ شارژ می‌شود. که می‌تواند پالس بسیار قوی ایجاد کند و باعث نظم کاری قلب می‌شود.

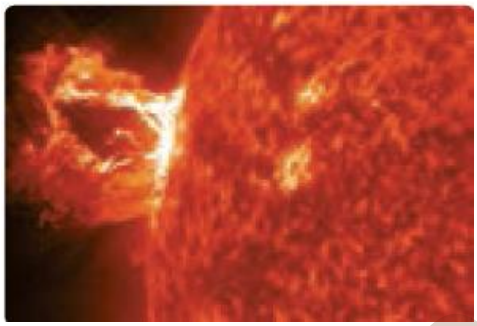
@GamBeGam_Darsi

توجه : در فصل پیش با بار الکتریکی، میدان الکتریکی و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از میدان الکتریکی آشنا شدیم و به بررسی بر هم کنش های بارهای الکتریکی در حالت سکون پرداختیم.

اما در این فصل : جریان الکتریکی می پردازیم که با شارش بارهای الکتریکی از یک ناحیه به ناحیه دیگر به وجود می آید.

به فراوانی می توان مثال هایی از جریان الکتریکی بیان کردکه عبارتند از: انرژی مورد نیاز صفحه نمایشگرهایی مانند صفحه نمایشگر تلفن همراه توسط باتری هایی تأمین می شود که از طریق سیم های رسانایی که در آنها بارهای الکتریکی در جریان اند به نمایشگر تلفن همراه شما متصل اند

مهندسان برق با دستگاه های الکتریکی بی شماری از قبیل مولدهای برق و دستگاه های ذخیره اطلاعات سر و کار دارند و مهندسان مخابرات نگران اختلالات ناشی از زبانه های خورشیدی هستند .

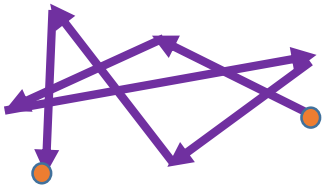


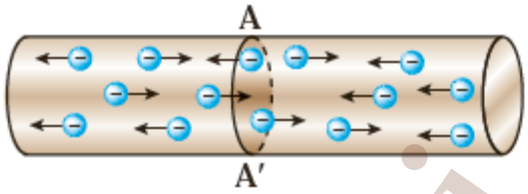
فیزیولوژیست ها و مهندسان پزشکی با جریان های الکتریکی در رشته های عصبی ای سر و کار دارند که ماهیچه ها را کنترل می کنند .
شکل مقابل یک زبانهٔ خورشیدی حلقهٔ عظیمی از الکترون ها و پروتون هاست که از سطح خورشید رو به بیرون آن امتداد دارد.برخی از زبانه های خورشیدی از هم می پاشند و این ذرات باردار را به فضا پرتاب می کنند.

سوال اساسی ومهم : چرا هر مجموعه ای از بارهای متحرک لزوماً جریان الکتریکی ایجاد نمی کند؟
در واقع برای اینکه جریان الکتریکی داشته باشیم باید یک انتقال خالص بار از یک سطح معین رخ دهد که به این منظور نیاز به ابزاری مانند باتری داریم تا با ایجاد یک میدان الکتریکی، بارها را در راستای معینی به حرکت درآورد.

حرکت الکترون ها را در غیاب اختلاف پتانسیل (میدان الکتریکی) چگونه است ؟
سیمی فلزی را در نظر بگیرید .الکترون های آزاد در طول یک سیم مسی با سرعت هایی از مرتبه $10^6 \frac{m}{s}$ در حرکت اند، ولی این حرکت به طور **کاتوره ای** در همه جهت ها است و بنابراین **هیچ شارش خالص باری** از مقطعی معین نداریم .شکل مقابل:

@GamBegan_Dars





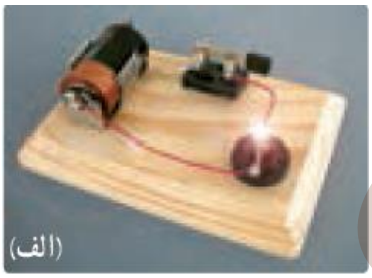
ازطرفی در فصل پیش دیدیم **همه نقاط رسانای منزوی که به تعادل الکتروستاتیکی رسیده است**، صرف نظر از اینکه بار اضافی داشته باشد یا نه، **پتانسیل یکسانی دارد و میدان الکتریکی در تمام نقاط درون آن صفر است** .بنابراین، **گرچه در سیم الکترون های آزاد داریم، ولی هیچ نیروی خالص الکتریکی بر آنها وارد نمی شود و درنتیجه، هیچ جریانی در آن وجود ندارد**.

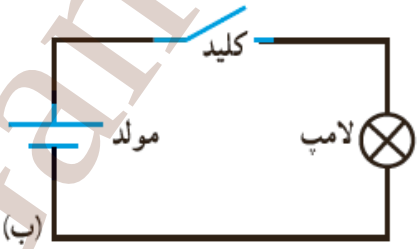
بنا بر آنچه که گفته شد همه نقاط این سیم، پتانسیل یکسانی دارد و جریانی در سیم وجود ندارد.

یک مدار الکتریکی ساده شامل چه قسمت هایی است؟

شکل **الف)** یک مدار الکتریکی ساده که از لامپ، باتری، کلید و سیم های رابط تشکیل شده است.

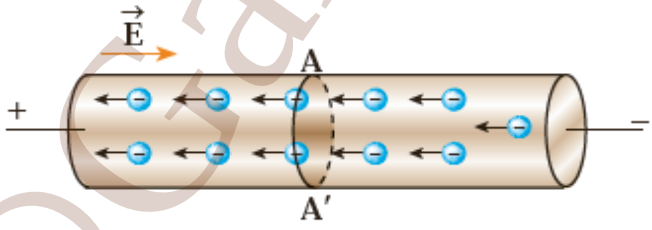
شکل **ب**)معمولاً برای رسم مدار از نمادهای استاندارد شده ای برای نشان دادن اجزای مدار استفاده می شود.





حرکت الکترون ها را در هنگام حضور اختلاف پتانسیل (میدان الکتریکی) چگونه است ؟

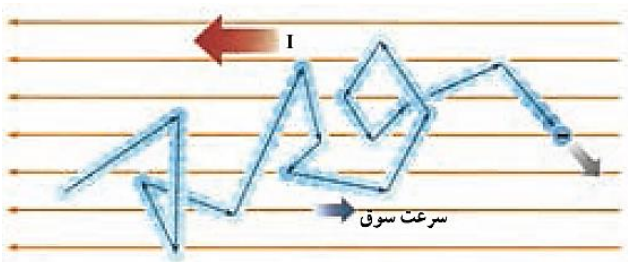
اگر این سیم را در یک مدار الکتریکی مانند شکل بالا قرار دهیم، **یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم و میدانی الکتریکی درون آن** ایجاد می شود و **باعث حرکت الکترون های آزاد در سیم و ایجاد جریان** می شود مانند شکل مقابل به طوری که می تواند لامپ نشان داده شده در مدار بالا را روشن کند .در واقع وقتی میدان الکتریکی را به فلز اعمال می کنیم، **الکترون ها حرکت کاتوره ای خود را قدری تغییر می دهند** و با **سرعتی متوسط** موسوم به **سرعت سوق** در **خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته ای سوق پیدا می کنند** که این **موجب جریان الکتریکی** در رسانا می شود .



@GamBeGam_Darsi

اندازه سرعت سوق معمولا" چه قدر است ؟ سرعت سوق در یک رسانای فلزی معمولاً کمتر از $1\ \frac{mm}{s}$ است.

شکل زیرمسیر زیگ زاگ یک الکترون آزاد در یک رسانای فلزی .در حضور میدان الکتریکی، این مسیر زیگ زاگ در خلاف جهت میدان سوق می یابد.



فعالیت : سرعت سوق الکترون های آزاد در یک رسانا می تواند به کندیِ سرعت حرکت یک حلزون باشد . اگر سرعت سوق الکترون ها این قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می زنیم چراغ های خانه به سرعت روشن می شوند؟ **راهنمایی** : شیلنگ شفافی را در نظر بگیرید .وقتی شیر را باز می کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می شود؛ ولی اگر لکه ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می بینیم این لکه رنگی به آهستگی در آب حرکت می کند.

جریان الکتریکی متوسط:

فرض کنید بار خالص Δq در بازه زمانی Δt از مقطعی از رسانا می گذرد .نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ را **جریان الکتریکی متوسط** می گویند. اگر این آهنگ ثابت باشد، جریان برابر است با :

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

بار الکتریکی (Δq) برحسب کولن (C) ، مدت زمان (Δt) برحسب ثانیه (s) و جریان $(\bar{I})$ برحسب آمپر (A) است.

برخی از مقادیر تقریبی جریان های متداول عبارت اند از:

برای یک لامپ حبابی $100\ W$، $200\ A$ برای استارت خودرو، $1mA$ برای تأمین انرژی نمایشگر MP3 ، $1nA$ ، برای جریان های نورون های مغزی، $10kA$ در یک یورش آذرخش، و $1GA$ در بادهای خورشیدی.

توجه : در این فصل با جریان های مستقیم سروکار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی کند و مقدار جریان ثابت می ماند.

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

الف) در این مدت چه مقدار بار از مدار می گذرد؟ **ب)** باتری چقدر انرژی به مدار ماشین حساب می دهد؟

@GamBeGam_Darsi

مثال: در رابطه $\Delta q = I\Delta t$ اگر برحسب آمپر و Δt برحسب ساعت باشد یکای Δq ، آمپر ساعت می شود .باتری خودروها یا گوشی های همراه عموماً با آمپر ساعتِ آنها مشخص می شود و هرچه آمپر ساعتِ یک باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

الف) باتری استاندارد خودرویی، $50\ \text{Ah}$ آمپر ساعت است .اگر این باتری به طور متوسط جریان $5\ \text{A}$ را فراهم سازد، چقدر طول می کشد تا خالی شود؟

ب) آمپر ساعت نوعی از باتری های قلمی (AA) ،برابر $1000\ mA$ میلی آمپر ساعت است .اگر این باتری ها به طور متوسط جریان $100\ \mu A$را فراهم سازد، چقدر طول می کشد تا خالی شود؟

تمرین : جمله های درست ونادرست را تعیین کنید وجمله های نادرست را تصحیح کنید.

الف) هررسانا دارای تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد است. درست: ..... نادرست : .....

ب)میدان الکتریکی درون یک رسانای حامل جریان صفر است. درست: ..... نادرست : .....

پ)الکترون های آزاد هنگام حرکت درون رسانا با اتم های تشکیل دهنده آن برخورد می کنند.

درست: ..... نادرست : .....

ت) الکترون های آزاد درون رسانا ،ازپتانسیل کم تر به طرف پتانسیل بیش تر می روند.

درست: ..... نادرست : .....

ث) هرگاه ولتاژ دوسر رسانایی صفر باشد، آهنگ شارش بار خالص از یک مقطع فرضی آن نیز صفر است.

درست: ..... نادرست : .....

ج)حرکت الکترون های آزاد درون رسانا به طور مستقیم و در جهت میدان الکتریکی است.

درست: ..... نادرست : .....

چ)هر آمپر برابر یک کولن در ثانیه است . درست: ..... نادرست : .....

ح) آمپر ساعت یکای جریان الکتریکی متوسط است. درست: ..... نادرست : .....

مثال: جریان الکتریکی عبوری از مداری $2.8A$ است، چه مدت طول می کشد تا از یک مقطع فرضی این مدار $840\mu C$ بار الکتریکی بگذرد.

@GamBeGam_Dars

مثال: از سیم گرماده یک کتری برقی جریان ثابت $4\ A$ می گذرد.

الف) در مدت $t = 3\ min$ چه مقدار بار الکتریکی از یک مقطع فرضی این سیم می گذرد.

ب) این مقدار بار برابر چه تعداد الکترون است؟

تمرین: یک باریکه الکترون جریانی برابر $150\ \mu A$ منتقل می کند . این باریکه ، صفحه یک تلویزیون را در هر ثانیه 30 مرتبه جاروب می کند .

الف) در یک جاروب کامل چه مقدار بار به صفحه تلویزیون منتقل می شود.

ب) اگر مساحت صفحه تلویزیون $1600\ cm^2$باشد. شمار الکترون هایی را که در هرجاروب به $1\ cm^2$از آن می رسد، را پیدا کنید.

تمرین :

الف) اگر جریانی به شدت $10\ mA$ از یک رسانایی عبور کند ، در هر ثانیه چند کولن بار الکتریکی از هر مقطع فرضی آن می گذرد.

ب) یک کارخانه سازنده باتری ادعا می کند که باتری های ساخت آن ها می توانند می توانند جریانی به شدت $3A$ را در مدت $12\ h$ تامین کنند. دراین مدت چند کولن بار از باتری می گذرد؟ این مقدار بار معادل بار چه تعداد الکترون است ؟

تمرین : بادلیل بیان کنید که در کدام یک از شکل های زیر، لامپ روشن می شود؟

@GamBeGam_Darsi

منظور از اینکه رسانایی دارای مقاومت الکتریکی است یعنی چه ؟

وقتی در مداری الکتریکی کلید را می بندیم یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم ایجاد می شود و باعث حرکت الکترون های آزاد در سیم مدار می شود .این الکترون ها با اتم های رسانا که در حال نوسان اند برخورد می کنند و این موضوع باعث گرم شدن رسانا می شود. در واقع الکترون های آزاد هنگام حرکت در رسانا همیشه با نوعی مقاومت روبه رو هستند .اصطلاحاً می گوییم رسانا دارای **مقاومت الکتریکی** است.

تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان،دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت جریان های مختلفی را از خود عبور می دهند؟

سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور می دهد و بالعکس.

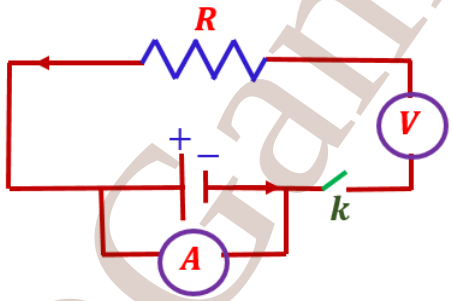
وسایل رسانشی چه نوع وسایلی هستند؟ ومشخصه این نوع وسایل چیست؟

وسیله هایی که جریان الکتریکی را از خود عبور می دهند، وسیله های رسانشی نامیده می شوند .
این وسیله ها ممکن است با تغییر اختلاف پتانسیل اعمال شده و در نتیجه تغییر جریان عبوری مقاومت ثابتی از خود بروز دهند و یا با تغییر اختلاف پتانسیل، مقاومت شان تغییر کند. به آن **وسیله رسانشی، وسیله ای اُهمی** گفته می شود.
به عبارتی آن وسیله از **قانون اُهم** پیروی می کند که بیان می دارد جریان عبوری از یک وسیله همواره با اختلاف پتانسیل اعمال شده به آن رابطه مستقیمی دارد.

آمپر سنج (A) : وسیله اندازه گیری شدت جریان درمدار است ، مقاومت آن بسیار ناچیز است . در مدار سری (متوالی) بسته می شود . اگر اشتباها" موازی بسته شود اتصال کوتاه ایجاد کرده و جریان آن قسمت از مدار را قطع می کند.

ولت سنج (V) : وسیله اندازه گیری اختلاف پتانسیل درمدار است ، مقاومت آن بسیار زیاد است . در مدار موازی (شاخه ای) بسته می شود . اگر اشتباها" متوالی بسته شود جریان کل مدار را قطع می کند.

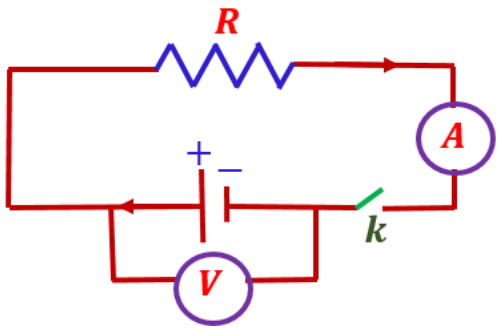
مثال : در شکل زیر سه ایراد اساسی وجود دارد. آن ها را پیدا کنید وشکل درست را رسم کنید. ۰(با بیان دلیل کافی)



@GamBeGam_Darsi

قانون اهم:

نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مدار (v) به شدت جریان عبوری (I) از مدار در دمای ثابت مقداری ثابت است به این مقدار ثابت مقاومت الکتریکی رسانا می گویند وبرابر است با:



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

یکای آن $\Omega = \frac{v}{A}$ یا $\text{اهم} = \frac{\text{ولت}}{\text{آمپر}}$

تمرین : آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوان قانون اهم را نشان داد.

نکته مهم : این قانون برای اغلب فلزات و بسیاری از رساناهای غیر فلزی در دمای ثابت برقرار است.

جدول پایین مقادیر اندازه گیری شده برای جریان و اختلاف پتانسیل یک وسیله رسانشی را نشان می دهد که از قانون اُهم پیروی می کند

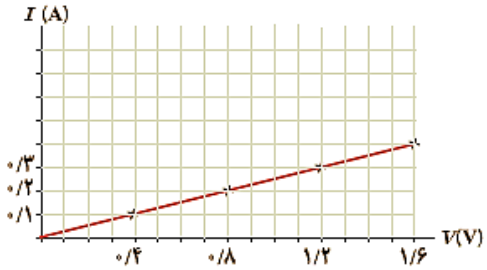
جدول مقادیری برای یک رسانای اهمی		
مقاومت $R(\Omega)$	جریان $I(A)$	اختلاف پتانسیل $V(v)$
4	0,1	0,4
4	0,2	0,8
4	0,3	1,2
4	0,4	1,6
4	0,5	2

تمرین : جدول زیرمقادیری برای یک رسانای اهمی را در هنگام آزمایش قانون اهم نشان می دهد . نمودارهای $v - I$ و $I - v$ رارسم کنید وشیب نمودار معرف چه کمیتی است؟

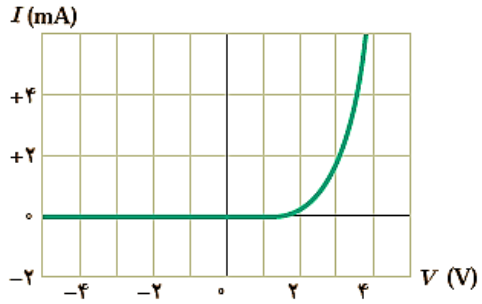
مثال: درمدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $V = 4v$ ومقاومت آن $R = 5\Omega$ در مدت $t = 5\ min$ چه تعداد الکترون از لامپ می گذرد؟

@CamBeGam_Darsi

توجه: وسیله های رسانشی ای وجود دارند که از قانون اهم پیروی نمی کنند به این وسایل رسانای غیراهمی می گویند . مثل دیود نوری (LED) است.



نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل نشان می دهد که برای این رسانای اُهمی، جریان به طور مستقیم با ولتاژ افزایش می یابد.

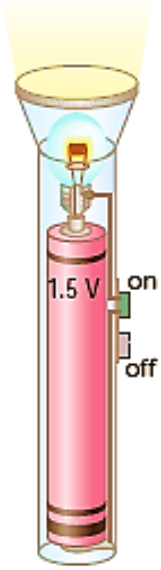


نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل برای یک دیود نوری (LED)

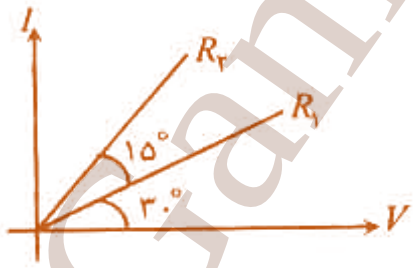
مثال: یک لامپ چراغ قوه کوچک از یک باتری $1.5\,V$ ، جریانی برابر $300mA$ می کشد .با فرض آنکه رشته لامپ یک رسانای اُهمی باشد،

الف) مقاومت آن چقدر است؟

ب) اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ به $1.2\,V$ افت کند، جریان چقدر تغییر می کند؟

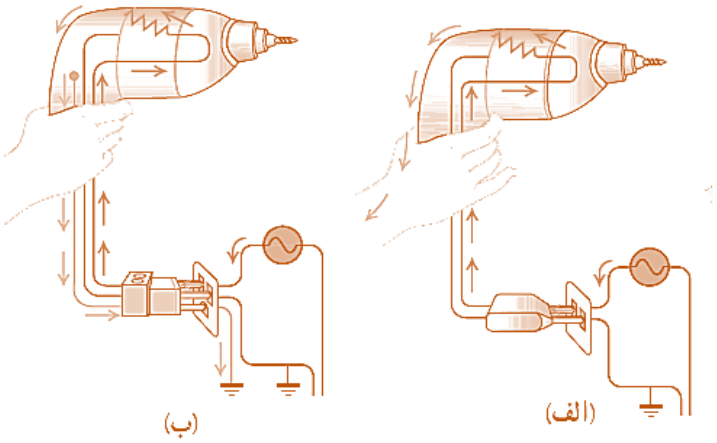


تمرین: در شکل زیر نمودار $I-V$ برای دو مقاومت R_1 R_2 , داده شده است چه رابطه‌ای بین R_1 , R_2 وجود دارد؟



@GamBeGam_Darsi

مثال: بررسی کنید اگر مته برقی(دریل)معیوبِ شکل های زیررا با دوشاخه(شکل الف)یا سه شاخه (شکل ب)به پریز وصل کنیم، چه رخ می دهد؟



مثال: آذرخش مثالی جالب از جریان الکتریکی در پدیده های طبیعی است. دریک آذرخش نوعی $1 \times 10^9 j$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل $5 \times 10^7 \ v$ درباره زمانی $\Delta t = 0.2 \ s$ آزاد می شود . با استفاده از اطلاعات :

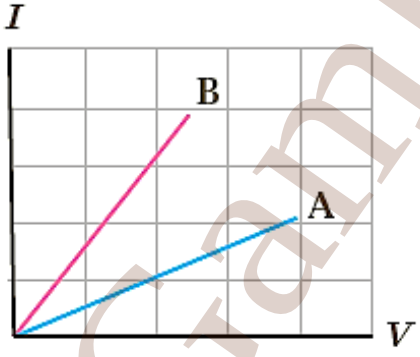
الف) مقدار بار کل منتقل شده بین ابر وزمین . **ب)** جریان متوسط در یک یورش آذرخش.

پ) توان الکتریکی آزاد شده در $\Delta t = 0.2 \ s$ را بدست آورید.

مثال: در آزمایش تحقیق قانون اهم، نتایج جدول زیر به دست آمده است. نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و با فرض ثابت ماندن دما تعیین کنید در چه محدوده ای رفتار این مقاومت از قانون اهم پیروی می کند .

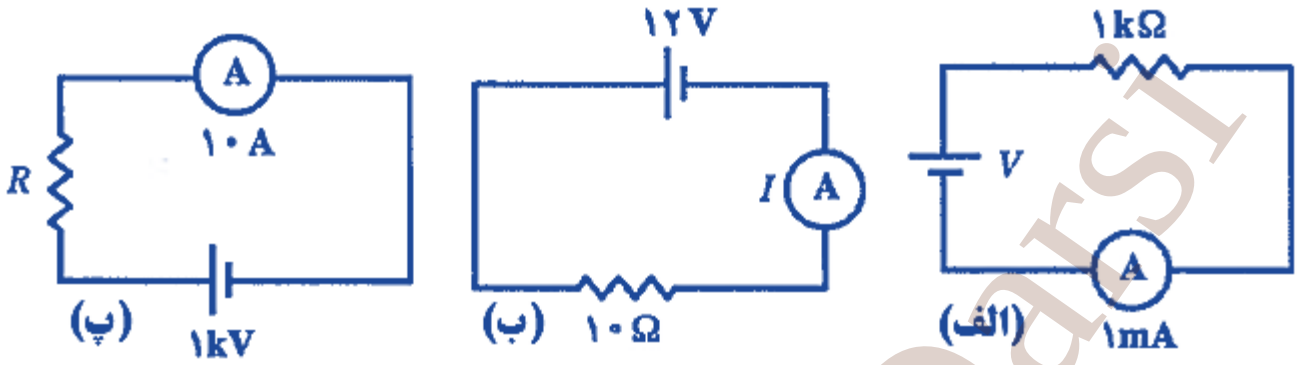
شماره آزمایش	عدد ولت سنج(V)	عدد آمپر سنج(A)
۱	۰	۰
۲	۱,۶	۰,۱۶
۳	۴,۴	۰,۴۳
۴	۷	۰,۶۸
۵	۹	۰,۷۲
۶	۱۰	۰,۷۵

مثال: شکل زیر نمودار $I - V$ را برای دورسانا A و B نشان می دهد. مقاومت کدام یک بیشتر است؟ چرا؟



@GamBeGam_Darsi

مثال: درهریک از مدارهای زیر اندازه کمیت های مجهول $(R\ .I.V)$ را به دست آورید.



عوامل موثر بر مقاومت رساناهای فلزی:

همان‌طور که گفتیم $\frac{V}{I}$ مقدار ثابتی است یعنی R ربطی به I و V ندارد. بلکه مقاومت به مشخصات خود رسانا بستگی دارد. این مشخصات را به صورت زیر بررسی می‌کنیم:

۱) مقاومت رسانا با طول آن نسبت مستقیم دارد: **(1) طول رسانا ℓ $\propto$ R مقاومت رسانا**

(هر چقدر طول رسانا بیشتر باشد، الکترون هنگام حرکت در مسیر طولانی‌تری با اتم‌های رسانای درگیر است).

۲) مقاومت رسانا با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد.

$$R \propto \frac{1}{A} \quad (2)$$

سطح مقطع رسانا

(هنگامی که سطح مقطع زیاد باشد، الکترون راحت‌تر حرکت می‌کند.)

$$\xrightarrow{1\text{و}2} R \propto \frac{\ell}{A}$$

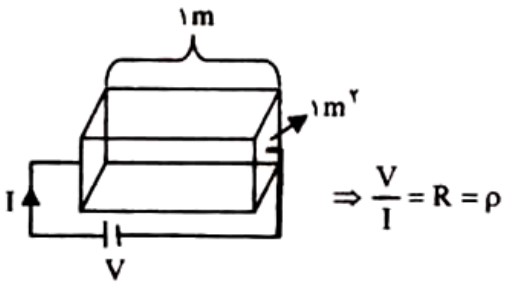
برای تبدیل تناسب فوق به تساوی نیاز به ضریبی داریم که **این ضریب به جنس رسانا بستگی دارد** و این ضریب را با علامت ρ نشان می‌دهیم و به آن مقاومت ویژه‌ی رسانا می‌گوییم.

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

$$\text{مقاومت}\ (\Omega\text{اهم}) = \text{مقاومت ویژه}\ (\Omega.m\ \text{اهم} \times \text{متر}) \times \frac{\text{طول رسانا}\ (m\ \text{متر})}{\text{سطح مقطع رسانا}\ (m^2\ \text{متر مربع})}$$

@GanBeGam_Darsi

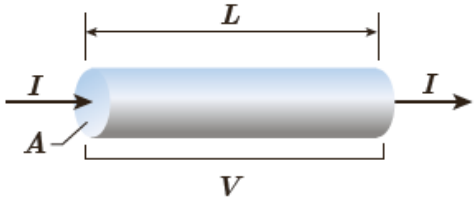
مقاومت ویژه‌ی رسانا: مقاومت ویژه‌ی یک رسانا برابر مقاومت قطعه‌ای از آن رسانا است که طول آن $1m$ متر و سطح مقطع آن $1m^2$ متر مربع باشد.



$$\left.\begin{matrix}\ell = 1m \\ A = 1m^2\end{matrix}\right\} \rightarrow \rho = R$$

مقاومت ویژه یک ماده **به ساختار الکترونی و دمای آن بستگی دارد** .رساناهای الکتریکی خوب مقاومت ویژه بسیار کم و عایق های خوب مقاومت ویژه بسیار زیادی دارند .

نکته : معمولاً رساناها به شکل استوانه هستند، اگرشعاع مقطع آن‌ها r و یا قطر مقطع آن‌ها D باشد، می‌توان نوشت



$$R = \rho\frac{\ell}{A} = \rho\frac{\ell}{\pi r^2} = \frac{\rho\ell}{\pi^{D^2}/_4} = \frac{4\rho\ell}{\pi^{D^2}}$$

مقایسه مقاومت دو رسانا: $$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

مثال: دو سیم مسی به طول 1 داریم اگر قطر مقطع سیم (1) دو برابر قطر مقطع سیم (2) باشد نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ را به دست آورید.؟

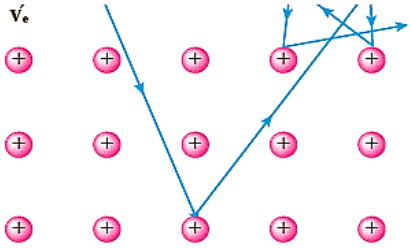
نیم رسانا چه موادی هستند: دسته ای از مواد مانند **ژرمانیم** و **سیلیسیم** نیز وجود دارند که مقاومت ویژهآنها بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناها است .به این دسته از مواد، **نیم رسانا** می گویند.

تغییر مقاومت ویژه با دما: اگر یک رسانای فلزی داشته باشیم وقتی دمای آن افزایش یابد، گرچه تعداد حامل های بار(الکترون های آزاد)تقریبا ثابت می ماند، ولی ارتعاشات کاتوره ای اتم ها و یون های آن افزایش می یابد و این موجب افزایش برخورد حامل های بار با شبکه اتمی رسانای فلزی می شود.
این ترتیب، مقاومت رسانا در برابر عبور جریان زیاد می شود.

@GamBeGam_Darsi

آزمایش نشان می دهد که مقاومت ویژه ρ فلزات در یک گستره دمای نسبتاً بزرگ با دما تقریباً به طور خطی تغییر می کند. $\rho = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)] \rightarrow R = R_0[1+\alpha(T-T_0)]$

α: ضریب دمایی مقاومت که به جنس رسانا بستگی دارد و یکای آن $\frac{1}{K}$ ویا $\frac{1}{^\circ C}$



نکته : باتوجه به شکلحرکت الکترون در داخل شبکهٔ بلوری فلز .با افزایش دما، ارتعاشات شبکه و درنتیجه برخوردالکترون ها با شبکه افزایش می یابد

افزایش دما چه تاثیری در مقاومت ویژه نیم رسانا دارد؟

اگریک نیم رسانا داشته باشیم، در دماهای **پایین** تعداد حامل های بار ناچیز است **و نیم رسانا** مانند یک **نارسانا** رفتار می کند .با افزایش دما، نشان داده می شود برتعداد این حامل های بار افزوده می گردد .گرچه با افزایش دما تعداد برخوردهای کاتوره ای حامل های بار با شبکه اتمی افزایش می یابد اما تأثیر افزایش حامل های بار بیشتر از افزایش این برخوردهای کاتوره ای است و به این ترتیب **مقاومت ویژه نیم رساناها با افزایش دما کاهش** می یابد.

نکته بسیار مهم : همان طورکه مشاهده می کنید این **ضریب برای نیم رساناها منفی است** .بنابراین، **مقاومت ویژه نیم رساناها با افزایش دما، کاهش** می یابد.

مثال: شکل روبه رو المنت یک اجاق برقی را نشان می دهد .این المنت شامل سیمی به طول $1.1m$ و سطح مقطع $3.1 \times 10^{-6} m^2$ است که داخل ماده عایقی قرار گرفته است که خود درون یک غلاف فلزی است . با عبورجریان، المنت داغ می شود .مقاومت ویژه ماده سازنده سیم در دمای $T_0 = 320\,k$ برابر با $\rho_0 = 6.8 \times 10^{-5} \Omega.m$ است و ضریب دمایی مقاومت ویژه آن $2 \times 10^{-3} K^{-1}$ است .مقاومت سیم در دمای $T = 420\,k$ چقدر است؟

مثال: دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده اند و طول یکسانی دارند .رسانای A سیم توپری به قطر $1mm$ است .رسانای B لوله ای توخالی به شعاع خارجی $2mm$ و شعاع داخلی $1mm$ است .مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟

@GanBeGam_Darsi

تمرین: در ماشین های چمن زنی برقی برای مسافت های حداکثر تا $35\ m$ از سیم های مسی نمره۲۰ $(d = 0.08\ mm)$ برای مسافت های طولانی تر از سیم های ضخیم تر نمره ۱۶ $(d = 0.13\ mm)$ استفاده می کنند تا بدین ترتیب مقاومت سیم را تا آنجا که ممکن است کوچک نگه دارند .

الف) مقاومت یک سیم $l = 30\ m$ متری ماشین چمن زنی چقدر است؟

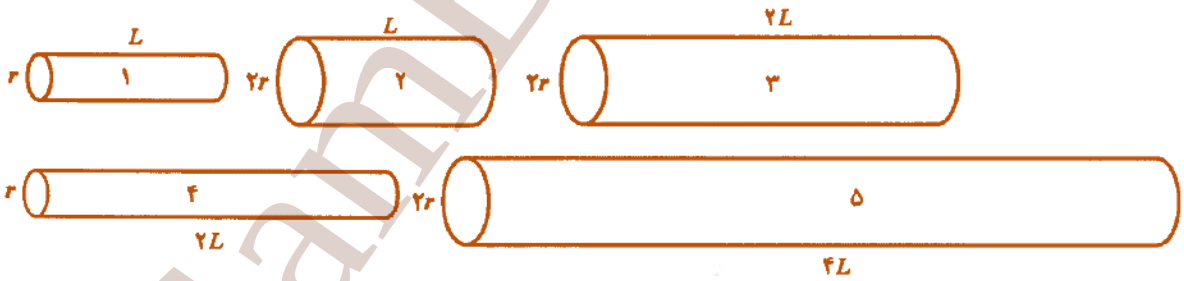
ب) مقاومت یک سیم $l = 70\ m$ متری ماشین چمن زنی چقدر است؟

(دمای سیم ها را $\theta = 20°C$ درنظر بگیرید).

مثال: همان طور که در کتاب فیزیک 1 خود دیدید دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج معیار برای اندازه گیری دما است .از دماسنج مقاومت پلاتینی می توان برای اندازه گیری دقیق دما در گستره دمایی حدوداً از $14K$ تا $1235K$ استفاده کرد .سوای این، باید توجه کرد که دماسنج های معمولی در دو انتهای این گستره کار نمی کنند و نمی توان از آنها برای اندازه گیری دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین استفاده کرد .اساس کار دماسنج های مقاومت پلاتینی مبتنی بر تغییر مقاومت الکتریکی با دما است .از این رو در این دماسنج ها از پلاتین استفاده می کنند که پلاتین تقریباً دچار خوردگی نمی شود و نقطه ذوب بالایی دارد.

فرض کنید در دمای $20°C$ مقاومت پلاتین یک دماسنج مقاومت پلاتینی 164Ωباشد .وقتی این دماسنج در م حلول خاصی قرار گیرد مقاومت آن 187Ωمی شود .دمای این محلول چقدر است؟ $3.91 \times 10^{-3} K^{-1}$

مثال: همه سیم های شکل زیر از یک جنس هستند . این سیم ها را از کم ترین تا بیش ترین مقاومت به ترتیب بنویسد.

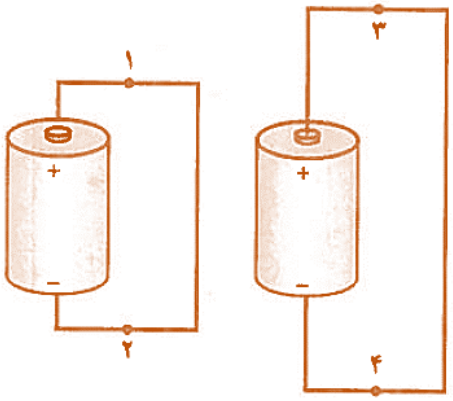


@GanBeGam_Dars

تمرین: مقاومت رشته درونی یک برشته کن که از جنس نیکروم است، در حالت روشن در دمای $\theta_2 = 1200℃$ برابر $R_2 = 44\Omega$ مقاومت این رشته در دمای $\theta_1 = 20℃$ چقدر است؟

(از تغییر طول و قطر رشته در اثر تغییر دما چشم پوشی شود.)

تمرین : در هردو مدار شکل مقابل باتری ها مشابه هستند وقطر وجنس سیم ها یکسان است . $I_1 . I_2 . I_3 . I_4$ را در نقطه های 1 تا 4 به ترتیب از کم ترین مقدار تا بیش ترین مقدار بنویسید.



مثال: مقاومت یک سیم آلو منیومی به طول $100\ m$ وسطح مقطع $1mm^2$ چقدر است ؟

$$\rho = 2.65 \times 10^{-8}\Omega.m$$

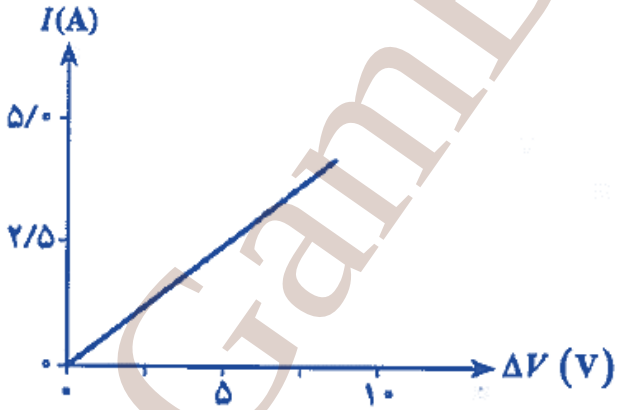
تمرین : طول سیمی از فلز کنستانتان به قطر $0.35\ mm$ باید چقدر باشد تا مقاومت آن یک اهم شود؟

$$\rho = 4.8 \times 10^{-7}\Omega.m$$

تمرین : نمودار شکل مقابل جریان بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر رسانایی با مقاومت R را نشان می دهد.

الف) مقاومت R چه قدر است ؟

ب) فرض کنید طول مقاومت دو برابر شود . روی شکل ، نمودار تغییرات جریان برحسب اختلاف پتانسیل را برای مقاومت بلند تر رسم کنید.



@GamBeGam_Darsi

مثال : ابعاد یک مکعب مستطیل رسانا $1\ cm \times 2\ cm \times 4\ cm$ است. این مکعب را می توان از هریک از دو وجه موازی آن در مدار قرار داد . نسبت بزرگ ترین مقاومت به کوچک ترین مقاومت آن چه قدر است ؟

تمرین : رسانایی به طول l وسطح مقطع مربع به ضلع a، دارای مقاومت R است . این رسانا را به شکل فنری به شعاع r در می آوریم و آن را می فشاریم تا حلقه های آن به هم بچسبند. شعاع r خیلی خیلی بزرگ تر از a وخیلی خیلی کوچک تر l است . ثابت کنید مقاومت دو انتهای فنر برابر : $\acute{R} = R\left(\frac{a^2}{4\pi^2 r^2}\right)$

مثال: مقاومت سیمی نیکرومی (آلیاژی از نیکل وکروم) در دمای $0℃$ باید چه قدر باشدتا مقاومت آن در دمای $12℃$ برابر $100\ \Omega$ شود؟ $\alpha = 4 \times 10^{-4} K^{-1}$

تمرین : میله ای از کربن برای ساختن یک دماسنج به کار می رود . اگر دریک روز سرد زمستانی با دمای $0℃$ مقاومت آن $217.3\ \Omega$ ودر یک روز گرم تابستانی 223.3Ω باشد ، دمای روزگرم تابستانی چه است ؟

$$\alpha = 5 \times 10^{-4} K^{-1}$$

مثال : مقاومت سیمی در دمای $20℃$ برابر $150.4\ \Omega$ در دمای $40℃$ برابر $162.4\ \Omega$ است . ضریب دمایی مقاومت ویژه آن را بدست آورید.

تمرین : هنگامی که جریان بسیار کمی از رشته گرماده یک اجاق برقی می گذرد، مقاومت آن $50.9\ \Omega$ و دمای هوای اتاق $20℃$ است . هنگام پختن غذا جریان $4.17A$ با اختلاف پتانسیل $240\ v$ از رشته می گذرد. دمای نهایی رشته گرماده چقدر است ؟ $\alpha = 1.7 \times 10^{-4} K^{-1}$

مثال: سیم کشی خانه ها معمولاً با سیم های مسی نمره 14 بر اساس استاندارد SWG صورت می گیرد که قطری برابر با $2.032\ mm$ ردارد .مقاومت $100m$ از این سیم ها در دمای اتاق چقدر است؟
دمای اتاق $\theta_0 = 20℃$

نکته : در بسیاری از مدارها، به خصوص در وسایل الکترونیکی **مقاومت ها برای کنترل جریان و ولتاژ** استفاده می شوند .اندازه یک مقاومت می تواند کمتر از 1Ω تا میلیون ها اُهم(**مگا اُهم**)باشد.

@GanBeGan_Darsi

انواع مقاومت ها : اصلی مقاومت ها بر دو نوع اند .که عبارتند از :

۱) مقاومت های پیچه ای: شامل پیچه ای از یک سیم نازک هستند که معمولاً جنس آنها از آلیاژهایی مانند نیکروم(آلیاژ نیکل و کرم)یا آلیاژ مس نیکل منگنز(که به آن منگانین می گویند) است .این پیچه ها عموماً به دور هسته ای از **جنس سرامیک، پلاستیک یا شیشه** پیچیده شده اند و در **غلافی از جنس سرامیک** قرار گرفته اند.

الف) نمونه‌ای از ساختار یک مقاومت پیچه‌ای

ب) تصویری از یک مقاومت پیچه‌ای

چرا با اینکه این مقاومت ها خیلی قدیمی هستند عملا" هنوز کاربرد دارند؟

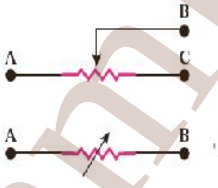
زیرا می توانند برای حصول مقاومت های پایین بسیار دقیق و همچنین توان های بالا ساخته شوند .بیشینه توان الکتریکی که این مقاومت ها می توانند تحمل کنند بی آنکه بسوزند روی آنها نوشته شده است .

رئوستا چیست ؟ چه کاربردی دارد؟

یکی از انواع مشهور این نوع از مقاومت ها، **رئوستا** نام دارد

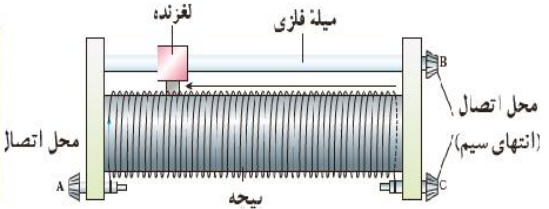
در مدارهای الکترونیکی وسیله ای به نام **پتانسیومتر** همان وظیفه را انجام می دهد.یعنی **تنظیم وکنترل جریان** درمدار می باشد**این نوع مقاومت ها، متغیر هستند** .یک رئوستا از سیمی با **مقاومت ویژه نسبتاً زیاد** ساخته

تصویری از یک پتانسیومتر



نماد یک رئوستا پتانسیومتر

تصویر واقعی یک رئوستای خطی



طرحی از ساختار یک رئوستای خطی

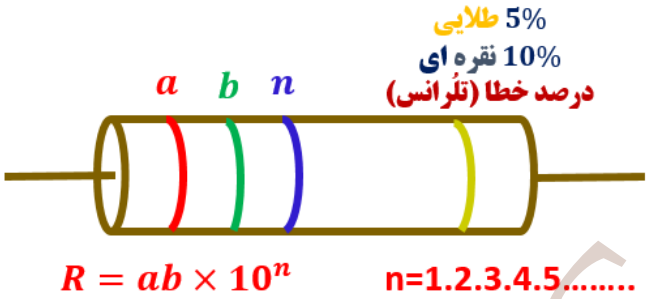
شده است .در یکی از انواع رئوستا، این سیم روی استوانه ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد .

@GamBeGam_Darsi

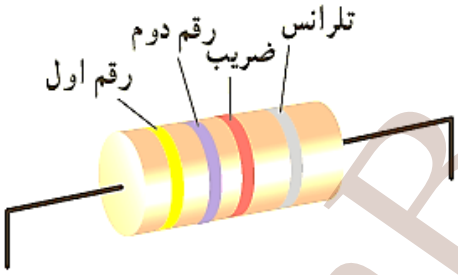
۲) مقاومت ترکیبی : که معمولاً از **کربن، برخی نیم رساناها، و یا فیلم های نازک فلزی ساخته شده اند** که در **داخل پوششی پلاستیکی** قرار گرفته اند .کارخانه های سازنده، مقاومت های ترکیبی را در اندازه های خاص استانداردی تولید می کنند .مقدار این مقاومت ها یا روی آنها نوشته می شود، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آنها مشخص شده است.

رنگ	سیاه	قهوه ای	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی	بنفش	خاکستری	سفید	طلایی	نقره ای	بی رنگ
عدد	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			
ضریب	$10^0 = 1$	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9			
تلُرانس											5%	10%	20%

کد گذاری مقاومت ها : مقاومت‌ها را در اندازه‌های استاندارد می‌سازند و برای مشخص کردن مقدار آن‌ها از حلقه‌های رنگی استفاده می‌کنند.



مثال : مقدار مقاومت شکل روبه رو و مقدار تلُرانس آن را مشخص کنید.



مثال : مقدار مقاومت شکل روبه رو و مقدار تلُرانس آن را مشخص کنید.

تمرین : اگر اندازه یک مقاومت کربنی $7.3\,M\Omega$ باشدرنگ های این مقاومت را تعیین کنید. دارای 5% تلُرانس است.

@GamBeGam_Dars

نیروی محرکه الکتریکی و مدارها :

برای آنکه **بارهای الکتریکی** را از یک **مقاومت الکتریکی** عبور دهیم تا **جریان ثابتی** از بارها برقرار بماند نیز لازم است بین دو سر مقاومت **یک اختلاف پتانسیل** برقرار کنیم که در واقع این کار توسط یک تلمبه بار(در مشابهت با تلمبه آب)انجام می شود .به چنین وسیله ای که با انجام کار روی بار الکتریکی جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می کند **منبع نیروی محرکه الکتریکی** (emf) گفته می شود .

در واقع منبع های **نیروی محرکه الکتریکی بارهای الکتریکی مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل پایین تر به پتانسیل بالاتر می برند، و با افزایش انرژی پتانسیل آنها، جریان ثابتی را در مدار برقرار** می کنند.

سوال: انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکه الکتریکی به چه شکل ایجاد می شود؟

از طریق واکنش های شیمیایی که در درون آنها رخ می دهد مهیّا می سازند .پیل های سوختی، سلول های خورشیدی، و مولدهای الکتریکی نمونه های دیگر منبع های نیروی محرکه الکتریکی هستند

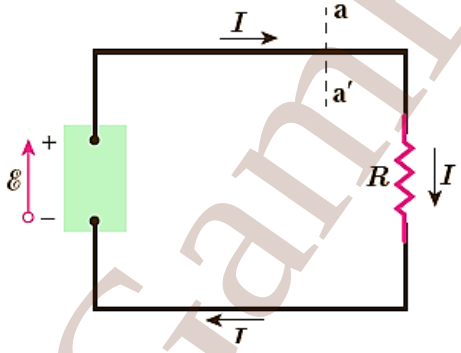
تعریف نیروی محرکه مولد :

کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با پتانسیل بیشتر ببرد و بدین ترتیب در مدار جریان یابد اصطلاحاً **نیروی محرکه الکتریکی** (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می شود

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

یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی یعنی ولت (V) **است**

$$1(v) = \frac{1(j)}{1(c)}$$



توجه : برای اینکه بتوانیم اختلاف پتانسیل دو سر یک منبع نیروی محرکه الکتریکی به دست آوریم .به این منظور مدار ساده الکتریکی شکل مقابل را در نظر بگیرید .در هر بازه زمانی Δt، بار مثبت Δq از هر مقطع این مدار مثلاً $(a\acute{a})$ می گذرد .همین مقدار بار باید به پایانه با پتانسیل پایین تر منبع نیروی محرکه الکتریکی وارد شود و از پایانه با پتانسیل بالاتر آن خارج گردد .این وسیله بایدکاری به اندازه ΔW روی بار Δqانجام دهد تا آن را در این مسیر به حرکت درآورد.

@GamBeGam_Darsi

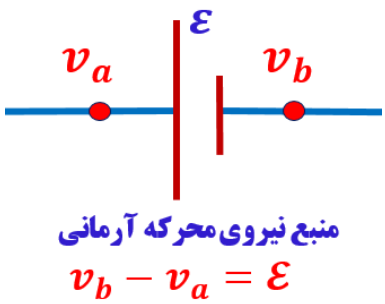
سوال: نیروی محرکه یک باتری مثلاً $1.5V$ می باشد مفهوم آن چیست؟

به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می گذرد $1.5J$ کار انجام می دهد.

سوال : منابع نیروی محرکه دونوع هستند نام ببرید وشرح دهید.

۱) منابع نیروی محرکه آرمانی:

اگر پایانه های منفی و مثبت یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با a و b نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ آن است .از طرفی می دانیم میدان الکتریکی از سوی پایانه مثبت به سمت پایانه منفی است و بنابراین با حرکت از پایانه مثبت برخلاف جهت میدان حرکت کرده ایم و همان طور که در فصل گذشته دیدیم با حرکت در خلاف جهت میدان پتانسیل افزایش می یابد و بنابراین داریم :

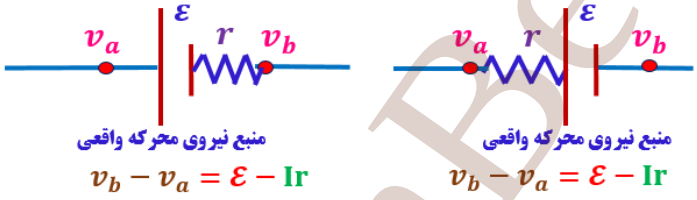


$$v_b - v_a = \mathcal{E}$$

تذکر مهم : باید توجه داشته باشیم که منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و این منبع های نیروی محرکه الکتریکی همواره دارای مقاومتی داخلی هستند.

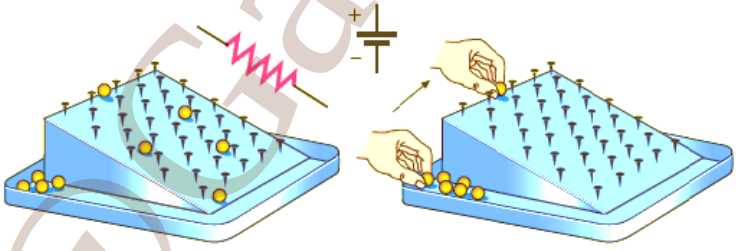
۲) منابع نیروی محرکه واقعی :

منبع های نیروی محرکه الکتریکی, واقعی همواره دارای مقاومتی داخلی هستند .یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت بارها وجود دارد .بنابراین، وقتی جریان از این منابع بگذرد اختلاف پتانسیل بین پایانه های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی خواهد شد .منبع نیروی محرکه واقعی را درمدارهای الکتریکی به دو صورت شکل زیرنشان می دهند که در آن r مقاومت داخلی منبع نیروی محرکه است رابطه اختلاف پتانسیل دو سر یک منبع نیروی محرکه واقعی به صورت زیر است :



$$v_b - v_a = \mathcal{E} - Ir$$

تمرین : شکل زیر یک مشابهت سازی مکانیکی برای درک مقاومت و نیروی محرکه الکتریکی را نشان می دهد که در آن بر سطح شیب داری میخ هایی تعبیه شده و تیله ها از ارتفاع بالای سطح شیب دار رها می شوند و سپس دوباره به بالای سطح شیب دار بازگردانده می شوند .این مشابهت سازی مکانیکی را توجیه کنید.



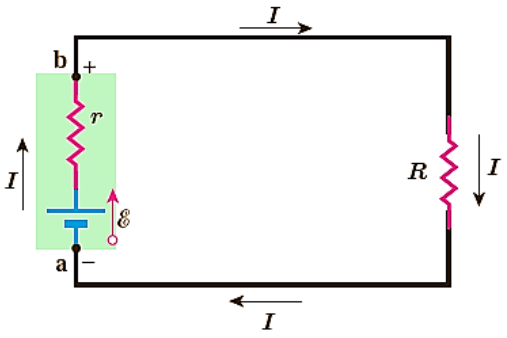
@GamBeGam_Dars

مدار تک حلقه ای و افت پتانسیل در مقاومت:

در حل مسئله های مدار تک حلقه ای همواره دو دستورالعمل زیر را به کار می بندیم:

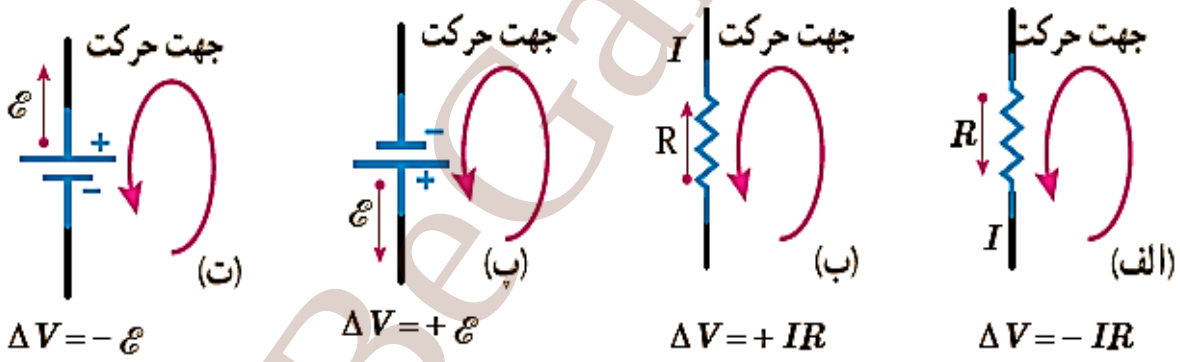
۱) هرگاه در مدار در جهت جریان از مقاومت مثلاً R بگذریم، پتانسیل به اندازه $(-IR)$ کاهش می یابد و اگر در خلاف جهت جریان حرکت کنیم پتانسیل به همان اندازه $(+IR)$ افزایش می یابد.

۲) جهت پیکانه نیروی محرکه الکتریکی منبع های نیروی محرکه الکتریکی همواره از پایانه منفی به طرف پایانه مثبت است،بنابراین هرگاه از پایانه منفی به طرف پایانه مثبت حرکت کنیم پتانسیل به اندازه $(+\mathcal{E})$نیروی محرکه الکتریکی افزایش می یابد و اگر در خلاف این جهت(یعنی از پایانه مثبت به طرف پایانه منفی) حرکت کنیم پتانسیل به اندازه $(-\mathcal{E})$ نیروی محرکه الکتریکی کاهش می یابد.



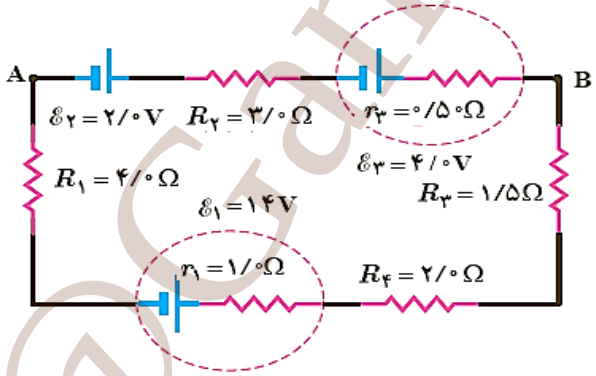
$$v_b - v_a = \mathcal{E} - Ir$$

شکل زیر قرارداد تعیین علامت برای تغییر پتانسیل در تحلیل یک مدارتک حلقه ای.



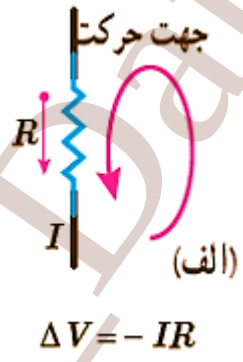
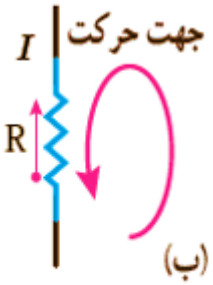
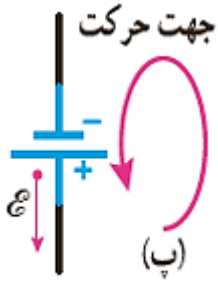
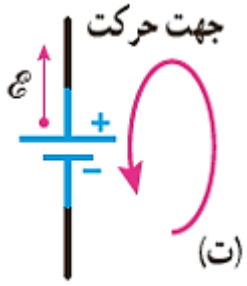
تمرین: یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست پتانسیل دو سرش برابر $6v$ است .وقتی یک مقاومت $10\ \Omega$ به این باتری بسته شود، اختلاف پتانسیل دو سر باتری به $10.9\ v$ کاهش می یابد . مقاومت داخلی باتری r چقدر است؟

تمرین : در مدار شکل زیر جریان در مدار و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B $(V_B - V_A = ?)$ را محاسبه کنید.



@GamBeGam_Dars

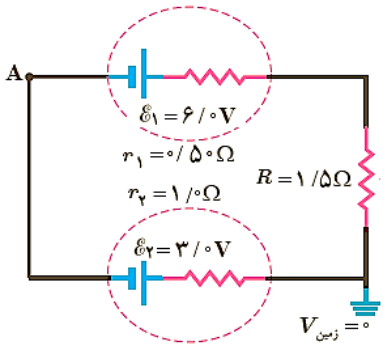
جدول زیر قرارداد تعیین علامت اختلاف پتانسیل ها در یک مدار تک حلقه ای،شامل مقاومت و منبع نیروی محرکه الکتریکی.

عنصرمدار	R	R	$\mathcal{E}$	$\mathcal{E}$
جهت حرکت	در جهت جریان	خلاف جهت جریان	در جهت پیکانه نیروی محرکه	خلاف جهت پیکانه نیروی محرکه
تغییرپتانسیل	$(-IR)$	$(+IR)$	$(+\mathcal{E})$	$(-\mathcal{E})$
	 $\Delta V=-IR$	 $\Delta V=+IR$	 $\Delta V=+\mathcal{E}$	 $\Delta V=-\mathcal{E}$

تمرین: در شکل زیر

الف) اختلاف پتانسیل دو سر مولدها را به دست آورید.

ب) پتانسیل نقطه A را تعیین کنید.



قاعدهٔ حلقهٔ کیرشهوف:

در هر **دور زدن کامل** حلقه ای از مدار، جمع جبری **اختلاف پتانسیل های** اجزای مدار باید برابر**صفر** باشد.

نشان داده می شود که قاعده حلقه چیزی جز **پایستگی انرژی** نیست.

محاسبه شدت جریان در مدار تک حلقه

$$\text{شدت جریان} = \frac{\text{مجموع نیروی محرکه مخالف جریان} - \text{مجموع نیروی محرکه موافق جریان}}{\text{مجموع مقاومت های داخلی} + \text{مجموع مقاومت های خارجی}}$$

$$I=\frac{\sum_{\text{مخالف جریان}}\mathcal{E}-\sum_{\text{موافق جریان}}\mathcal{E}}{\sum_{\text{داخلی}}r+\sum_{\text{خارجی}}R}$$

@GamBeGam_Barsi

تمرین : جمله های درست ونادرست را تعیین کنید وجمله های نادرست را تصحیح کنید.

الف) هرگاه داخل یک مولد از پایانه منفی به طرف پایانه مثبت حرکت کنیم ، پتانسیل الکتریکی به اندازه $\mathcal{E}$ کاهش می یابد. درست: ..... نادرست : .....

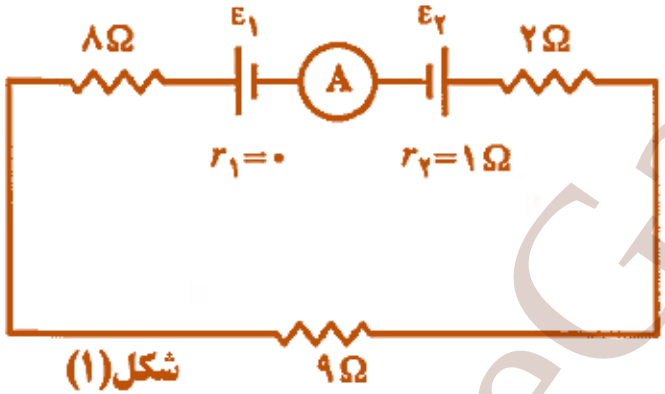
ب) اگر هیچ جریانی از مولدی گرفته نشود ، نیروی محرکه آن با پتانسیل دو سر آن برابر است .

درست: ..... نادرست : .....

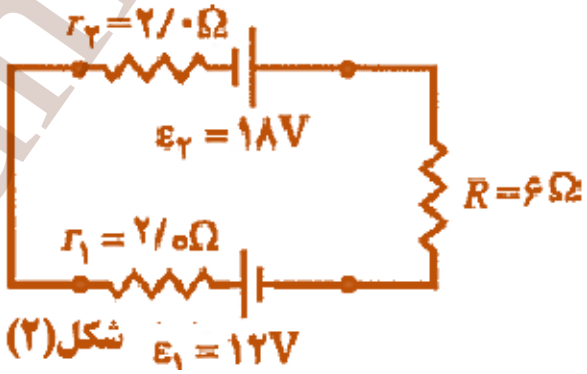
پ) اختلاف پتانسیل دوسر مولدبا مقاومت درونی r ، هنگامی که از آن جریان I گرفته شود، برابر $\mathcal{E} - Ir$ است. درست: ..... نادرست : .....

ت) یکای نیروی محرکه الکتریکی در SI نیوتن است. درست: ..... نادرست : .....

مثال: در هر یک از شکل های زیر شدت جریان مدار را بدست آورید.

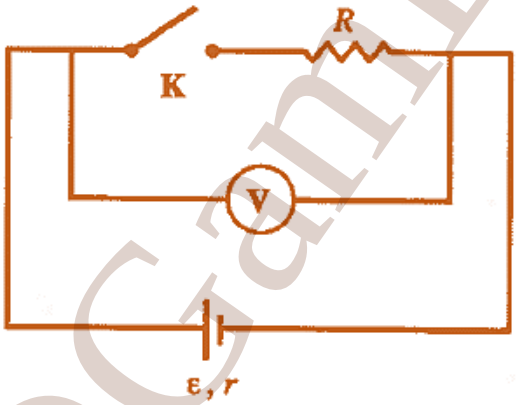


شکل(۱)



شکل(۲)

تمرین : در مدار شکل زیر وقتی کلید k را باز می کنیم ومی بندیم ، ولت سنج با تقریب خوبی مقدار یکسانی را نشان می دهد. در این صورت می توان گفت ؟ (بادلیل)



۱) مقاومت R ناچیز است.

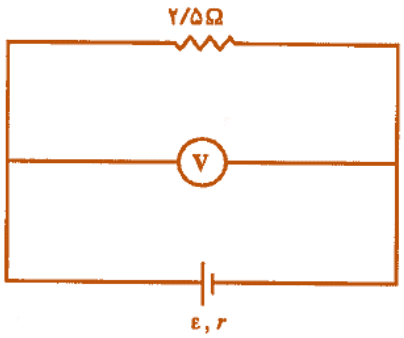
۲) مقاومت r ناچیز است.

۳) مقاومت R برابر r است.

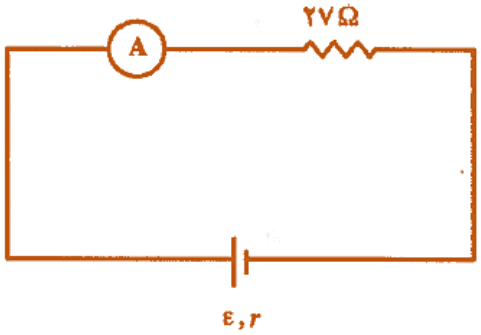
۴) مقاومت درونی مولد r نسبت به R خیلی بزرگ است.

@GamBeGam_Darsi

تمرین : در مدار مقابل ولت سنج $1.25\ v$ را نشان می دهد وافت پتانسیل در مقاومت درونی r برابر $0.25\ v$ است $\mathcal{E}$ و I را بدست آورید.



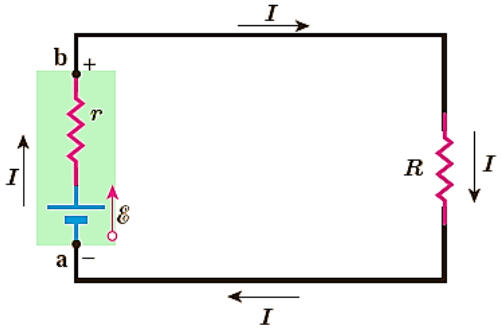
تمرین : درمدارشکل مقابل آمپر سنج $0.2\ A$ را نشان می دهد . ونیروی محرکه مولد $6\ v$ افت پتانسیل در مقاومت rچند برابر افت پتانسیل در مقاومت 27Ω است؟



مثال: در مدار شکل زبرفرض کنید $\mathcal{E} = 12V\ ,\ r = 2\Omega$ و $R = 4\ \Omega$ باشد.

الف) جریان عبوری از مدار چقدر است؟

ب) اختلاف پتانسیل دوسر باتری را محاسبه کنید.

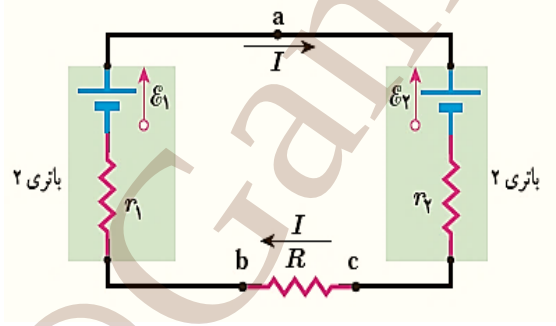


تمرین : مثال بالا را با حرکت در خلاف جهت جریان نشان داده شده حل و نتیجه را با پاسخ مثال مقایسه کنید.

مثال: مدار شکل روبه رو را درنظر بگیرید .مقادیر نیروهای محرکه الکتریکی و مقاومت های مدار عبارت اند از: $\varepsilon_1 = 8\ v\ .\varepsilon_2 = 2\ v\ .r_1 = 2\ \Omega\ .r_2 = 1.5\ .\ R = 8.5\ \Omega$

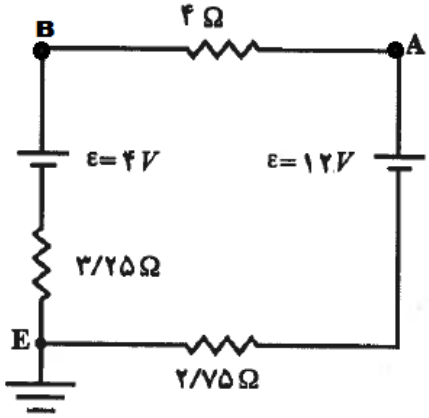
الف) جریان عبوری از مدار چقدر است؟

ب) اختلاف پتانسیل دوسر باتری های ۱ و ۲ را محاسبه کنید



@GamBeGam_Darsi

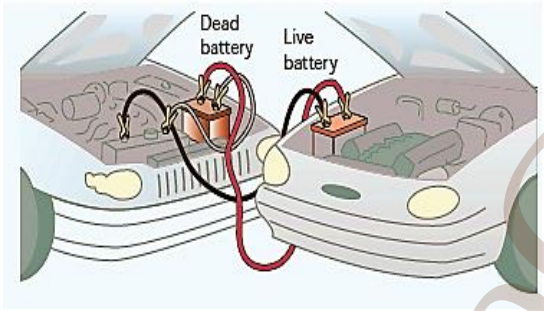
نکته : گرچه لازم نیست که جهت جریان I را بدانیم، ولی می توانیم آن را با مقایسه نیروهای محرکه الکتریکی دو باتری تعیین کنیم؛ چون $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ است جهت جریان را باتری (1) تعیین می کند.



مثال: در مدارشکل مقابل نقطه E به زمین وصل است پتانسیل نقاط A و B چند ولت است ؟

توجه:

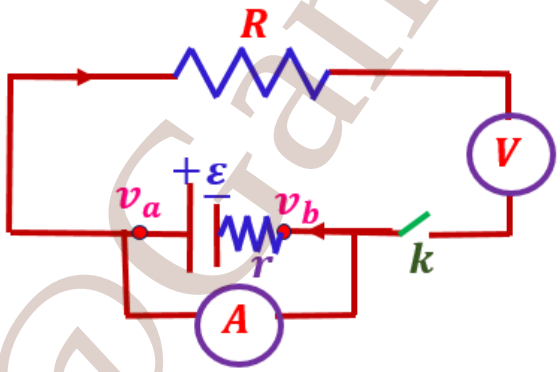
این نتیجه را می توانستیم به طور مستقیم از رابطه $v_b - v_a = \mathcal{E} - Ir$ نیز به دست آوریم . اما در مورد باتری (2) که در آن جهت جریان در خلاف جهت پیکانه نیروی محرکه الکتریکی است نمی توانیم از این رابطه استفاده کنیم. برای محاسبه اختلاف پتانسیل دوسر باتری (2) حتماً باید مسئله را از نو حل کرد . به این منظور از نقطه c به سمت نقطه a حرکت می کنیم:



توجه داشته باشید که این : یک مثال عملی از چنین مسئله ای شارژ شدن باتری خودرو(باتری(2)) توسط یک منبع نیروی محرکه دیگر(باتری) (1) است .

چگونه می توان یک باتری(خشک) نو وفرسوده را از هم تشخیص داد ؟(باشرح آزمایش)

تفاوت یک باتری(خشک) **نو و فرسوده** عمدتاً در **مقدار مقاومت داخلی** آن است که می تواند کمتر از یک اُهم برای باتری نو تا چند هزار اُهم برای باتری فرسوده باشد .برای اندازه گیری مقاومت داخلی یک باتری (خُشک)مدار ساده ای متشکل از یک باتری، یک کلید قطع و وصل، و یک مقاومت یا لامپ کوچک را سوار کنید .نخست درحالی که کلید قطع است ولتاژ دو سر باتری را با یک ولت سنج اندازه بگیرید و آن گاه پس از بستن کلید دوباره ولتاژ دو سر باتری را اندازه بگیرید .همچنین در این حالت جریان عبوری از مدار را نیز باید به کمک یک آمپرسنج اندازه



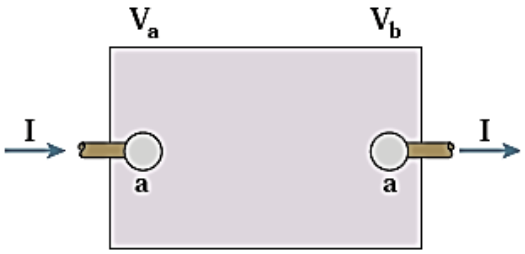
@GamBeGam_Darsi

بگیرید .اکنون با استفاده از رابطه $v_b - v_a = \mathcal{E} - Ir$ مقاومت داخلی باتری را محاسبه کنید(البته در یک اندازه گیری دقیق تر معمولاً از یک مقاومت متغیر استفاده می شود و مقاومت داخلی پس از چندین اندازه گیری محاسبه می شود.)

توان در مدارهای الکتریکی:

فرض کنید بار Δq در مدت زمان Δt تحت اختلاف پتانسیل $\Delta V = V_b - V_a$ از پایانه a به پایانه b این جزء مدار برود .در فصل پیش دیدیم کار نیروی خارجی برای چنین انتقالی برابر با $W = (\Delta q)(\Delta V)$ است .از طرفی توان الکتریکی، آهنگ انجام این کار است:

توجه : شکل یک جزء مدار را نشان می دهد اختلاف پتانسیلی بین دو سر آن برقرار است.



$$P = (V_b - V_b)$$

اگر $P > 0 \rightarrow$ این جز ، به بقیهٔ مدارانرژی می دهد

اگر $P < 0 \rightarrow$ این جز ، به بقیهٔ مدارانرژی می گیرد

$$P = \frac{W}{t} = \frac{(\Delta q)(\Delta V)}{t} = \left(\frac{\Delta q}{t}\right)\Delta V = I\Delta V \rightarrow P = I\Delta V$$

نکته: در این رابطه، توان(P) برحسب وات (W) ، جریان (I) برحسب آمپر (A) و اختلاف پتانسیل (ΔV) برحسب ولت (V) است.

$$1(W) = \frac{1(J)}{1(S)} = 1(A) \times 1(V)$$

توجه کنید: این رابطه هم برای منبع نیروی محرکه(مثلاً باتری)و هم برای وسیله مصرف کننده(مثلاً مقاومت یک دستگاه الکتریکی)برقرار است.

مثال: یک گرم کن الکتریکی جریان $10A$ را تحت اختلاف پتانسیل $220\ V$ می کشد.

الف) این گرم کن به چه توانی نیاز دارد؟

ب) اگر این گرم کن به مدت $3\ h$ در روز کار کند و قیمت برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت برابر $50kwh$ تومان باشد، هزینه یک ماه مصرف این گرم کن چقدر می شود؟

@GamBegam_Darsi

توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت:

رابطه $P = I\Delta V$ برای مقاومت های الکتریکی نیز برقرار است .برای محاسبه مقدار توان مصرفی کافی است در این رابطه به جای ΔV از رابطه تعریف مقاومت $R = \frac{\Delta V}{I}$ استفاده کنیم:

در نتیجه داریم: $P_{\text{مصرفی}} = |P| = |I\Delta V| = |I(IR)| = RI^2 = \frac{(\Delta V)^2}{R}$

پس :

$$\begin{cases} P_{\text{مصرفی}} = I\Delta V \\ P_{\text{مصرفی}} = RI^2 \\ P_{\text{مصرفی}} = \frac{(\Delta V)^2}{R} \xrightarrow{\text{مرسوم است}} P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

انرژی الکتریکی مصرفی در یک مقاومت : باتوجه به اینکه می دانیم : $P = \frac{W}{t} \rightarrow W = Pt$ بنابراین می توان نتیجه گرفت که :

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = Pt \rightarrow \begin{cases} W = VIt \\ W = RI^2t \\ W = \frac{V^2}{R}t \end{cases}$$

تمرین : قانون ژول بیان می دارد گرمای تولید شده توسط جریان I عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با $RI^2t = VIt$ این قانون را می توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج که در فیزیک با آن آشنا شدید تحقیق کرد .اسباب این آزمایش در شکل نشان داده شده است .درباره چگونگی این آزمایش تحقیق کنید.

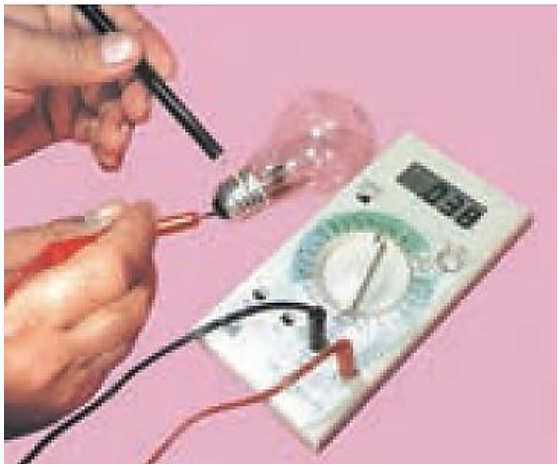
تمرین : با توجه به قانون ژول و تعریف نیروی محرکه الکتریکی، برای یک حلقه ساده شامل یک باتری و یک مقاومت نشان دهید که قاعده حلقه کیرشهوف چیزی جز پایستگی انرژی نیست.

تمرین: دو لامپ رشته ای در اختیار داریم که جنس و طول رشته آنها یکسان است، ولی رشته لامپ B ضخیم تر از رشته لامپ A است .وقتی لامپ ها به ولتاژ یکسانی وصل شوند، کدام لامپ پرنورتر خواهد بود و چرا؟

@GamBeGam_Darsi

فعالیت :

الف) با یک اهم متر، مقاومت رشت سیم داخل لامپ ۱۰۰ واتی خاموش را اندازه گیری کنید .سپس با استفاده از رابطه $P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^2}{R}$ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید .نتیجه محاسبه را با مقدار اندازه گیری شده مقایسه کنید و نتیجه را پس از بحث گروهی گزارش دهید.



ب) اکنون با استفاده از نتیجه به دست آمده دمای رشته سیم داخل لامپ رادر حال روشن برآورد کنید(رشته سیم لامپ از جنس تنگستن است .مقاومت ویژۀ تنگستن در یک گستره بزرگ دمایی تا نزدیکی نقطه ذوبش در $3400^{\circ}C$ رفتاری خطی دارد و $\alpha = 4.5 \times 10^{-3} K^{-1}$

مثال: روی لامپی دو عدد $100\ w$ و $220\ v$ نوشته شده است :

الف) این لامپ برای روشن شدن به چند آمپر جریان نیاز دارد؟

ب) مقاومت آن در دمای معمولی به هنگام روشن روشن شدن چند اهم است؟

پ) اگر لامپ $2\ h$ روشن بماند ، انرژی مصرفی آن چند ژول وچند کیلووات ساعت است؟

تمرین: بر روی وسیله های الکتریکی، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته می شود .برای دو وسیله زیر،

الف) سیم های اتصال به برق آنها باید بتواند حداقل چه جریانی را از خود عبور دهد؟

ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله در حالت روشن چقدر است؟

۲۲۰V، ۸۵۰W، اتوی برقی ۲۲۰V، ۲۴۰۰W، کتری برقی

مثال: جریان عبوری از سیم گرماده یک آب گرمکن برقی $10\ A$ واختلاف پتانسیل دو سر آن $220\ v$ است . درهر ثانیه چند ژول انرژی الکتریکی توسط آب گرمکن به گرما تبدیل می شود ؟

@GamBeGam_Dars

مثال: برای انتقال $2mc$ بار الکتریکی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل $100\ v$ چند کیلو وات ساعت انرژی مصرف می شود؟

تمرین : لامپ یک چراغ قوه معمولی با ولتاژ $2.9\ v$ کار می کند ودر این حالت جریان $0.3\ A$ از آن می گذرد .اگر مقاومت رشته تنگستنی این لامپ در دمای اتاق $(20^{\circ}C)$ برابر $1.1\ \Omega$ باشد، دمای این رشته وقتی که لامپ روشن است، چقدر می شود؟

تمرین: توان خروجی ژنراتوری که با ولتاژ $10\ kv$ انرژی تولید می کند $20\ k\ w$ ومقاومت سیم های انتقال $300\ \Omega$ است مطلوب است:

الف) جریان در سیم های انتقال. **ب)** توان تلف شده در سیم ها. **پ)** افت پتانسیل در دو سر سیم ها.

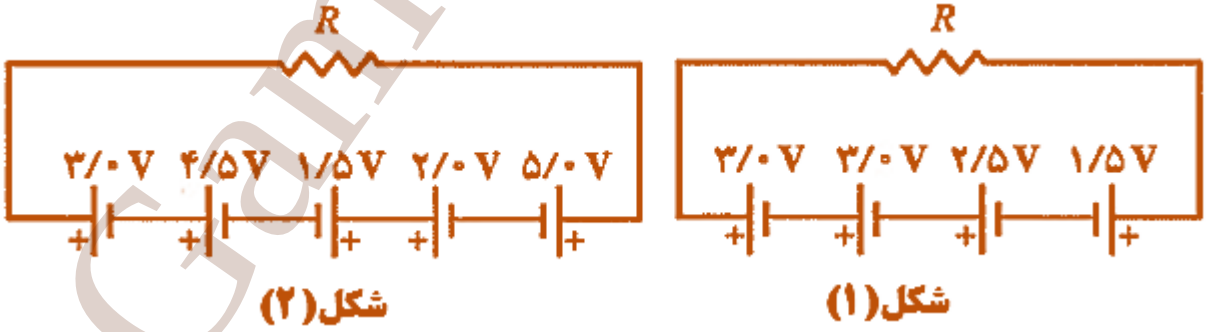
مثال: یک دستگاه تولید پرتو های ایکس (X) با ولتاژ $40\ kv$ و باریکه جریانی برابر $5\ m\ A$ کار می کند .

الف) توان دستگاه چند وات است؟

ب) اگر بازده دستگاه 2% باشد ، در هر ثانیه چند ژول انرژی تولید می شود:

مثال: یک کتری برقی $1\ k\ w$ کیلو واتی با ولتاژ $220\ v$ کار می کند .براثر افت ولتاژ اعمال شده به سیم گرماده کتری به $210\ v$ ، چند درصد از گرمای خروجی آن افت می کند؟ فرض مقاومت سیم گرماده ناچیز است .

تمرین: در صورتی که مقاومت $R = 10\ \Omega$ باشد ، توان تلف شده درهرکدام از این مقاومت ها چقدر است ؟



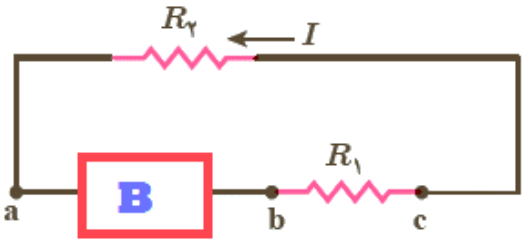
شکل(۱) شکل(۲)

@GamBeGam_Darsi

تمرین: شکل زیر جریان I را در یک مدار تک حلقه ای با باتری B و مقاومت های R_1 و R_2 سیم هایی با مقاومت ناچیز)نشان می دهد .

الف) قطب های پایانه های باتری B را مشخص کنید . و باتوجه به شکل درنقاط a ، b و c

ب) بزرگی جریان،



پ) پتانسیل الکتریکی و

ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل های بار مثبت را به گونه ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.

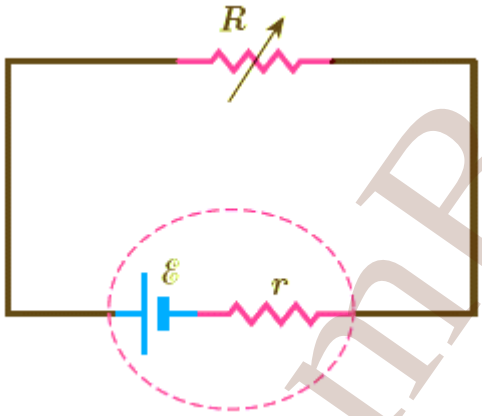
تمرین: تلویزیون و یکی از لامپ های خانه خود را درنظر بگیرید و فرض کنید که هرکدام روزی 8ساعت با اختلاف پتانسیل $\Delta V = 220\ v$روشن باشد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی هرکدام در یک دوره یک ماهه (30)روز $W = ?\ kwh$ است ؟

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت(50) تومان در یک دورهٔ یک ماهه چقدر می شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ $100\ w$اضافی را به مدت $(3\ h)$در شب روشن کند، در طول یک ماه تقریباً چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می شود؟

تمرین : در شکل زیر،



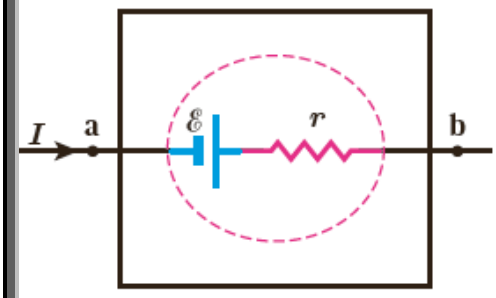
الف) نیروی محرکه الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 5\ A$ برابر $\varepsilon_1 = 9.5\ w$ و به ازای $I_2 = 7\ A$ برابر $\varepsilon_2 = 12.6\ w$ است محاسبه کنید.

ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

@GamBeGam_Dars

توان خروجی یک منبع نیروی محرکهٔ واقعی:

همان طور که دیدیم رابطه $P = I\Delta V$ برای منبع های نیروی محرکه از جمله باتری ها نیز برقرار است .در بخش پیش اختلاف پتانسیل ΔV دو سر یک باتری واقعی را برای شکلی مانند شکل مقابل به صورت : $\mathcal{E} - \mathrm{Ir}$ به دست آوردیم .با قرار دادن این اختلاف پتانسیل در رابطه توان الکتریکی خواهیم داشت:



$$\mathrm{P}_{\text{خروجی}} = I(\mathcal{E} - \mathrm{Ir}) \rightarrow \mathrm{P}_{\text{خروجی}} = \mathcal{E}I - \mathrm{r}I^2$$

که این توان خروجی یک باتری واقعی است .همان طور که می بینید . به اندازه $\mathrm{r}I^2$ توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری با توان خروجی باتری آرمانی $\mathcal{E}I$ متفاوت است.

برای هرمولد داریم:

$$\begin{cases} P_{\text{توان ورودی (کل)}} = \mathcal{E}I \\ P_{\text{توان مصرفی}} = \mathrm{r}I^2 \\ P_{\text{توان خروجی (مفید)}} = \mathcal{E}I - \mathrm{r}I^2 \end{cases}$$

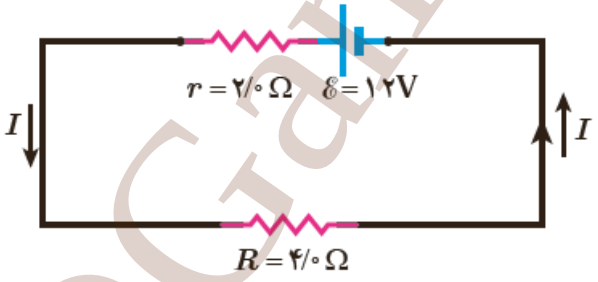
بازده دستگاه : برابر نسبت توان مفید(خروجی) توان کل(ورودی) $\left(\text{بازده}\right) Ra = \dfrac{P_{\text{توان مفید(خروجی)}}}{P_{\text{توان کل(ورودی)}}} \times 100$

$$Ra = \frac{I(\mathcal{E} - \mathrm{Ir})}{\mathcal{E}I} = \frac{\mathcal{E} - \mathrm{Ir}}{\mathcal{E}I} \rightarrow Ra = \frac{V}{\mathcal{E}} = \frac{\text{ولتاژدوسرمولد}}{\text{نیروی محرکه مولد}}$$

مثال: برای مدار نشان داده شده در شکل مقابل:

الف) توان خروجی باتری .

ب) توان مصرفی در مقاومت را محاسبه کنید.



@GamBeGam_Dars

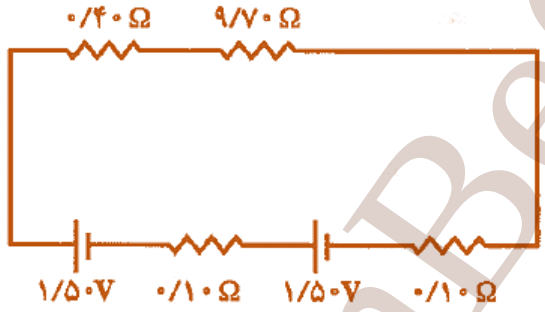
تمرین: در مثال بالا توان هریک از اجزای مدار را محاسبه کنید.

باید توجه داشته باشیم که : اما توان باتری 2 از رابطه $P_{\text{خروجی}} = \mathcal{E}I - rI^2$ به دست نمی آید، چرا که همان طور که دیدیم اختلاف پتانسیل دوسر باتری 2 از رابطه $V_a - V_c = \mathcal{E}_2 + Ir_2$ به دست می آید .اما طبق تعریف این کتاب برای استفاده از رابطه $P = I\Delta V$ ، باید اختلاف پتانسیل $V_a - V_c$را درنظر بگیریم که $(\mathcal{E}_2 + Ir_2)$ - می شود .بنابراین، مقدار(قدرمطلق)توان ورودی به باتری 2 چنین می شود: $P_{\text{ورودی}} = |P| = |I\Delta V| = I(\mathcal{E}_2 + Ir_2) = \mathcal{E}_2 I + r_2 I^2$

توجه بسیار مهم پس از حل مثال وتمرین بالا: این همان اتفاقی است که **هنگام اتصال** یک **باتری به شارژر** روی می دهد .**شارژر** به باتری **انرژی الکتریکی** می دهد .بخشی از این انرژی به **انرژی شیمیایی** تبدیل می شود و بقیه آن در **مقاومت درون باتری تلف** می شود و **باتری را گرم** می کند.

همان طور که انتظار داریم این نتیجه همچنین با پایستگی انرژی سازگار است:

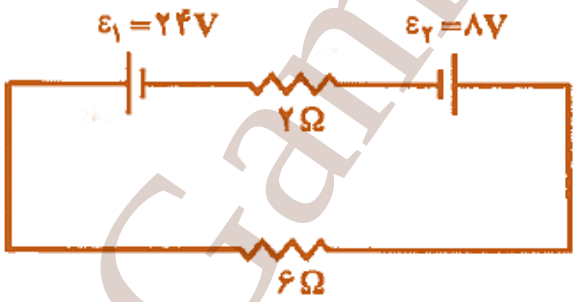
$$\begin{cases}\text{توان خروجی باتری}(1) = \text{توان ورودی باتری}\ (2) + \text{توان مصرفی مقاومت}(R)\\ 2.1W + 1.4\,W = 3.5W\end{cases}$$



تمرین: درمدار شکل مقابل مطلوب است:

الف) جریان عبوری مدار.

ب) توان تولیدی هر مولد را بدست آورید.



تمرین:در مدار شکل زیر مطلوب است :

الف) شدت جریان مدار.

ب) توان تولیدی یا توان گرفته شده هر مولد را بدست آورید.

@GamBeGam_Darsi

تمرین : جمله های درست ونادرست را تعیین کنید وجمله های نادرست را تصحیح کنید.

الف) توان الکتریکی هر جزء از مدار ازرابطه $P = \frac{V}{I}$ به دست می آید. درست: ..... نادرست : .....

ب) توان تولیدی مولد از رابطه $\mathcal{E}I$ وتوان مصرفی مولد از رابطه rI^2 به دست می آید.

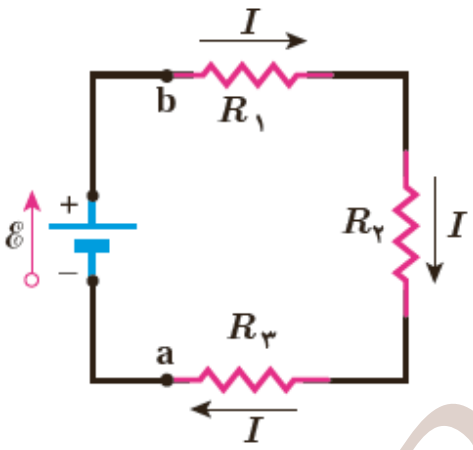
درست: ..... نادرست : .....

پ) توان مفید مولد از رابطه $\mathcal{E}I - rI^2$ به دست می آید. درست: ..... نادرست : .....

ت) بازده(راندمان) مولد از رابطه $Ra = \frac{V}{\mathcal{E}}$ به دست می آید. درست: ..... نادرست : .....

به هم بستن مقامت ها:

۱) به هم بستن متوالی مقاومت ها:

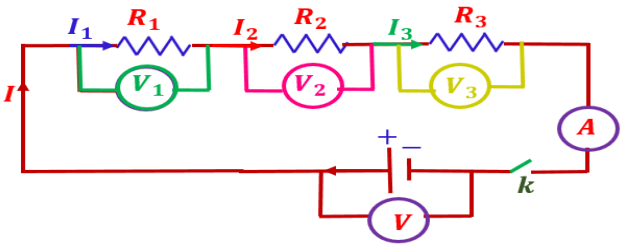


مطابق شکل سه مقاومت نشان داده شده به طور متوالی به یک باتری آرمانی با نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ بسته شده اند

توجه کنید واژه **متوالی** ربط چندانی به چگونگی رسم مقاومت ها ندارد . متوالی به معنای بسته شدن مقاومت ها یکی پس از دیگری است به طوری که هیچ انشعابی بین آنها وجود نداشته باشد و اختلاف پتانسیل V به دوسر این مجموعه از مقاومت ها اعمال شده باشد . در بستن متوالی مقاومت ها از همه مقاومت ها جریان یکسان I عبور می کند .مقاومت هایی را که به طور متوالی بسته شده اند می توان با یک مقاومت معادل R_{eq} جایگزین کرد که دارای همان اختلاف پتانسیل کل اعمال شده به دو سر مجموعه مقاومت ها و همان جریان I است.

@GamBeGam_Darsi

با توجه به مدار مقابل در حالت متوالی داریم :



۱) شدت جریان کل مدار برابر شدت جریان عبوری از هر مقاومت(**قانون پایستگی باربرقرار است**) .

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

۲)ولتاژکل مدار برابر مجموع ولتاژدوسر هرمقاومت(**قانون پایستگی انرژی برقرار است**).

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

۳) طبق قانون اهم داریم:

$$\begin{cases} R = \frac{V}{I} \rightarrow V = RI \\ V_1 = R_1 I_1 \\ V_2 = R_2 I_2 \\ V_3 = R_3 I_3 \end{cases}$$

۴) با قرار دادن روابط 3 دررابطه 2 نتیجه می گیریم :

$$\begin{cases} V = V_1 + V_2 + V_3 \xrightarrow{I=I_1=I_2=I_3} \\ \rightarrow V = V_1 + V_2 + V_3 \\ \rightarrow RI = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 \\ \xrightarrow{I=I_1=I_2=I_3} RI = R_1 I + R_2 I + R_3 I \\ \xrightarrow{\text{باحذف } I \text{ از طرفین}} R = R_1 + R_2 + R_3 \end{cases}$$

۵) بنابراین مقاومت معادل برابرمجموع هریک از مقاومت ها.

۶) مقاومت معادل از بزرگ ترین مقاومت هم بزرگ تر است.

۷) اگر n مقاومت مشابه را به طور متوالی ببندیم آنگاه داریم :

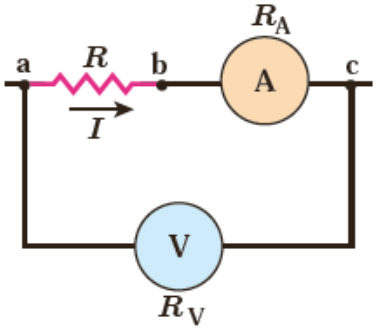
$$R = R_1 n$$

@GamBeGam_Darsi

۸) در حالت متوالی نسبت مقاومت ها با نسبت ولتاژها رابطه مستقیم دارد.

$$\begin{cases} R=\frac{V}{I}\rightarrow I=\frac{V}{R} \\ \xrightarrow{I_1=I_2} \frac{V_1}{R_1}=\frac{V_2}{R_2} \\ \rightarrow \frac{V_1}{V_2}=\frac{R_1}{R_2} \text{ و } \frac{P_1}{P_2}=\frac{R_1}{R_2} \end{cases}$$

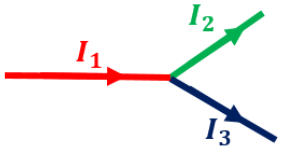
مثال: شکل روبه رو بخشی از مداری را برای اندازه گیری مقاومت مجهول R نشان می دهد(باتری نشان داده نشده است .)توجه کنید که مقاومت یک ولت سنج باید خیلی بزرگ باشد تا قرارگرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به طور محسوسی تغییر ندهد .همچنین مقاومت یک آمپرسنج باید خیلی ناچیز باشد تا قرار گرفتن آن در مدار به طور محسوسی جریان اجزای مداررا تغییر ندهد. فرض کنید در این مدار ولت سنج $24\ V$ و آمپرسنج $0.2\ A$ را نشان دهد .مقاومت ولت سنج $R_V = 1\times10^4\ \Omega$ و مقاومت آمپرسنج $R_A = 1\ \Omega$ است .



الف) مقاومت R

ب) نشان دهید توان مصرفی مقاومت معادل مقاومت های R و R_A برابر با مجموع توان های مصرفی هر یک از آنها است.

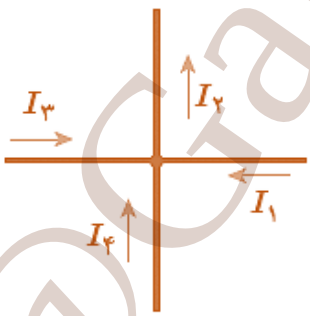
قاعدهٔ انشعاب کیرشهوف : مجموع جریان هایی که به هر نقطه انشعاب وارد می شودباید برابر با مجموع جریان هایی باشد که از آن نقطه انشعاب خارج می شود.



$$I_1 = I_2 + I_3$$

نکته: قاعده انشعاب در واقع مبتنی بر پایستگی بار الکتریکی است .هیچ باری نمی تواند در یک نقطه انشعاب جمع گردد و بنابراین مجموع بار وارد شده به هر انشعاب در واحد زمان باید برابر با مجموع بار خارج شده از آن انشعاب در واحد زمان باشد.همان طور که می دانیم بار عبوری در واحد زمان همان جریان است و بنابراین پایستگی بار بر قاعده جریان کیرشهوف می انجامد.

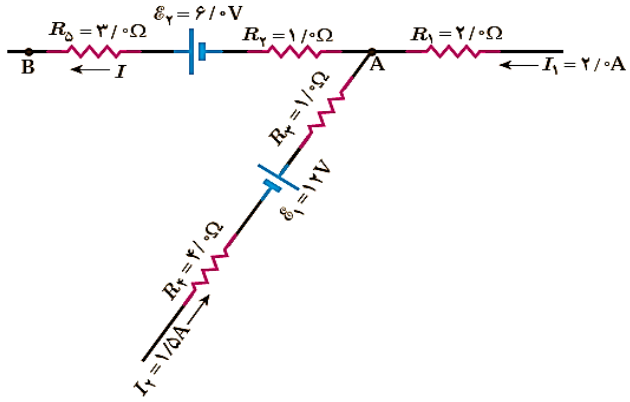
تمرین : برای نقطه انشعاب نشان داده شده در شکل زیر یک معادله براساس قاعده انشعاب کیر شهوف بنویسید.



@GamBeGam_Darsi

مثال : شکل روبه رو قسمتی از یک مدار را نشان می دهد.

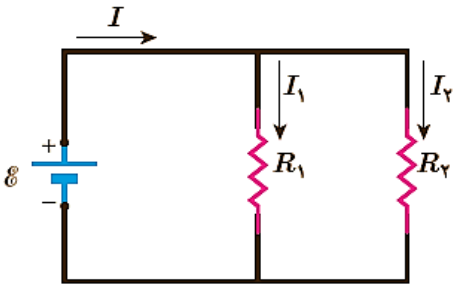
$V_A - V_B$ را محاسبه کنید.



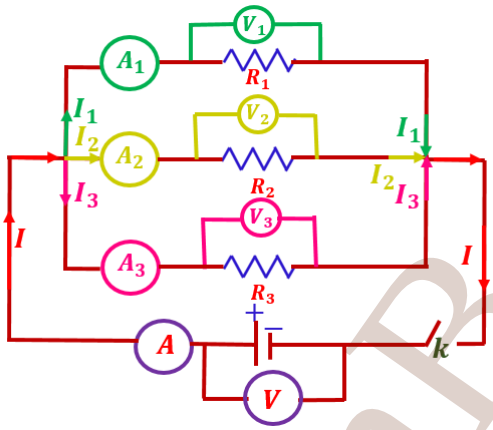
مثال: یک باتری آرمانی، اختلاف پتانسیل $\varepsilon = 12\ v$ را به دو سر مقاومت های $R_1 = 4\ \Omega$ و $R_2 = 6\ \Omega$ نشان داده شده در شکل اعمال می کند .

الف) جریان عبوری از هر مقاومت و

ب) جریانی که از باتری می گذرد چقدر است؟



۲) به هم بستن موازی مقاومت ها:



۱) ولتاژ کل مدار برابر ولتاژ دوسر هر مقاومت.

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

۲) جریان کل مدار برابر مجموع جریان های عبوری از هرمقاومت.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

۳) طبق قانون اهم داریم:

$$\begin{cases} R = \frac{V}{I} \rightarrow I = \frac{V}{R} \\ I_1 = \frac{V_1}{R_1} \\ I_2 = \frac{V_2}{R_2} \\ I_3 = \frac{V_3}{R_3} \end{cases}$$

@GamBeGam_Darsi

۴) با قرار دادن روابط 3 دررابطه 2 نتیجه می گیریم :

$$\begin{cases} I = I_1 + I_2 + I_3 \xrightarrow{V=V_1=V_2=V_3} \\ \rightarrow I = I_1 + I_2 + I_3 \\ \rightarrow \frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \\ \xrightarrow{V=V_1=V_2=V_3} \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \\ \xrightarrow{\text{باحذف } V \text{ از طرفین}} \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \end{cases}$$

۵) بنابراین عکس مقاومت معادل برابرمجموع معکوس هریک از مقاومت ها.

۶) مقاومت معادل از کوچک ترین مقاومت هم بکوچک تر است.

۷) اگر n مقاومت مشابه را به طور موازی ببندیم آنگاه داریم :

$$R = \frac{R_1}{n}$$

$$\begin{cases} R = \frac{V}{I} \rightarrow V = RI \\ \xrightarrow{v_1=v_2} R_1 I_1 = R_2 I_2 \\ \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} \text{ و } \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1} \end{cases}$$

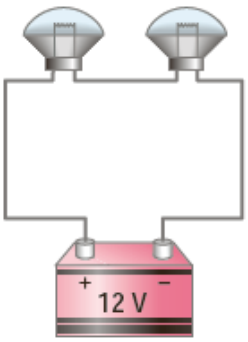
۸) در حالت موازی نسبت مقاومت ها با نسبت جریان ها رابطه عکس دارد.

مثال: در شکل های مقابل مقاومت لامپ ها $R = 4\ \Omega$ یکسان است مطلوب است:

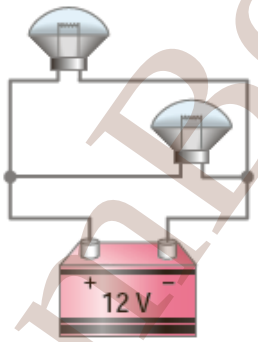
الف) نوع بستن لامپ ها در هر شکل چگونه است؟

ب) اندازه ولتاژ دوسر لامپ ها واندازه جریان لامپ ها در هر یک از شکل ها.

پ) به نظر شما در سیم کشی منازل ، ریسه های زینتی جشن ها وچراغ های اتومبیل باید لامپ ها را با کدام حالت بست ؟ چرا؟



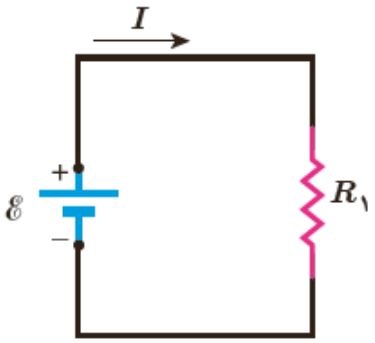
شکل(۱)



شکل(۲)

@GanBeGam_Darsi

تمرین: مدار ساده شکل زیر را که شامل یک منبع نیروی محرکه الکتریکی آرمانی با $\varepsilon = 150\ \mathrm{v}$ و یک مقاومت با $R = 100k\Omega$ است، در نظر بگیرید.

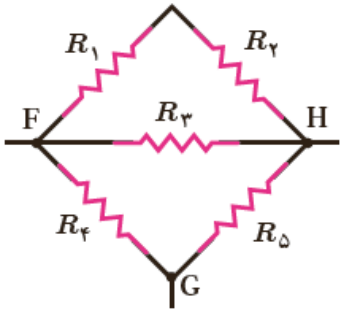


جریان عبوری از منبع را به دست آورید. سپس اگر ولت سنجی با مقاومت $R_V = 100M\Omega$ به طور موازی به دو سر مقاومت متصل شود، اکنون مقاومت معادل مدار چقدر می شود و چه جریانی از منبع می گذرد؟

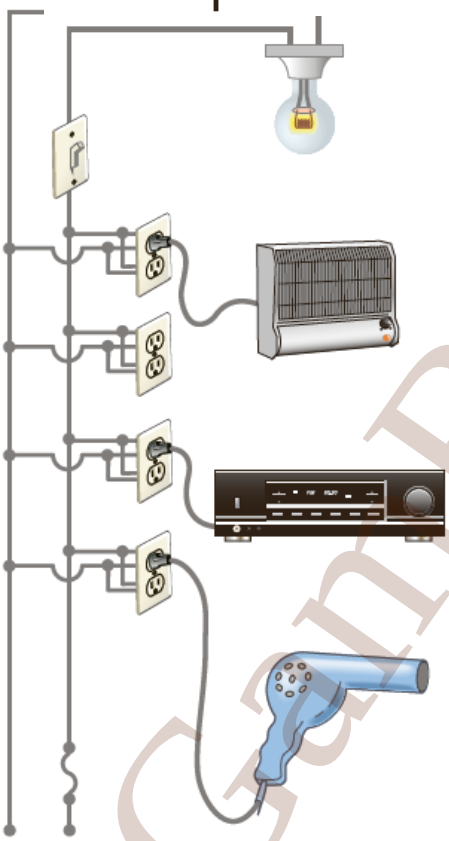
مثال : شکل روبه رو پنج مقاومت با $R = 5\Omega$ اهمی را نشان می دهد . مقاومت معادل بین نقطه های

الف) H و F

ب) F و G) را بیابید .



تمرین : یک لامپ رشته ای $100W$ ، یک بخاری برقی $2000\mathrm{W}$ ، یک دستگاه پخش صوت $200\mathrm{W}$ ، و یک سشوار(موخشک کن $2200\mathrm{W}$) مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی $220V$ وصل شده است.



الف) اگر فیوز شکل $15A$ باشد، یعنی حداکثر بتواند جریان $15A$ را تحمل کند، آیا فیوز خواهد پرید؟

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

راهنمایی (۱): در سیم کشی منازل همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند .بنابراین جریان کل عبوری از فیوز برابر با مجموع جریان های عبوری از هریک از مصرف کننده ها است. اگر جریان کل مصرفی از جریان نوشته شده روی فیوز بیشتر باشد فیوز می پرد. برای محاسبه جریان هر وسیله از رابطه $I = \frac{P}{V}$ استفاده می کنیم.

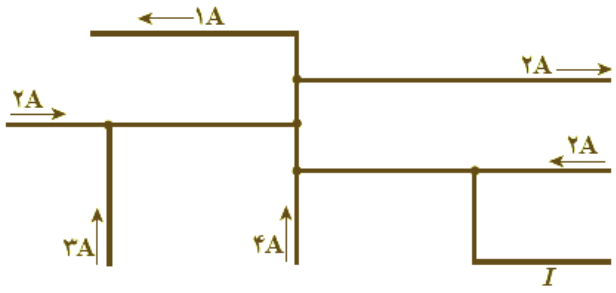
@GamBeGam_Darsi

راهنمایی (۲): همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند .بنابراین مقاومت معادل مصرف کننده های شکل از رابطه $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$ و مقاومت هر وسیله از رابطه $R=\frac{V^2}{P}$ بدست می آید.

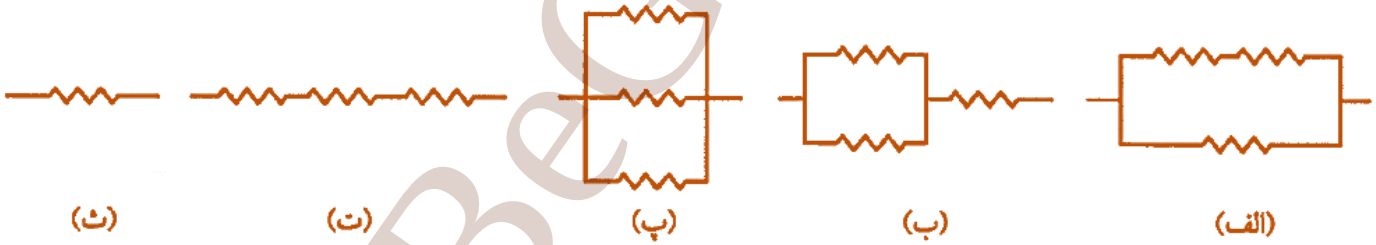
تمرین : لامپ های یک درخت زینتی، به طورمتوالی متصل شده اند .اگر ی‌کی از لامپ ها بسوزد، چه اتّفاقی می افتد؟ به نظر شما چرا همه چراغ های خودرو(چراغ های جلو، عقب و)... به طور موازی بسته می شوند؟

تمرین: مقاومت یک آمپرسنج برای اندازه گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه گیری شده توسط آمپرسنج با جریان قبل از قرار دادن آمپرسنج، نزدیک به هم باشد؟

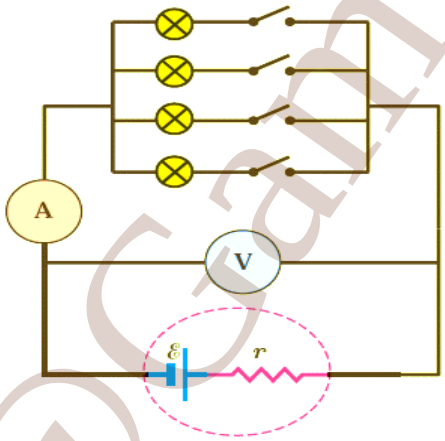
تمرین : شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می دهد . بزرگی و جهت جریان I در سیم پایین سمت راست چیست؟



تمرین : در شکل مقابل همه مقاومت ها مشابه اند .
مقاومت معادل هریک از این مدارها را از بیش ترین تا کم ترین مقدار بنویسید.

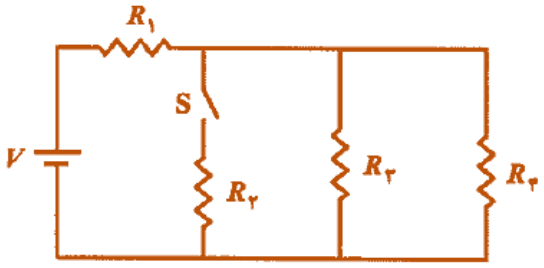


تمرین : در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده اند و هر لامپ با کلیدی همراه است .بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپرسنج و ولت سنج نشان می دهند، چه تغییری می کند؟



@CanBeGam_Darsi

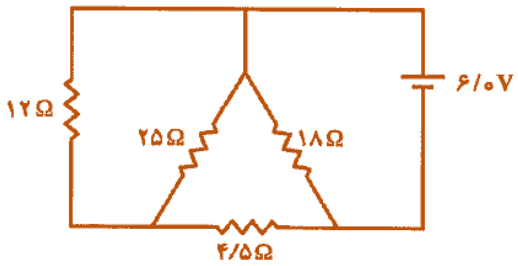
مثال : با درنظر گرفتن مدارشکل مقابل به پرسش های زیر پاسخ دهید.



الف) با بستن کلید S ولتاژدوسر هریک ازمقاومت ها چه تغیری می کند ؟ جریان عبوری از هر مقاومت ها چه تغییری می کند؟

ب) اگر $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 125\Omega$ و $v = 22\ V$ باشد . مقاومت معادل مدار وجریان عبوری از هر مقاومت را بدست آورید.

مثال: در مدار شکل مطلوب است :

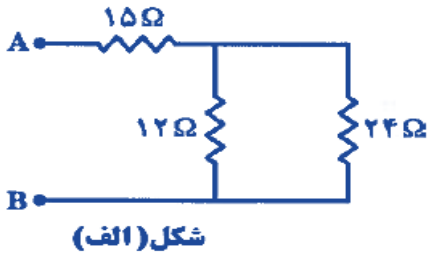


الف) مقاومت معادل مدار.

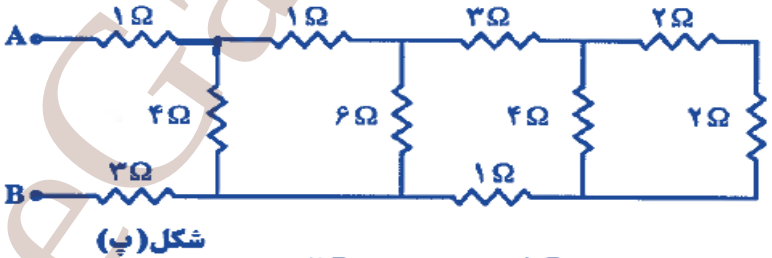
ب) جریان عبوری از مقاومت $R = 18\Omega$

پ) توان تلف شده درمقاومت $R = 12\Omega$

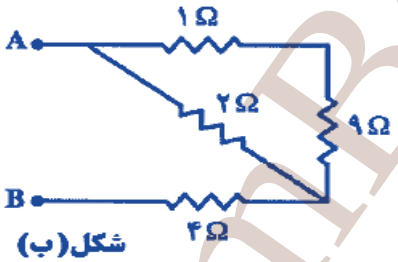
مثال: مقاومت معادل بین نقاط A و B را در مدار های زیررا به دست آورید.



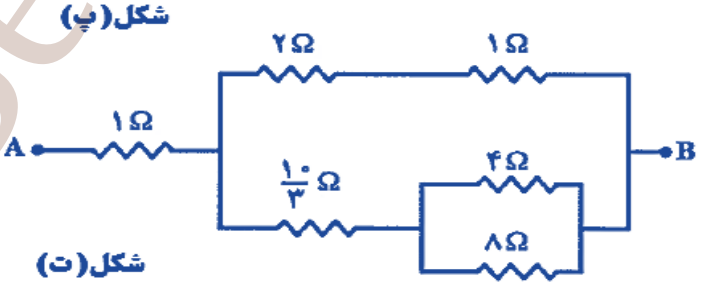
شکل(الف)



شکل(پ)



شکل(ب)

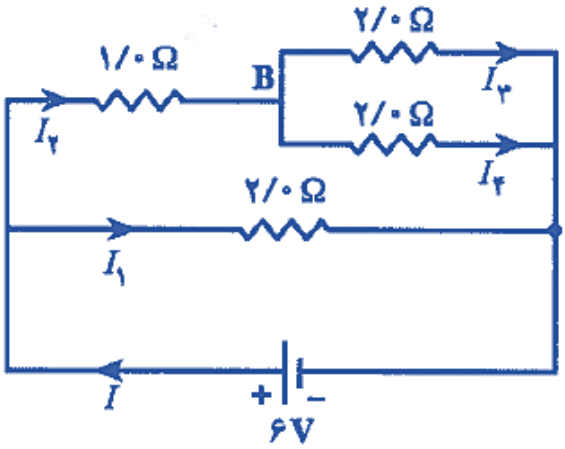


شکل(ت)

تمرین : دو لامپ با مقاومت مساوی را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می کنیم .نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

@GamBeGam_Darsi

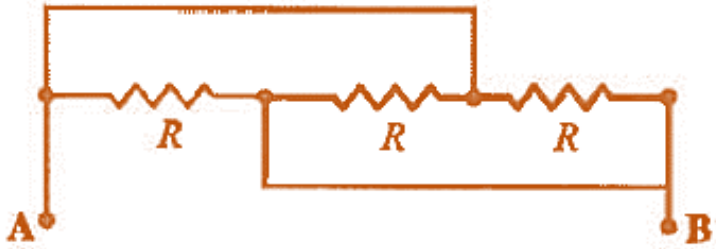
تمرین: در مدار شکل مقابل مطلوب است ؟



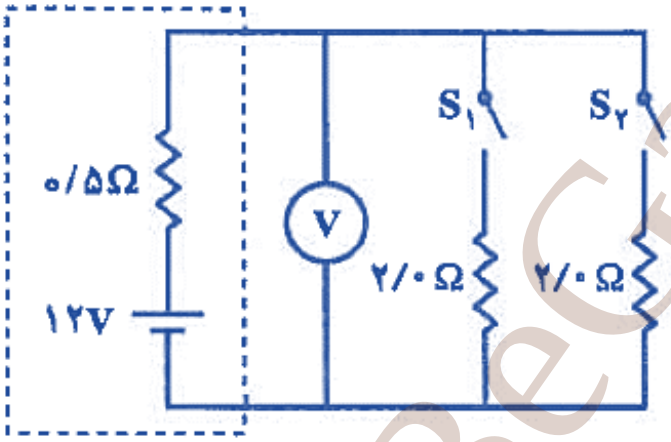
الف) مقاومت معادل مدار.

ب) پیدا کردن هریک از جریان های I_1 تا I_4

مثال: مقاومت معادل بین نقاط A و B را در مدار زیررا بر حسب R به دست آورید.



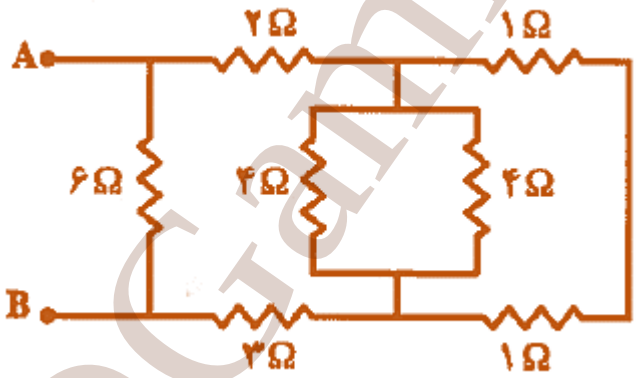
مثال : درمدار مقابا کلید های S_1 و S_2 بازند. و ولت سنج مقدار معینی را نشان می دهد. ابتدا کلید S_1 وسپس کلید S_2 را می بندیم . عددی که ولت سنج V در هر حالت برحسب ولت نشان می دهد چه قدر است؟ (ولت سنج را آرمانی فرض کنید.)



تمرین :

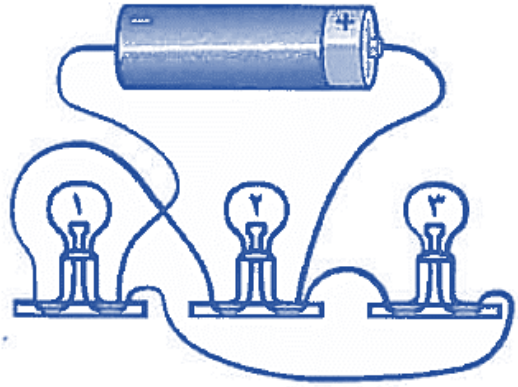
الف) مقاومت معادل بین نقاط A و B را در مدار زیررا به دست آورید.

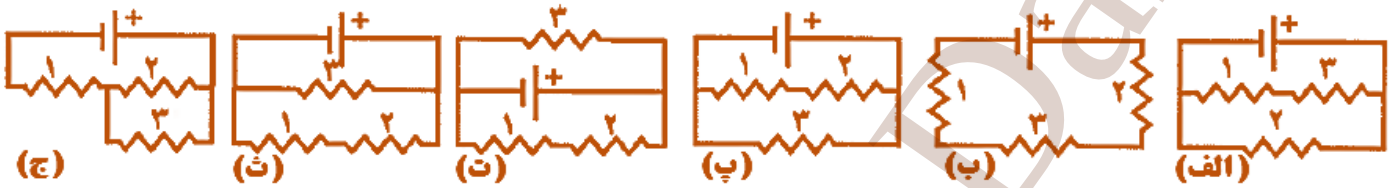
ب) در صورتی که به دو نقطه A و B اختلاف پتانسیل $\Delta V_{AB} = 12V$ اعمال شود ، جریان عبوری از مقاومت $R = 6\Omega$ چه قدر است؟



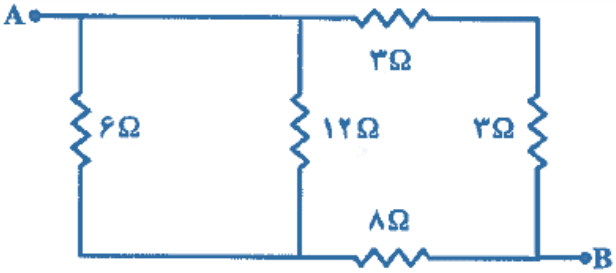
@GamBeGam_Darsi

مثال : شکل مقابل مداری شامل سه لامپ ویک باتری را نشان می دهد که توسط سیم هایی به هم وصل شده اند .کدام گزینه این مدار را به طور نمادین درست نشان می دهد؟

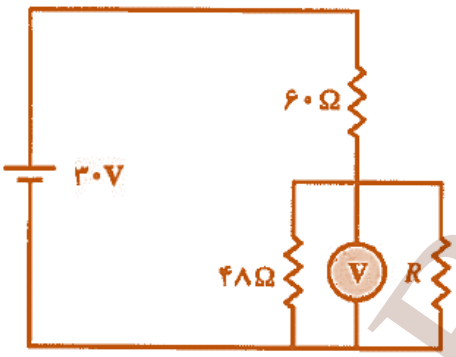




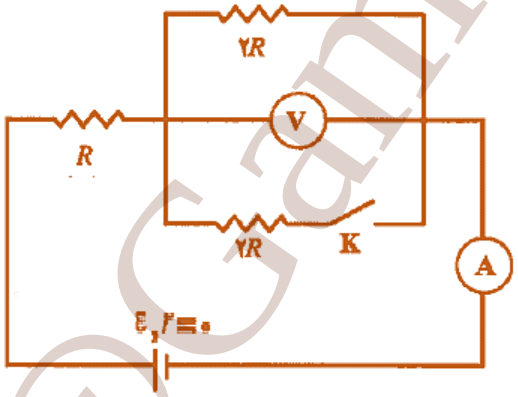
مثال : مقاومت معادل بین نقاط A و B را در مدار زیررا به دست آورید.



تمرین : درمدارشکل مقابل اگر ولت سنج $V = 5v$ را نشان دهد مقاومت R چند اهم است؟

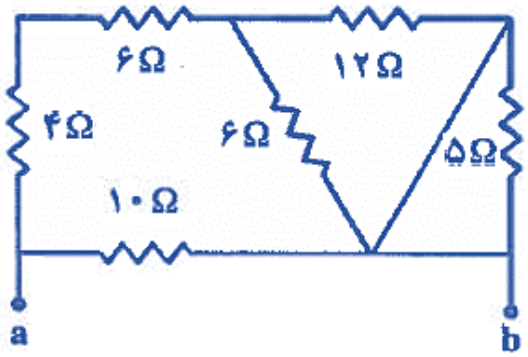


مثال : در مدار شکل مقابل ابتدا کلید K باز است . اگر کلید را ببندیم، عدد هایی که ولت سنج وآمپر سنج نشان می دهند چند برابر می شوند ؟

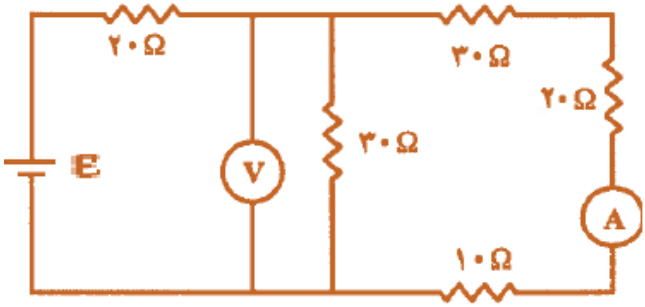


@GamBeGam_Darsi

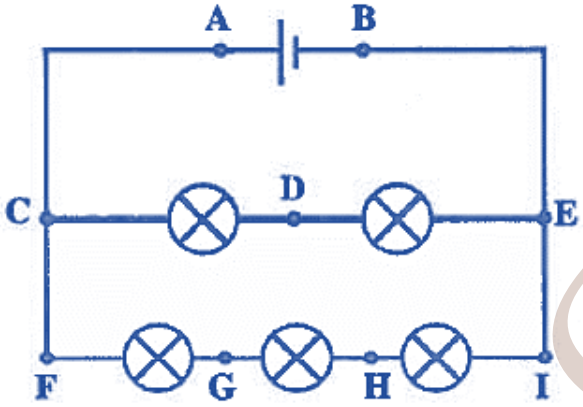
تمرین : مقاومت معادل بین نقاط a و b را در مدار مقابل چند اهم است؟



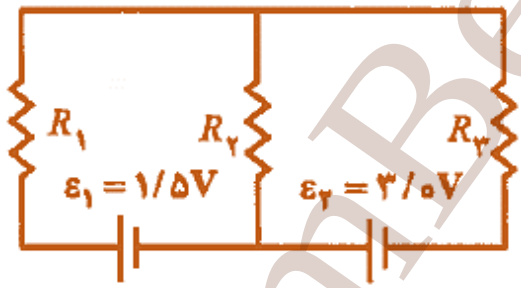
مثال : در مدار شکل مقابل آمپر سنج $I = 0.2\ A$ ولت سنج چه عددی را نشان می دهد.



تمرین : در مدار شکل مقابل همه لامپ ها مشابه اند و ولت سنج اختلاف پتانسیل $\Delta V_{AB} = 6V$ را نشان می دهد. اختلاف پتانسیل های بین نقاط $\Delta V_{FG} = ?$ ، $\Delta V_{GI} = ?$ ، $\Delta V_{CD} = ?$ و $\Delta V_{DE} = ?$ را چند ولت نشان می دهد؟

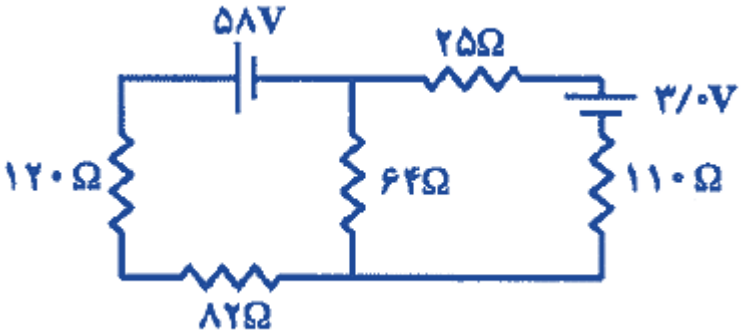


مثال : درمدار شکل مقابل $R_1 = 4\Omega$ ، $R_2 = 6\Omega$ و $R_3 = 3\Omega$ ومقامت درونی مولد ها ناچیز است. جریان الکتریکی در هر شاخه از مدار را پیدا کنید.



@GamBeGam_Darsi

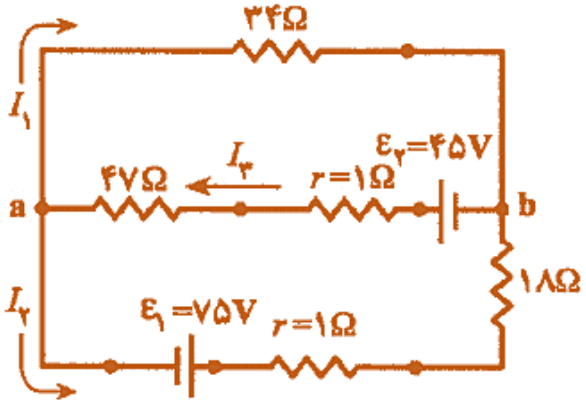
تمرین : در مدار مقابل جریان عبوری در هر شاخه را پیدا کنید.



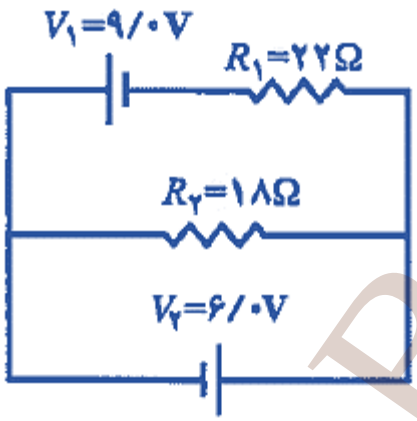
مثال : در مدار شکل زیر مطلوب است:

الف) جریان های I_1 و I_2 و I_3 را بدست آورید.

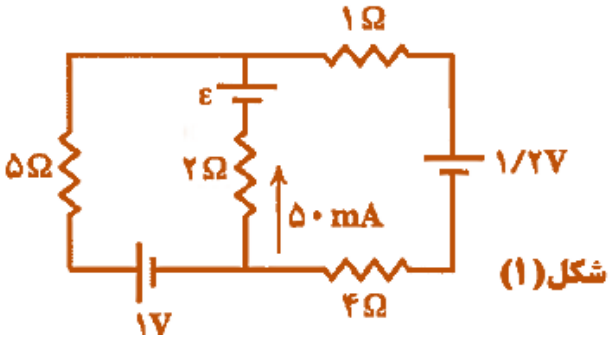
ب) اختلاف پتانسیل دو نقطه a و b را بدست آورید.

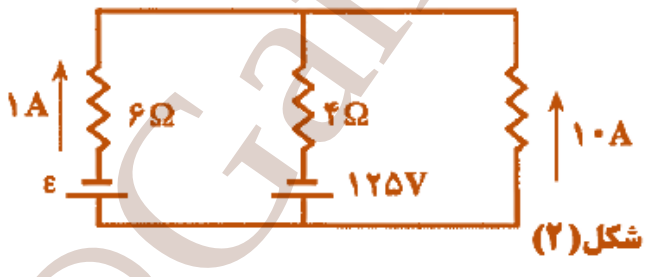


تمرین : در مدار شکل مقابل اندازه وجهت جریان را در هر یک از مقاومت ها را بدست آورید.



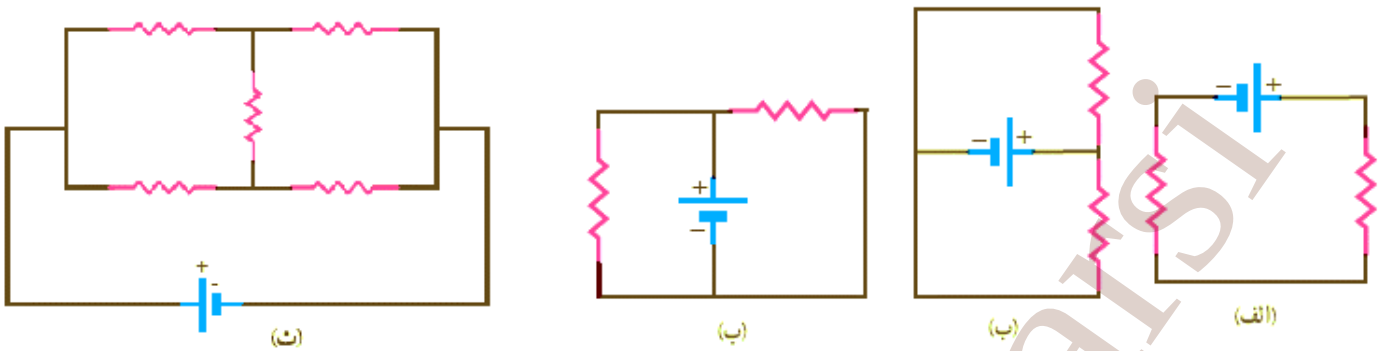
مثال : نیروی محرکه ε را در هریک از مولد ها حسا ب کنید.





@GamBeGam_Darsi

تمرین : در شکل های زیر، آیا مقاومت ها به طور متوالی بسته شده اند یا موازی و یا هیچ کدام؟



تمرین : یکی از راه های معمول برای روشن کردن اتومبیل هایی که باتری آن ضعیف است ، استفاده از باتری سالم یک اتومبیل دیگر است.نیروی محرکه ومقاومت درونی یک باتری خوب به ترتیب $\varepsilon_{\text{باتری خوب}} = 12.5V$ و

$r_{\text{باتری خوب}} = 0.02\Omega$ وبرای باتری ضعیف $\varepsilon_{\text{باتری ضعیف}} = 10.1V$ و $r_{\text{باتری ضعیف}} = 0.10\Omega$

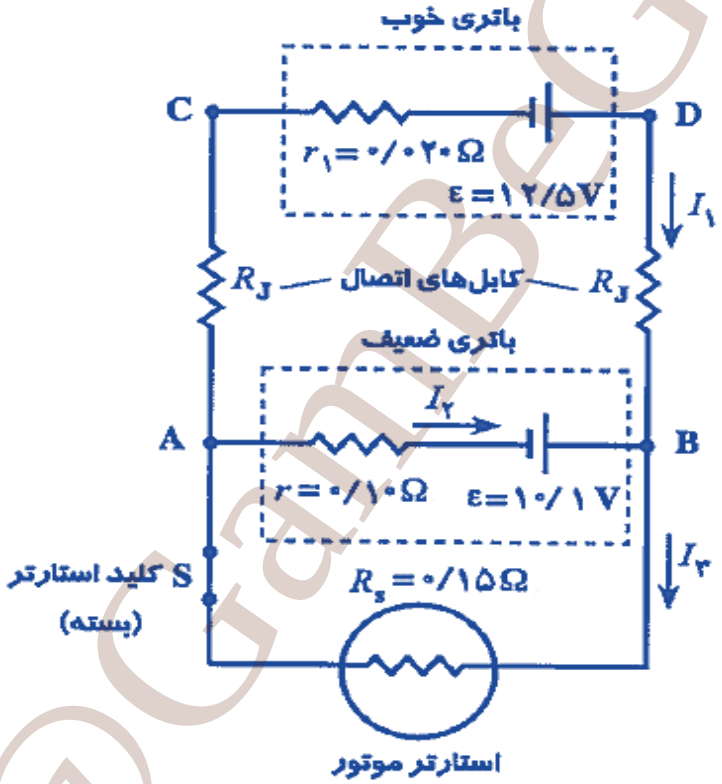
است. به کمک دوکابل مسی به طول $L = 3\ m$ وقطر $d = 0.5\ cm$ قطب های مثبت ومنفی باتری خوب را به قطب های مثبت ومنفی باتری ضعیف وصل می کنیم. مانند شکل مقابل . مقاومت استارتر موتور

$R_{\text{مقاومت استارتر موتور}} = 0.15\Omega$ وکلید استارتر در وضعیت بسته قراردارد. جریان عبوری از استارتر موتور را در هریک از دو حالت زیر بدست آورید.

($\rho_{\text{مس}} = 1.68 \times 10^{-8}\Omega m$)

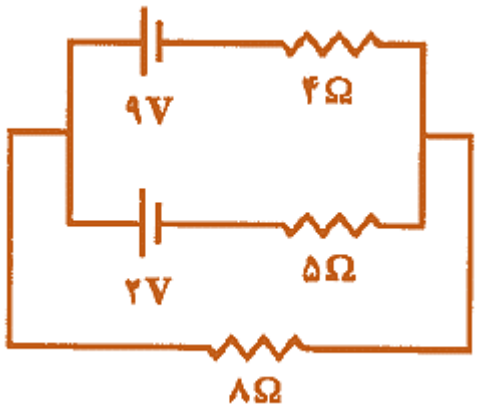
الف) باتری خوب به باتری ضعیف وصل نباشد.

ب) باتری خوب به باتری ضعیف وصل باشد.

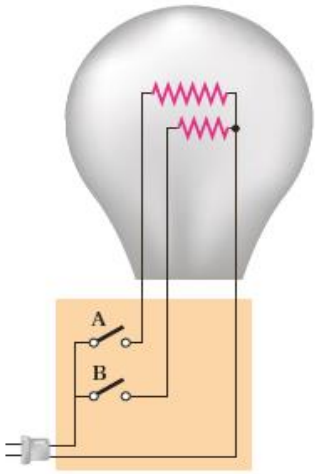


@GamBeGam_Darsi

مثال : آهنگ مصرف انرژی را درهریک از مقاومت های مدار زیر را بدست آورید.

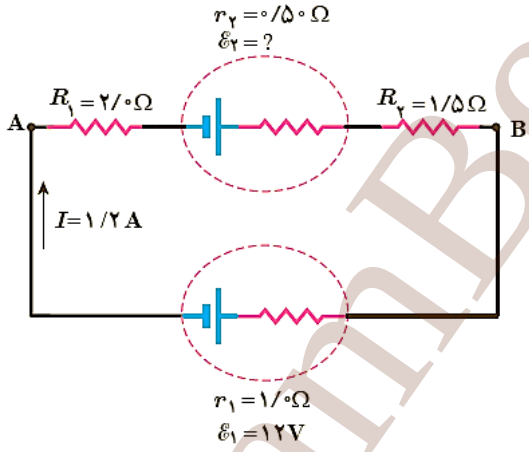


مثال: یک لامپ سه راهه $220V$ که دو رشته دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است .کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب $50\ W$ و $150W$ است .مقاومت هریک از رشته ها را بیابید.



راهنمایی: بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است. در بستن موازی مقاومت ها دیدیم مقاومت معادل کوچک تر از هریک از مقاومت ها است .بنابراین، بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای A و B هردو بسته اند؛

تمرین : در مدار شکل زیر جریان در جهت نشان داده شده $I = 1.2\ A$ است.



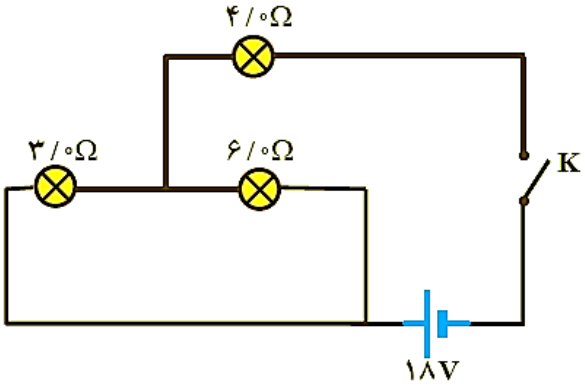
الف) نیروی محرکه $\mathcal{E}_2$ و $(V_A - V_B)$چقدر است؟

ب) انرژی مصرف شده در R_1 و R_2 در مدت $t = 5s$ ثانیه چقدر است؟

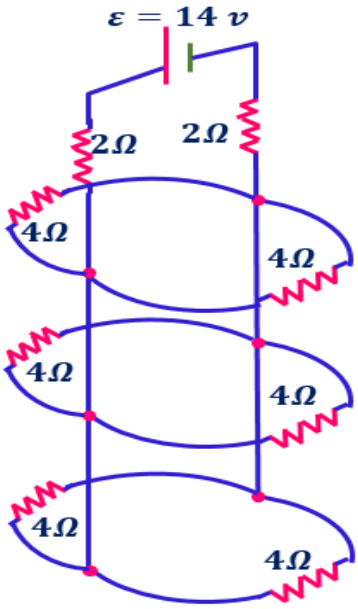
تمرین : سه مقاومت مشابه $12\ \Omega$ اُهمی را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می بندیم و به اختلاف پتانسیل $\Delta V = 12\ V$ وصل می کنیم .در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می گذرد؟

@GamBeGam_Darsi

تمرین : دو مقاومت موازی $R_1 = 6\ \Omega$ و $R_2 = 12\ \Omega$ به طور متوالی به یک مقاومت $R_3 = 2\ \Omega$ وصل شده است .اکنون، مجموعه مقاومت ها را به دو سر یک باتری آرمانی $\varepsilon = 36v$ وصل می کنیم شکل مدار را رسم کنید و توان مصرفی در مقاومت $R_1 = 6\ \Omega$ را به دست آورید.

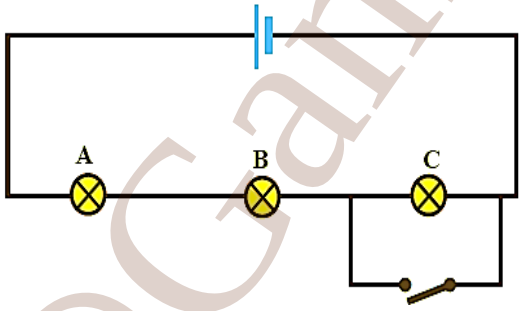


تمرین : در شکل زیر، وقتی کلید بسته شود چه جریانی از هر لامپ رشته ای می گذرد؟



تمرین : جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و هر یک از مقاومت های شکل روبه رو می گذرد، چقدر است؟

تمرین : لامپ های A ، B و C در شکل زیر همگی یکسان اند .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 و تغییر نمی کند.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازه 50% کاهش می یابد.

پ) هریک از اختلاف پتانسیل های A و B به اندازه 50% افزایش می یابد.

ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می یابد.

@CamBeGam_Darsi

تمرین : در سیم کشی منازل، همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند .یک اتوی $1100W$ یک نان برشته کن (توستر) $1800W$ پنج لامپ رشته ای $100W$ و یک بخاری $1100W$ به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی $220V$ که حداکثر می تواند جریان $I = 15\ A$ را تحمل کند وصل شده اند .آیا این ترکیب مصرف کننده ها باعث پریدن فیوز می شود یا خیر؟

@GamBeGam_Darsi

بسم الله الرحمن الرحیم

درسنامه فیزیک یازدهم

جزوه مهندس سالک توتونچی

۳ مغناطیس

جلسه اول

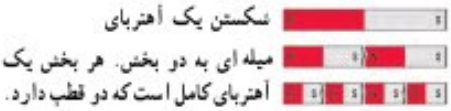
مغناطیس

واژه مغناطیس از کلمه Magnesia که نام محلی بوده‌است گرفته شده‌است ماده کانی مگنتیت (اکسید مغناطیسی آهن با فرمول Fe_3O_4) که آهن را می‌رباید برای اولین بار در این محل یافت شده‌است ماده‌های دارای این ویژگی را آهنربا می نامند.

قطب های مغناطیسی

در آهنربا مکان‌هایی وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آن جا بیش‌تر از جاهای دیگر است؛ یعنی اگر آهنربا را نزدیک مقداری براده ی آهن کنیم در آن نقاط براده بیش‌تر جذب می‌شود. به این نقاط قطب‌های آهنربا گوییم.

تمام آهنرباها هم قطب N دارند و هم قطب S اگر یک آهنربای میله ای را دو قسمت کنید، هر بخش آن دوباره دارای دو قطب آهنربایی است



اگر باز تقسیم کردن را ادامه دهید، هرگز یک قطب تنها یا به عبارتی دیگر تک قطبی مغناطیسی نخواهید داشت.

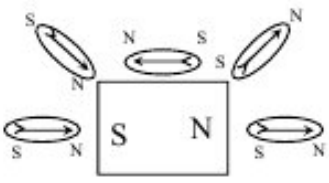
میدان مغناطیسی

اطراف یک آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد به طوری که هر جسم آهنی مانند میخ را به سوی خود جذب میکند کمیتی برداری است و آن را با نماد $\vec{B}$ نمایش میدهیم

عقربه مغناطیسی

بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی قطب N عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار میگیرد، آن جهت را نشان میدهد.

میتوانیم با استفاده ازیک سری خط، میدان مغناطیسی در یک ناحیه از فضا را نمایش دهیم. این خطوط به گونه ای رسم میشوند که:

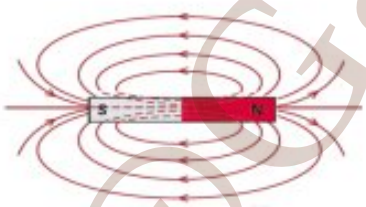


۱)راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه، مماس بر خط میدان در آن نقطه باشد.

۲)خط میدان مغناطیسی در هر نقطه، همسو با میدان مغناطیسی در آن نقطه باشد.

۳)تراکم این خطوط در هر ناحیه، نشانگر شدت (بزرگی) میدان مغناطیسی در آن نقطه باشد.

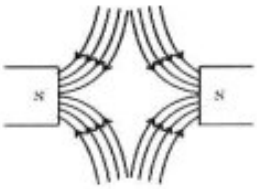
با توجه به شکل خطوط در آهنربا ، درمی یابیم که خطوط میدان مغناطیسی، خط هایی بسته اند که در داخل آهنربا از S به N و در خارج از آن از N شروع و به S ختم میشوند.



خطوط میدان مغناطیسی هم همانند خطوط میدان الکتریکی همدیگر را قطع نمیکنند.

@GamBeGam_Darsi

هنگامی که دو قطب همنام کنار هم قرار میگیرند، خطوط میدان مغناطیسی مطابق شکل خواهد بود.

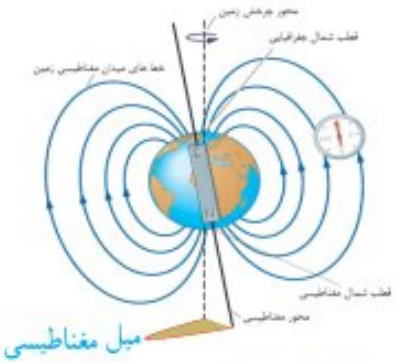


برای قطبهای N - N هم فقط جهت فلش ها عوض می شود.

هر گاه در ناحیه ای از فضا جهت و بزرگی میدان مغناطیسی تغییر نکند، **میدان مغناطیسی در این ناحیه یکنواخت است**

میدان مغناطیسی زمین:

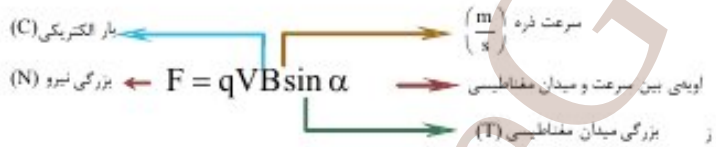
زمین خود مانند یک آهنربا عمل میکنـــد و عقربـــه ی مغناطیســـی را می چرخاند. با توجه به این که قطب های ناهمنام همدیگر را جذب میکنند انتظـــار داریـــم قطب S این آهنربای بزرگ (زمین) در **قطب شمال جغرافیایی** باشد و قطب N آن در **قطب جنوب جغرافیایی**.

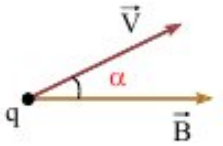


نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

برخلاف میدان الکتریکی که بر هر باری (چه ساکن و چه متحرک) نیرو وارد میکند، **میدان مغناطیسی فقط بر بارهای متحرک نیرو وارد میکند.**

اندازه ی این نیرو از رابطه ی زیر محاسبه میشود:





میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) کمیتی برداری است. اندازه ی آن را هم در سیستم بین المللی SI برحسب واحدی به نام تسلا T بیان می کنند.

$$1T = 1\frac{N}{C\,m/s} = 1\frac{N}{Am}$$

نکته: واحد دیگر میدان مغناطیسی، گاوس G است که یک ده هزارم تسلا میباشد:

$1T = 10^{4}G$ یا $1G = 10^{-4}T$

اگر V و B همراستا باشند ($\alpha = 0$ یا $\alpha = 180$) آنگاه $\sin\alpha = 0$ و در نتیجه

$F = 0$

اگر V و B بر هم عمود باشند آنگاه، $\sin\alpha = 1$ یعنی

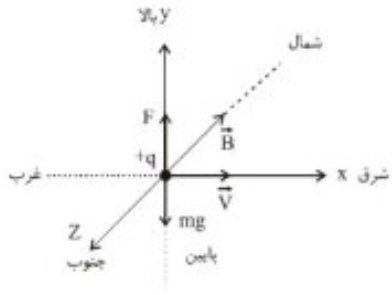
$F_{max} = qVB$

@GamBeGam_Darsi

حرکت ذرهی باردار در میدان مغناطیسی در حضور نیروی الکتریکی یا گرانشی زمین:

اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره ی باردار در میدان مغناطیسی، هم اندازه و خلاف جهت وزن ذره باشد، بنابراین ذره ی باردار بر مسیر مستقیم با سرعت ثابت بدون انحراف حرکت خواهد کرد.

مانند شکل مقابل که بار $q+$ در میدان مغناطیسی زمین در جهت شرق پرتاب شده است.

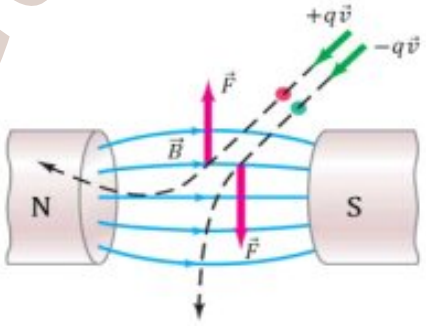


در این صورت میتوان نوشت: $F = mg = qVB\sin\alpha \xrightarrow{\alpha=90^\circ} mg = qVB$

جهت نیروی وارد بر ذره ی باردار متحرک در میدان مغناطیسی (قانون دست راست) :

چهار انگشت باز دست راست را در جهت حرکت ذره V قرار می دهیم، به طوریکه بردارمیدان B از کف دست به سمت خارج قرار گیرد و بتوان چهار انگشت را به سمت آن خم کرد. در این صورت انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان میدهد.

اگر بار الکتریکی منفی باشد، جهت نیرو در خلاف این جهت خواهد بود.



مثال :

ذرهای با بار $4+$ میکروکولن و با سرعت $2\times10^{3}\,m/s$ در جهتی حرکت میکند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $100\ G$ زاویه 30° می سازد . بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را محاسبه کنید.

مثال :

بر الکترونی $q=-1/6\times10^{-19}\,C$ که با زاویه 60° نسبت به یک میدان مغناطیسی به بزرگی $35\,G$ حرکت میکند، نیروی مغناطیسی به بزرگی $4/6\times10^{-15}\,N$ وارد میشود. بزرگی سرعت این الکترون چقدر است؟

@GamBeGam_Darsi

بسم الله الرحمن الرحیم

درسنامه فیزیک یازدهم

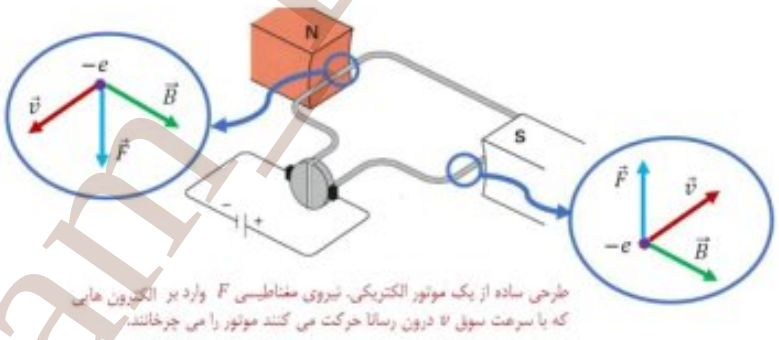
جزوه مهندس سالک توتونچی

۳ مغناطیس

جلسه دوم

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

اگر مطابق شکل سیم رسانای مستقیمی را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، بلافاصله پس از بستن کلید K و عبور جریان از سیم، از طرف میدان مغناطیسی به ذرات باردار جاری در سیم و در نتیجه به کل سیم نیرو وارد میشود .



طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون هایی که با سرعت سوق v درون رسانا حرکت می کنند موتور را می چرخانند.

واکنش این نیرو، نیرویی است هم اندازه و در خلاف جهت که از طرف سیم به عامل تولید میدان مغناطیسی وارد میشود.

از آن جایی که جریان الکتریکی همان حرکت بارهاست، پس میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان هم نیرو وارد میکند.

این نیرو از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$F = ILB\sin\alpha$$

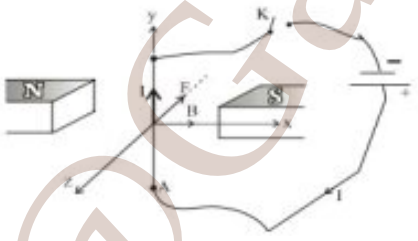
- I: شدت جریان (A)
- F: بزرگی نیرو (N)
- B: بزرگی میدان مغناطیسی (T)
- α: زاویه ی بین راستای جریان و میدان مغناطیسی
- L: طول سیم (m)

اگر سیم در راستای میدان قرار گیرد ($\alpha = 0$ یا $\alpha = 180^\circ$) به سیم نیرویی وارد نمی شود

$$F = ILB\sin\alpha = 0$$

اگر $\alpha = 90^\circ$ باشد، اندازهی نیرو بیشینه خواهد بود

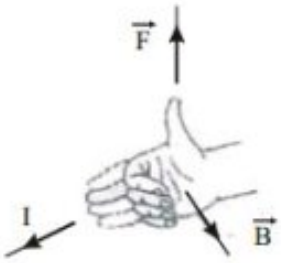
$$F_{max} = ILB$$



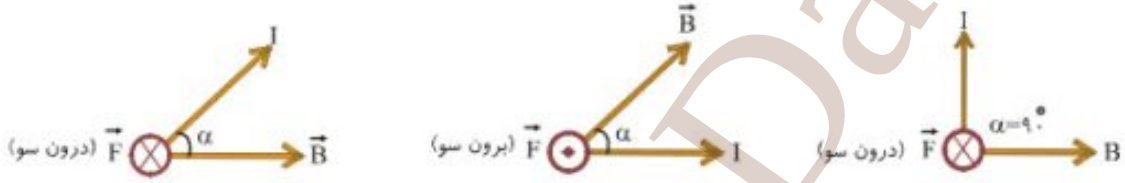
نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی عمود است.

@GanBeGam Darsi

جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان (قاعده ی دست راست)

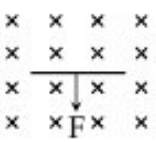


چهار انگشت باز دست راست را در جهت جریان I قرار می دهیم به طوریکه بردار میدان B از کف دست خارج شود و بتوان چهار انگشت را به طرف آن خم کرد. در این صورت انگشت شست جهت نیـــروی F وارد بـــر ســـیم را نشان میدهد.



مثال :

سیم رسانایی به طول m ۲مطابق شکل عمود بر میدان مغناطیسی با اندازهی T ۰/۵قـــرار گرفتـــه است. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم برابر N ۲باشد، جهت و اندازه ی جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



مثال :

در قسمتی از دیوار خانه ای، یک سیم مستقیم ۲/۵متری قرار دارد که در لحظه های معینی، حامل جریان ۱/۵A از شرق به غرب است بزرگی میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم ۰/۵۵گاؤس و جهت آن از جنوب به شمال است. نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم، با توجه به شرایط ذکر شده، چقدر است؟

@GamBeGam_Darsi

بسم الله الرحمن الرحیم

درسنامه فیزیک یازدهم

جزوه مهندس سالک توتونچی

۳ مغناطیس

جلسه سوم

آثار مغناطیسی جریان الکتریکی

هرگاه از یک سیم راست و بلند جریان I بگذرد در اطراف آن میدانی مغناطیسی ایجاد میشود که خطوط آن به صورت حلقه هایی متحدالمرکز (به مرکز سیم)اند و اندازه ی آن در نقطه ای به فاصله ی r از سیم از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I}{R}$$

- B: میدان مغناطیسی (T)
- I: شدت جریان (A)
- R: فاصله از سیم راست (m)

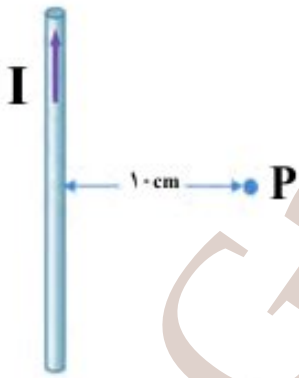
ضریب تناسب در SI برابر $\frac{\mu_0}{2\pi}$ است که در آن μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر با $\frac{T.m}{A}$ $۴\pi\times۱۰^{-۷}$ است؛

$$\mu_0 = ۴\pi\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A} \longrightarrow B = ۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{I}{R}$$

نکته:

همانگونه که از رابطه ی فوق برمی آید، هر چه r زیاد شود (از سیم فاصله بگیریم) اندازه ی میدان (B) کوچکتر می شود.

جهت خطوط میدان همانگونه که در شکل مشخص است به جهت جریان گذرنده از سیم وابسته است.



مثال:

اندازه میدان مغناطیسی ناشی از جریان ۲۰ آمپر را که از سیمی دراز و مستقیم می گذرد، در نقطه ای به فاصله $۱۰cm$ از سیم حساب کنید.

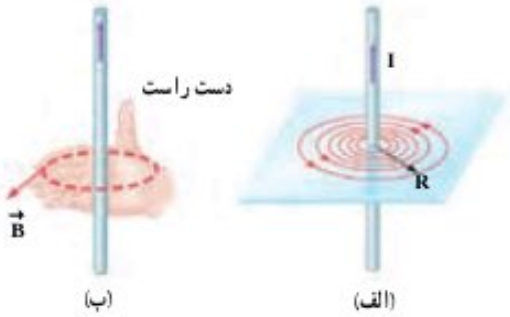
مثال:

سیم مستقیم بلندی حامل جریان $۱A$ است. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از این جریان در چه فاصله ای از سیم برابر $B = ۰/۵G$ (حدود بزرگی میدان مغناطیسی زمین) میشود؟

@GamBeGam_Darsi

جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست(قاعدهی دست راست) :

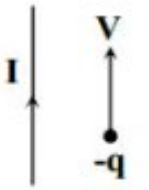
اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان (I) قرار دهیم، چهار انگشت خمیده جهت میدان (B)را نشان می دهد.



الف) خط‌های میدان مغناطیسی در اطراف سیم بلند حامل جریان I . ب) استفاده از قاعدهٔ دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ در اطراف یک سیم بلند حامل جریان I.

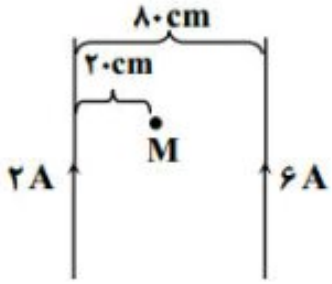
مثال :

در شکل مقابل بر بار q- که به موازات سیم حرکت می کند، در چه جهتی نیرو وارد میشود؟



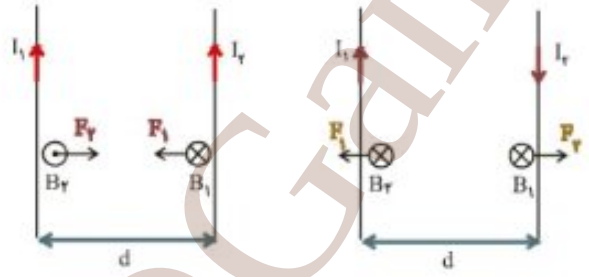
مثال :

مطابق شکل از دو سیم ۱و ۲جریانهای $2A$و $6A$عبور میکند. اگر فاصله ی دو سیم از هم $80cm$ باشد در نقطه ای به فاصله ی $20cm$ از سیم ۱ (در صفحه‌ی گذرنده از دو سیم) میدان مغناطیسی چه‌قدر است؟



نیروی بین سیم های موازی حامل جریان:

دو سیم موازی حامل جریان پیوسته مطابق شکل بر یکدیگر نیرو وارد می کنند، این دو نیرو کنش و واکنش بوده و هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند (نیروی وارد بر طولهای مساوی از دو سیم)



@GamBeGam_Darsi

اندازه ی نیرو از رابطه ی زیر به دست می آید:

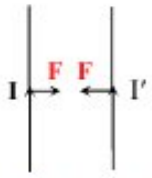
$$\begin{cases} F_1 = B_1 I_2 L \\ B_1 = 2\times10^{-7}\dfrac{I_1}{d} \end{cases} \Rightarrow \quad F_1 = F_2 = 2\times10^{-7}\dfrac{I_1 I_2}{d}\times L$$

نیروی وارد بر واحد طول هر سیم از طرف سیم دوم عبارتست از:

$$\frac{F}{L} = 2\times10^{-7}\frac{I_1 I_2}{d}$$

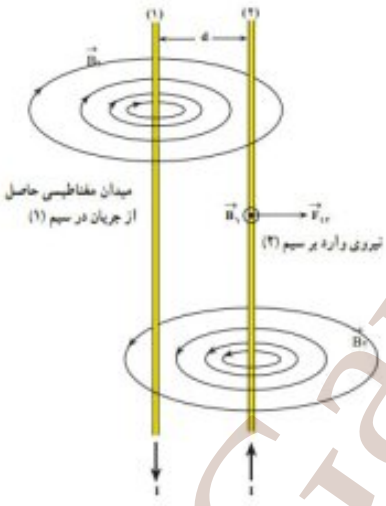
تذکر: اگر جریان سیم ها، همسو باشد، نیروی بین سیم ها جاذبه و اگر جریان سیم ها غیر همسو باشد، نیروی بین آنها دافعه خواهد بود.

دو سیم حامل جریان‌های مختلف الجهت



دو سیم حامل جریان‌های هم جهت

در دو سیم مستقیم دراز و موازی حامل جریان، با توجه به جهت جریان بر هم نیروهای ربایشی یا رانشی وارد میکنند، این واقعیت، اساس تعریف یکای جریان الکتریکی یعنی آمپر در SI است. مطابق این تعریف:



هرگاه از دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار دراز که به فاصله یک متر از یکدیگر در خلأ قرار دارند، جریان های مساوی به گونه ای عبور کند که بر یک متر از طول هریک از سیم ها نیرویی برابر 2×10^{-7} نیوتون وارد شود، جریانی که از هریک از سیم‌ها می گذرد، برابر یک آمپر است.

@GamBeGam_Darsi

بسم الله الرحمن الرحیم

درسنامه فیزیک یازدهم

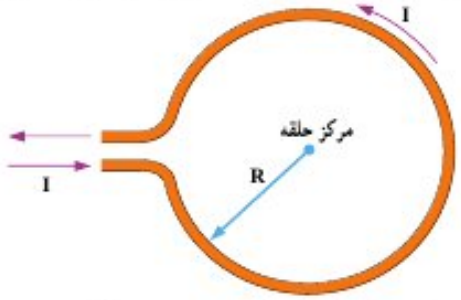
جزوه مهندس سالک توتونچی

۳ مغناطیس

جلسه چهارم

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره ای – پیچه و سیم لوله حامل جریان:

در جلسه قبل به توضیح میدان و نیرو های حاصل از یک سیم راست پرداختیم . ان شاالله در ادامه بحث حاضر میدان های حاصل از یک حلقه و پیچه و سیم لوله حامل جریان را بررسی خواهیم کرد.



هرگاه سیم حامل جریان I را به صورت یک حلقه به شعاع R درآوریم، میدان مغناطیسی ناشی از آن در نقاط درون حلقه به مقدار قابل توجهی افزایش می یابد.

در این حالت بزرگی میدان مغناطیسی حلقه به شعاع R و حامل جریان I در مرکز حلقه از رابطه زیر به دست میآید:

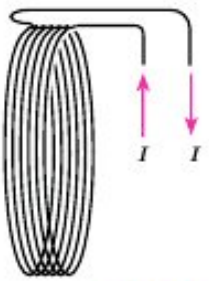
$$B = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{I}{R} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{بزرگی میدان (T)} \\ \rightarrow \text{شدت جریان (A)} \\ \rightarrow \text{شعاع پیچه} \end{matrix} \qquad \Longrightarrow \quad B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{I}{R}$$

تذکر: اگر سیمی به طول $\mathcal{L}$ را به صورت پیچه ای به شعاع R در آوریم، تعداد حلقه ها ($\mathcal{N}$) از رابطه ی زیر به دست میآید .

$$N = \frac{L}{2\pi R} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{تعداد حلقه های پیچه} \\ \rightarrow \text{(محیط حلقه)} \end{matrix}$$

بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه مسطحی به شعاع R، دارای $\mathcal{N}$ دور و حامل جریان I از رابطه زیر به دست میآید:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{NI}{R}$$



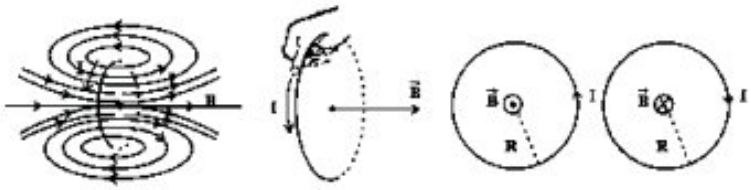
اگر سیمی به طول $\mathcal{L}$

$$\begin{cases} B = 2\pi \times 10^{-7} \dfrac{NI}{R} \\ N = \dfrac{L}{2\pi R} \end{cases} \Rightarrow B = 10^{-7} \frac{LI}{R^2}$$

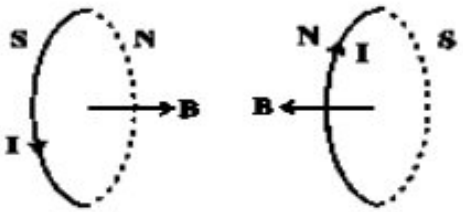
@GamBeGam_Dars

جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه و سیم پیچ مسطح:

جهت میدان(قاعدهی دست راست): اگر مانند سیم مستقیم، انگشت شست دست راست را در جهت جریان I قرار دهیم، چهار انگشت خمیده جهت میدان Bرا درون حلقه و پیچه را نشان خواهد داد.

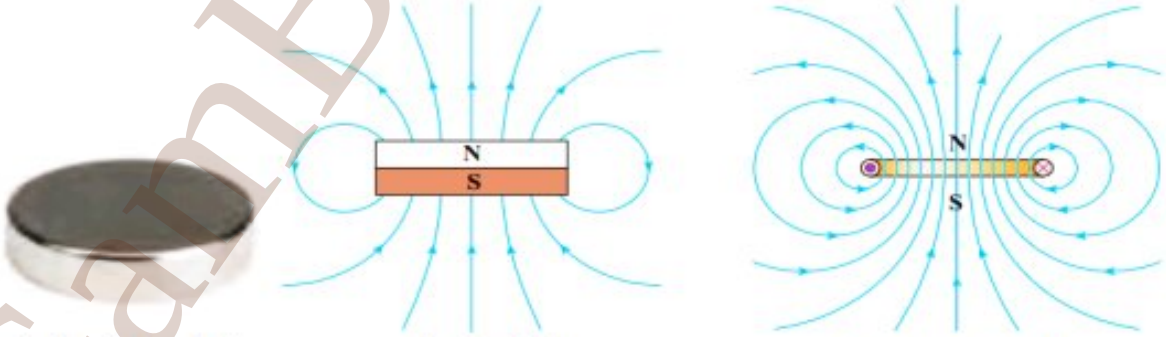


روش دوم :اگر چهارانگشت خمیدهی دست راست را در جهت Iقرار دهیم، انگشت شست جهت $\mathcal{B}$ و قطب $\mathcal{N}$حلقه را نشان می دهد.



تذکر :بردار میدان مغناطیسی در مرکز پیچهی مسطح، بر صفحه ی شامل پیچه عمود است.

نکته: بررسی و مقایسه میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره ای شکل، نشان می دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می گیرند.

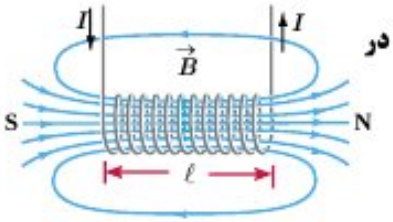


(پ) آهنربای تخت دایره‌ای (ب) آهنربای دائم (الف) حلقهٔ حامل جریان

@GamBeGam_Darsi

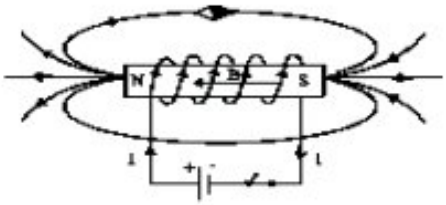
میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله حامل جریان:

سیملوله، سیم درازی است که به صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیملوله، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می آید.



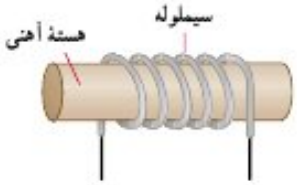
خط های میدان داخل سیملوله بسیار متراکم تر از خط های میدان در خارج آن است و این نشانگر بزرگتر بودن میدان در داخل سیملوله است. افزون بر این، خط های میدان در داخل سیملوله، بهو یژه در نقطه های نسبتاً دور از لبه های آن تقریباً موازی و همفاصله اند و این، نشانگر یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیملوله است.

جهت میدان :اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان I هر حلقه قرار دهیم، چهار انگشت خمیده جهت میدان $\mathcal{B}$ را درون سیملوله نشان میدهد. جهت میدان درون سیملوله از Sبه $\mathcal{N}$است و در خارج آن از $\mathcal{N}$به S .



روش دوم :اگر چهارانگشت خمیده ی دست راست را در جهت جریان قرار دهیم، انگشت شست، جهت میدان را در درون سیملوله و به عبارتی قطب $\mathcal{N}$ سیملوله را نشان میدهد.

اگر درون سیملوله تیغه ی آهنی قرار گیرد، آهنربای الکتریکی خواهیم داشت. با عبور جریان، تیغه ی آهنی خاصیت آهنربایی خواهد داشت و پس از قطع جریان این خاصیت سریع از بین میرود.



عوامل مؤثر بر بزرگی میدان مغناطیسی:

$B = \mu_0 nI$

B ← بزرگی میدان (T)

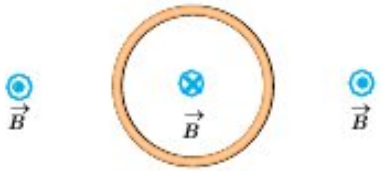
n → تعداد حلقه ها در واحد طول

I →

$n = \frac{N}{L}$ → تعداد حلقه های سیملوله

@GamBeGam_Darsi

مثال : شکل روبه رو، یک حلقه 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.



مثال : از پیچه مسطحی به شعاع ۶/۲۸cm که از ۲۰۰۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان ۲۰mA میگذرد اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به دست آورید.

مثال : اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $۳\times۱۰^{-۸}G$ اندازه گیری شده است. اگرچه جریان هایی که این میدان را به وجود می آورند بسیار پیچیده اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان ها به صورت تک حلقه ای دایره ای به قطر ۱۶cm می توان مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

مثال : سیملوله ای آرمانی به طول ۱۵cm دارای ۶۰۰ حلقه سیم نزدیک به هم است. اگر جریان ۸۰۰mA از سیملوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در نقطه ای درون سیملوله و دور از لبه های آن پیدا کنید.

مثال : سیملوله ای چنان طراحی شده است که میدان مغناطیسی در مرکز آن ۲۷۰گاوس باشد. شعاع این سیملوله ۱/۴cm و طول آن ۴۰/۰cm است. اگر بخواهیم جریان بیشینه ای که از آن میگذرد ۱/۲A باشد کمترین تعداد دورهای آن در واحد طول چقدر باید باشد.

مثال : سیمی به طول ۴۰ cm را به صورت یک پیچه ی دو حلقه ای درآورده ایم و جریان ۲ A را از آن عبور داده ایم. انـدازه ی میـدان مغناطیسـی حاصل در مرکز پیچه چه قدر است؟

مثال : الکترونی با سرعت $۱۰^{۷}$ واردیک سیملوله میشود. چنانچه در هر ۲۰cm طول سـیملوله ۱۰۰۰ حلقه موجود باشد و جریان گذرنده از آن ۲ A باشد، مطلوبست

الف میدان مغناطیسی داخل سیملوله

ب نیروی وارد بر الکترون

@GamBeGam_Darsi

بسم الله الرحمن الرحیم

درسنامه فیزیک یازدهم

جزوه مهندس سالک توتونچی

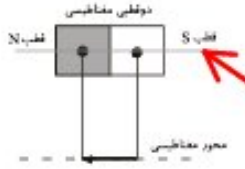
۳ مغناطیس

جلسه پنجم

ریاضی

مواد مغناطیسی :

موادی را که اتم ها یا مولکول های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می نامند. در واقع میتوان گفت کوچک ترین ذره های تشکیل دهنده این مواد (اتمها یا مولکولها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار میکنند.



دو قطبی مغناطیسی:

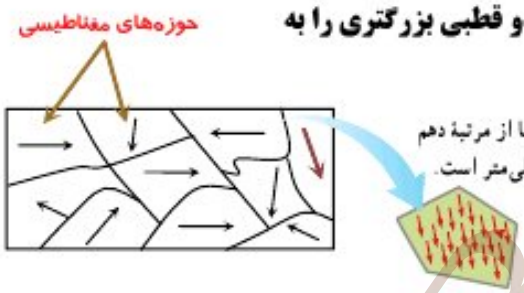
هر چیزی است که مثل آهنربا،یک قطب $\mathcal{N}$ویک قطب Sداشته باشد، دو قطبی مغناطیسی است .

کوچک ترین دو قطبی اتم ها هستند که الکترون هایشان به دور هسته می چرخند.

خطی که دو قطب Sو $\mathcal{N}$آهن ربا را به هم وصل می کند محور دو قطبی نامیده میشود.

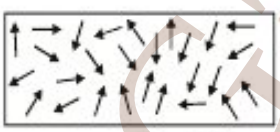
حوزه ی مغناطیسی :

ممکن است در ناحیه های کوچکی از مواد اتمها با هم، هم جهت شده باشند و در مجموع دو قطبی بزرگتری را به وجود آورده باشند. به این ناحیه ها حوزه ی مغناطیسی گویند.



مواد مغناطیسی به سه گروه پارامغناطیس – دیا مغناطیس و فرومغناطیس تقسیم می شوند.

مواد پارامغناطیسی : اتمهای مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور کاتورهای سمت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی کنند با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلاً نزدیک یک آهنربای قوی،) دو قطبیهای مغناطیسی آنها، مانند عقربه قطب نما در نزدیکی آهنربا رفتار می کنند و به مقدار مختصری در راستای خطهای میدان مغناطیسی منظم میشوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطب های مغناطیسی آنها، دوباره به طور کاتوره ای سمت گیری می کنند.



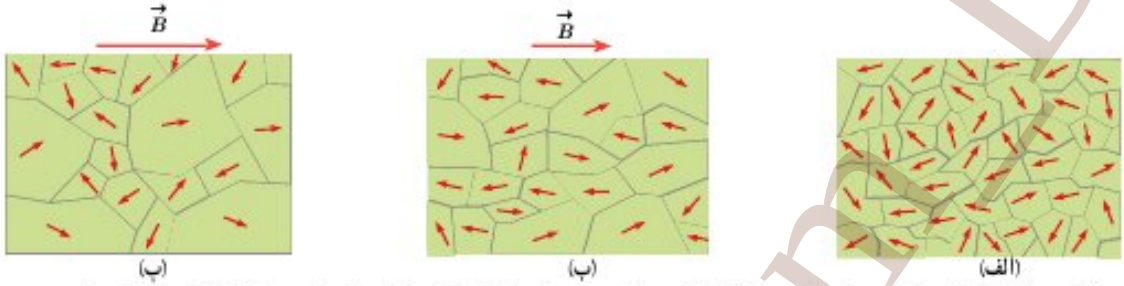
به این ترتیب، میتوان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا میکنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی اند.

@GamBeGam_Darsi

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

مواد فرومغناطیس : در این مواد دوقطبی های مغناطیسی به صورت گروهی، حوزه های مغناطیسی تشکیل می دهند.
با قرار گرفتن این مواد، در میدان مغناطیسی، حوزه هایی که دو قطبی های آنها در راستای میدان است گسترش می یابند و ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می کند، در حالت اشباع تمام دو قطبی ها در راستای میدان قرار می گیرند.

مواد فرومغناطیس به دودسته نرم و سخت تقسیم می شوند: موادی مانند **آهن و کبالت و نیکل** فرومغناطیس **نرم** و **آلیاژ آنها مانند فولاد** ، فرومغناطیس **سخت** هستند.



(الف) مادهٔ فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی. (ب) مادهٔ فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف. (پ) مادهٔ فرومغناطیس در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

نکته: در میدان مغناطیسی، مواد فرومغناطیسی نرم، راحت تر آهنربا شده و پس از خروج از میدان، خاصیت مغناطیسی را زودتر خاصیت آهنربایی خود را از دست می دهند.
مواد فرومغناطیسی نرم در هسته پیچه ها و سیملوله ها وساخت آهنرباهای الکتریکی استفاده می شود.

القای خاصیت مغناطیسی– آهنربا:

وقتی که مواد پارامغناطیسی یا فرومغناطیسی در میدان مغناطیسی قرار بگیرند دو قطبی های آنها همانند عقربه ی مغناطیسی عمل کرده، در جهت میدان قرار می گیرند. از این رو بر خاصیت مغناطیسی شان افزوده می شود و آثار آهنربایی از خود نشان می دهند.

اگر این میدان حذف شود:

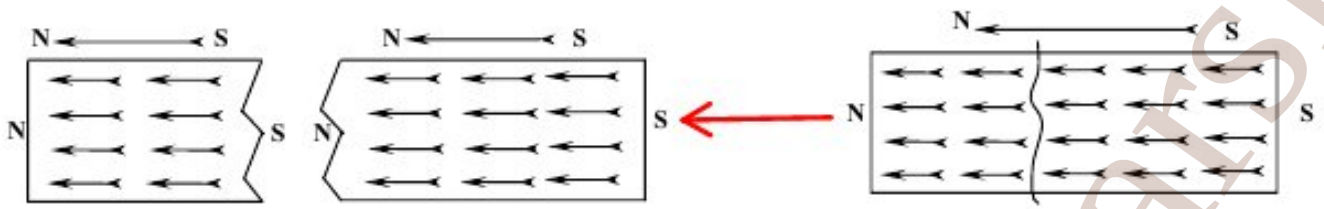
۱– در مواد پارامغناطیسی اتم ها (دو قطبیها) به وضعیت اولیه شان برمی گردند.
۲– در مواد فرومغناطیسی نرم ، حوزه ها به حالت اولیه برمی گردند.
۳– در مواد فرومغناطیسی سخت ، با حذف میدان حوزه ها در همین وضعیت باقی می مانند و حالت آهنربای دائم تشکیل می دهند.(مانند فولاد)
۴– مواد دیامغناطیس در میدان مغناطیسی در جهت میدان آهنربا نمی شوند.

@GamBeGam Darsi

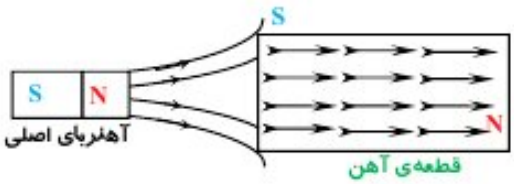
آهنربا:

آهنربا چیزی نیست جز مادهای مغناطیسی که دو قطبی های مغناطیسی اش همسو شده اند.

در یک آهن ربا دوقطبی های زیادی موجودند کـه همـه هم جهتند. با شکستن این آهنربا همچنـان دو قطبی های موجود در هر تکّه با هم هم جهت اند و هر تکه برای خود همانندیک آهنربای کامـل عمل می کند. بنابراین با شکستن یک آهنربـا، خاصیت مغناطیسی اش از بین نمی رود.



نکته: هنگامی که دریک ماده فرومغناطیس خاصیت مغناطیسی القـا مـیشـود، خـــودش تبـــدیل بـــه یـــک آهنربـــا مـــی شـــود . (چـــون دو قطبی هایش هم سو می شوند). قطبهای این آهنربای جدید به گونه ای است که همواره جذب آهنربای اصلی می شود.

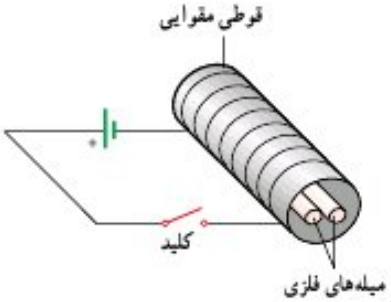


(دو قطبی‌هایش در جهت خطوط میدان منظم شده اند .)

آهنربای الکتریکی:

چنانچه از یک سیملوله جریان الکتریکی عبور دهـیم میـدانی مغناطیسی ایجاد میشود. این میدان عملاً ضعیف است. حال چنانچه یک ماده ی فرومغناطیسی نرم داخل این سیملوله قرار دهیم دو قطبی های آن هم جهت با میدان قرار میگیرند و آن را تقویت میکنند و اصطلاحاً آهنربای الکتریکی به وجود می آید .

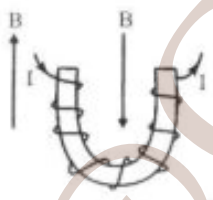
مثال : مطابق شکل دور یک هسته ی فلزی را سیم پیچی کرده ایم و از آن جریـان I را گذرانده ایم. دو سر هسته چه قطب مغناطیسی ای پیدا کرده اند؟



مثال : دو میله فلزی بلند مطابق شکل روبه رو درون سیملولهای که دور یک قوطی مقوایی پیچیده شده است قرار دارند. با بستن کلید و عبور جریان از این سیملوله، مشاهده می شود که دو میله از یکدیگر دور می شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می شود، میله ها به محل اولیه باز میگردند.

الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله ها از یکدیگر دور می شوند؟

ب) با دلیل توضیح دهید میله های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار میگیرند.



@GamBeGam_Darsi