۱- بار الکتریکی

بار الکتریکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ماده است. همان‌طور که ماده‌ی بدون جرم بی‌معنی است، ماده‌ی بدون بار هم بی‌معنی است.

ممکن است این سؤال پیش آید که مواد خنثی چه موادی هستند؟ پاسخ این است که اتم‌های مواد از سه نوع ذره‌ی بنیادی به نام‌های الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌اند و الکترون‌ها منفی، پروتون‌ها مثبت و نوترون‌ها خنثی می‌باشند.

امروزه اثبات شده است که نوترون‌ها نیز از ذرات مثبت و منفی تشکیل شده‌اند. مهم‌ترین ویژگی بارهای الکتریکی **رانش بارهای هم‌نام** و **ربایش بارهای غیر هم نام** است.

۲- پایستگی بار الکتریکی

برای باردار کردن یک جسم باید به آن الکترون بدهیم یا از آن الکترون بگیریم. پس برای باردار شدن یک جسم باید جسم دومی هم باردار شود، البته با بار مخالف. طبق این قانون **بار الکتریکی نه از بین می‌رود نه به وجود می‌آید، بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.**

۳- بار الکتریکی در اجسام باردار

همه‌ی اجسام دارای بار الکتریکی هستند. این بارها به صورت منفی (در الکترون‌ها) و به صورت مثبت (در پروتون‌ها) قرار دارد. نکته‌ی مهم این است که در اکثر اجسام مقدار بارهای منفی و مثبت (تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها) برابر است و از این رو خنثی (بدون بار) به نظر می‌رسند.

جسم باردار جسمی است که تعداد الکترون‌ها و پروتون‌هایش برابر نباشد. اگر تعداد الکترون‌ها بیشتر باشد جسم دارای بار منفی و اگر تعداد پروتون‌ها بیشتر باشد جسم دارای بار مثبت است.

در گذشته تصور بر این بود که بارهای مثبت (پروتون‌ها) جابه‌جا می‌شوند ولی امروزه اثبات شده است که **انتقال بار فقط از طریق الکترون انجام می‌پذیرد.**

بار الکترون فوق‌العاده ناچیز و برابر $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌باشد. C علامت کولن یکای بار الکتریکی است. اگر n تعداد الکترون یا پروتون اضافی باشد، مقدار بار جسم (q) بر حسب کولن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$q = ne$$

n حتماً عددی صحیح است. برای الکترون‌های اضافی می‌توان n را منفی و برای پروتون‌های اضافی مثبت در نظر گرفت.

۴- کوانتومی بودن بار

همان‌طور که گفته شد بار الکتریکی از زیاد شدن یا کم شدن الکترون‌های ماده به وجود می‌آید. از ظاهر سخن چنین برمی‌آید که جسم نمی‌تواند به عنوان مثال ۱/۵ الکترون از دست بدهد یا بگیرد. برای همین بود که در رابطه‌ی $q = ne$ گفته شد که n باید عددی صحیح باشد. **به عبارت دیگر بار الکتریکی جسم باید مضرب صحیحی از بار الکترون باشد.** یعنی به عنوان مثال $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و $۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌تواند باشد و مقادیر میانی این ارقام را نمی‌تواند بپذیرد. یعنی بار هیچ ماده‌ای مثلاً ۲×۱۰^{-۱۹} کولن نخواهد شد.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵- جسم رسانا و نارسانا

الکترون‌ها در اتم توسط هسته جذب می‌شوند. مقدار این جاذبه در اتم‌های مختلف یکسان نیست. در بعضی مواد این جاذبه بسیار زیاد است و در نتیجه الکترون‌ها در مدار خود ثابت هستند و از آن دور نمی‌شوند. در این اجسام هر نقطه از جسم باردار شود بار در همان جا می‌ماند. به این اجسام **نارسانا** می‌گویند.

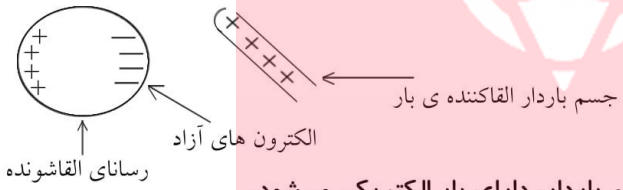
در گروه مقابل اجسامی هستند که الکترون‌های آن‌ها به راحتی در ماده جابه‌جا می‌شود و از مدار یک هسته به مدار هسته‌ی بعدی می‌روند. به این الکترون‌ها **الکترون آزاد** گفته می‌شود. الکترون‌های آزاد سبب می‌شوند بار الکتریکی بتواند در جسم شارش پیدا کند. به اجسامی که دارای الکترون آزاد هستند و الکتریسیته از آن‌ها شارش می‌یابد **رسانا** می‌گویند.

اجسام رسانا را به علت شارش بار نمی‌توان به روش مالش باردار نمود.

۶- القای بار الکتریکی

بارهای هم نام هم‌دیگر را دفع می‌کنند و بارهای ناهم‌نام جاذبه دارند. اگر جسم بارداری را به یک رسانا نزدیک کنیم (مثلا دارای بار مثبت) الکترون‌های آزاد رسانا توسط جسم باردار جذب می‌شود و به یک سو کشیده می‌شود. بدین ترتیب یک رسانا دارای بار مثبت و سر دیگر دارای بار منفی می‌شود.

در این فرآیند **رسانا یا نارسانا بودن القا کننده‌ی بار مهم نیست، ولی جسم القا شونده باید رسانا باشد.**



در روش القا جسم رسانا بدون تماس با جسم باردار، دارای بار الکتریکی می‌شود.

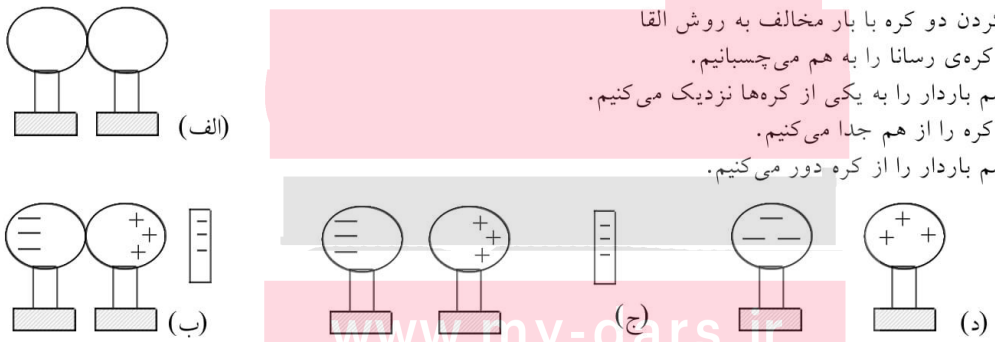
۷- باردار کردن دو کره با بار مخالف به روش القا

۱ - دو کره‌ی رسانا را به هم می‌چسبانیم.

۲ - جسم باردار را به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم.

۳ - دو کره را از هم جدا می‌کنیم.

۴ - جسم باردار را از کره دور می‌کنیم.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۸- آذرخش یا تخلیه‌ی الکتریکی

ابرها در اثر مالش با هوا دارای بار الکتریکی می‌شوند. در اکثر موارد سطح زیرین ابر بار منفی دارد. زمانی که دو سمت ابر با بارهای ناهمنام به هم نزدیک می‌شوند تخلیه‌ی الکتریکی انجام می‌شود که حاصل آن نور و صدای شدید (رعد و برق) یا همان آذرخش است.

گاهی تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین انجام می‌شود. **برای جلوگیری از آثار مخرب آذرخش یک میله‌ی بلند را روی ساختمان‌های مرتفع نصب می‌کنند و با کابل مسی ضخیم آن را به عمق زمین می‌کشند. بدین ترتیب بار تخلیه شده به زمین منتقل شده و به ساختمان و ساکنین آن صدمه نمی‌زند.**

۹- تمرکز بار در رسانا

بار در نقاط نوک تیز بهتر جمع می‌شود، در نتیجه تخلیه از طریق این نقاط بهتر انجام می‌گیرد. از این خاصیت در رسانای آذرخش، چرخ الکتریکی، آونگ الکتریکی، تخلیه‌ی بار جمع شده در بدنه‌ی هواپیما و ... استفاده می‌شود.

۱۰- اختلاف پتانسیل الکتریکی

دو مخزن آب را که در ارتفاع‌های غیر مساوی قرار دارند با هم ارتباط می‌دهیم. آب از مخزن بالاتر به مخزن پایین منتقل می‌شود. در این مساله جرم آب مخزن‌ها اهمیت ندارد.

دو کره‌ی هم اندازه و دارای بار نامساوی را به هم اتصال می‌دهیم. بار از کره‌ی دارای بار بیشتر به کره‌ی دارای بار کمتر می‌رود. چرا که پتانسیل کره‌ی پربارتر بیشتر از دیگری است.

دو کره‌ی نامساوی و هم‌بار را با هم اتصال می‌دهیم. بار از کره‌ی کوچکتر به کره‌ی بزرگتر منتقل می‌شود. چرا که پتانسیل کره‌ی کوچک‌تر بیشتر از دیگری است.

پتانسیل الکتریکی در اصل انرژی هر ذره‌ی باردار در جسم می‌باشد. در انتقال بار از یک رسانا به رسانای دیگر مقدار بار هیچ اهمیتی ندارد، بلکه انرژی الکتریکی هر ذره است که دارای اهمیت است.

به اختلاف انرژی الکتریکی هر ذره‌ی باردار در دو وضعیت مختلف، اختلاف پتانسیل الکتریکی گفته می شود. اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است.

یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت (V) است. پتانسیل الکتریکی جسم به نوع و اندازه‌ی بار و شکل هندسی جسم بستگی دارد.

۱۱- ولتاژ اسمی دستگاه

برای کار هر وسیله‌ی الکتریکی باید بین دو سر آن اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شود. روی هر وسیله‌ی الکتریکی دو عدد، مثلاً $۲۲۰\,V$ - $۶۰\,W$ نوشته شده است. عبارت $۲۲۰\,V$ به این معنا است که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل برای کار این وسیله ۲۲۰ ولت می‌باشد. **اختلاف پتانسیل مناسب هر دستگاه به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و به آن ولتاژ اسمی دستگاه می‌گویند.**

۱۲- **بار الکتریکی**

واحد بار الکتریکی «کولن» نام دارد که با نماد «C» نشان داده می‌شود. اندازه‌ی بار الکتریکی الکترون یا پروتون که با نماد «e» نشان داده می‌دهیم برابر است با:

$$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\,C$$

۱۳- **اتم خنثی**

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی هر اتم با تعداد الکترون‌های آن اتم برابر است، لذا در حالت عادی اتم از نظر الکتریکی خنثی است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۴- **از دست دادن الکترون**

جسمی که n الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌هایش می‌شود و جسم به اندازه‌ی ne بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند.

بار الکتریکی جسمی که n الکترون از دست داده است. : $q = +ne$

۱۵- **گرفتن الکترون**

جسمی که n الکترون گرفته است، تعداد الکترون‌هایش بیش‌تر از تعداد پروتون‌هایش می‌شود و جسم به اندازه‌ی ne بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.

بار الکتریکی جسمی که n الکترون گرفته است. : $q = -ne$

۱۶- **باردار شدن اجسام بر اثر مالش**

در اثر مالش دو جسم خنثی به یک‌دیگر، اجسام دارای بار الکتریکی هم‌اندازه با علامت مخالف می‌شوند.

۱۷- **جسم رسانا**

در موادی که تعداد الکترون‌های آزاد آن بسیار زیاد است بار الکتریکی به آسانی شارش پیدا می‌کند، که آن‌ها را **رسانای الکتریکی** می‌نامند.

در کلیه‌ی فلزها، کربن، بدن انسان، سطح زمین و ... بار الکتریکی شارش پیدا می‌کند (جریان می‌یابد) و آن‌ها رسانای الکتریکی هستند.

۱۸- **نارسانا**

در اجسامی که الکترون‌ها به سختی به هسته‌ی اتم وابسته‌اند، تعداد الکترون‌های آزاد بسیار ناچیز است و در این اجسام الکترون‌ها نمی‌توانند آزادانه حرکت کنند. این اجسام، که بار الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند، **نارسانای الکتریکی یا عایق** نامیده می‌شوند.

در جسم‌هایی مانند شیشه، پلاستیک، چینی، ابریشم، چوب، همه‌ی گازها از جمله هوای خشک و ... بار الکتریکی شارش پیدا نمی‌کند (جریان نمی‌یابد) و این مواد نارسانا هستند.

۱۹- **پایستگی بار الکتریکی**

بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود و فقط از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود، این بیان را پایستگی بار الکتریکی می‌نامیم.

۲۰- **باردار کردن الکتروسکوپ**

اگر جسم بارداری را به یک الکتروسکوپ تماس دهیم، الکتروسکوپ دارای باری با همان علامت می‌شود.

www.my-dars.ir

۲۱- **نزدیک کردن جسم باردار با بار هم‌نام به الکتروسکوپ باردار**

در این حالت وقتی جسم به الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌شود، مشاهده می‌کنیم که انحراف ورقه بیش‌تر می‌گردد.

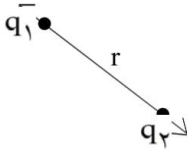
۲۲- **نزدیک کردن جسم باردار با بار ناهم‌نام به الکتروسکوپ باردار**

در این حالت وقتی جسم به الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌شود، مشاهده می‌کنیم که انحراف ورقه ابتدا کاهش یافته به تیغه می‌چسبد و سپس دوباره انحراف افزایش می‌یابد.

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۳- **قانون کولن**

اگر دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 به فاصله‌ی r از یکدیگر قرار گیرند نیرویی مثل F به هم وارد می‌کنند که:



$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F \propto |q_1 q_2| \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \xrightarrow[\text{معین در فاصله های مختلف}]{\text{مقایسه نیروی دو بار}} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2 \quad \text{(ثابت کولن)}$$

$$\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2 \quad \text{(ضریب گذردهی الکتریکی خلا)}$$

۲۴- **اتصال دو کره‌ی رسانای مشابه به یکدیگر**

اگر دو کره‌ی رسانا و مشابه باردار که بار الکتریکی هر یک برابر q_1 و q_2 است به یکدیگر متصل شوند، بار الکتریکی به طور مساوی بین آن ها تقسیم می‌شود و در نتیجه بار الکتریکی هر کره پس از تماس از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$q' = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow$$ q_1 و q_2 بار الکتریکی هر کره قبل از تماس که علامت آن‌ها باید رعایت شود.

۲۵- **نیروی وارد بر بار الکتریکی از طرف میدان الکتریکی**

اگر یک بار الکتریکی نقطه‌ای که اندازه‌ی آن برابر q است در یک میدان الکتریکی قرار گیرد، از طرف میدان نیرویی به آن وارد می‌شود که برای بار مثبت در جهت میدان و برای بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

$$F = Eq$$

۲۶- **میدان الکتریکی اطراف بار نقطه‌ای**

میدان الکتریکی در فضای اطراف یک بار را می‌توان با خط هایی جهت‌دار نشان داد که در اطراف بار مثبت این خط ها از بار دور می‌شوند و در اطراف بار منفی به بار نزدیک می‌گردند و بزرگی این میدان در فاصله‌ی r از بار نقطه‌ای q از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$|E| = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E \propto |q| \\ E \propto \frac{1}{r^2} \end{cases}$$ بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌ی r از بار الکتریکی q

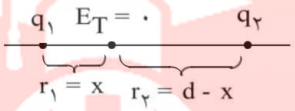
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

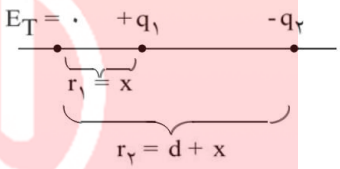
-۲۷ **میدان الکتریکی صفر روی خط واصل دو بار نقطه‌ای**

فرض کنید دو بار الکتریکی q_1 و q_2 به فاصله‌ی d واقع‌اند، اگر هم‌نام باشند، میدان الکتریکی برآیند روی خط واصل بارها در فاصله‌ی بین آن‌ها و اگر ناهم‌نام باشند، میدان خارج فاصله‌ی آن‌ها و در امتداد خط واصل بارها صفر خواهد شد. این نقطه همیشه در نزدیکی باری است که قدرمطلق آن کوچک‌تر است.

$(q_1 < q_2$ بین دو بار هم نام و نزدیک به بار کوچک)



$q_1 < |q_2|$ (خارج از فاصله‌ی دو بار ناهم‌نام و در سمت بار کوچکتر)



-۲۸ **تجسم میدان الکتریکی اطراف بارها**

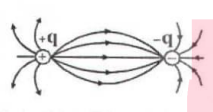
میدان الکتریکی اطارف جسم باردار را با خطوط میدان نشان می‌دهیم. این خطوط دارای ویژگی‌های زیر هستند:

۱- جهت خطوط هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت است.

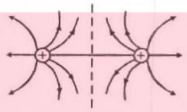
۲- جهت میدان خطی مماس بر خط میدان و هم‌جهت با خط میدان است.

۳- در هر ناحیه که میدان قوی‌تر است، خطوط میدان به هم نزدیکترند.

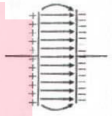
۴- خطوط میدان هم‌دیگر را قطع نمی‌کنند. از هر نقطه از فضا یک خط میدان می‌گذرد.



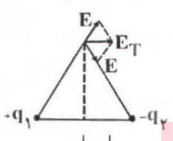
میدان الکتریکی اطراف دو بار ناهم‌نام با بزرگی یکسان



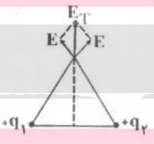
میدان الکتریکی اطراف دو بار هم‌نام با بزرگی یکسان



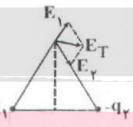
میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه‌ی خازن



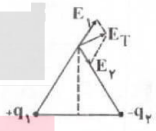
$q_1 = |q_2|$



$q_1 = q_2$



$q_1 < |q_2|$



$q_1 > |q_2|$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۹- ۱- بار الکتریکی فقط روی سطح خارجی جسم رسانا توزیع می‌شود، به طوری که تراکم آن در نقاط تیز جسم رسانا بیش‌تر می‌باشد.
۲- روی سطح یک کره رسانا، بار الکتریکی به‌طور یکنواخت توزیع می‌شود.
۳- بار الکتریکی موجود در واحد سطح خارجی جسم رسانا را **چگالی سطحی** بار می‌نامیم و طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

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

q: بار توزیع شده روی سطح رسانا (کولن)
A: مساحت سطح رسانا (مترمربع)
σ: چگالی سطحی بار (کولن بر مترمربع)

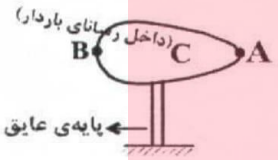
۳۰- **چگالی سطحی بار الکتریکی در کره‌ی رسانا**

اگر بار الکتریکی روی سطح یک کره‌ی رسانا به شعاع R توزیع شده باشد، با توجه به رابطه‌ی $A = ۴\pi R^۲$ برای مساحت کره می‌توان نوشت:

$$\sigma = \frac{q}{۴\pi R^۲} \Rightarrow \sigma \propto \frac{q}{R^۲}$$

۳۱- **پتانسیل الکتریکی جسم رسانای باردار**

کلیه‌ی نقاط یک جسم رسانای باردار (چه روی سطح رسانا و چه داخل رسانا) پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.



$$V_A = V_B = V_C \text{ (پتانسیل الکتریکی)}$$

۳۲- **تعریف پتانسیل الکتریکی**

برای هر نقطه از یک میدان الکتریکی می‌توان کمیتی به نام پتانسیل الکتریکی تعریف نمود که برابر مقدار انرژی واحد بار الکتریکی در آن نقطه می‌باشد.

$$V = \frac{U \rightarrow \text{انرژی پتانسیل الکتریکی (ژول)}}{q \rightarrow \text{بار الکتریکی (کولن)}} \leftarrow \text{پتانسیل الکتریکی (ولت)}$$

۳۳- **تغییر انرژی پتانسیل و کار میدان الکتریکی**

برای آن که یک بار الکتریکی با سرعت ثابت حرکت داده شود باید نیروی هم اندازه‌ی نیروی الکتریکی و در خلاف آن به بار الکتریکی وارد آوریم و با توجه به قانون‌های کار و انرژی، کاری که ما انجام می‌دهیم برابر تغییر انرژی بار الکتریکی است.

$W = FdCos\alpha$ کاری که ما انجام می دهیم
$W' = F'dCos\alpha'$ کاری که نیروی الکتریکی انجام می دهید

$$\Rightarrow \Delta U = W_{(\text{کار ما})} \quad \text{یا} \quad \Delta U = -W'_{(\text{کار میدان})}$$

۳۴- **تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی**

هر گاه در یک جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی بار آزاد شود، یعنی $\Delta U < ۰$ و هرگاه انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شود، یعنی $\Delta U > ۰$ است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۵- **تغییر پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی**

هرگاه جابه‌جایی بار الکتریکی در جهت میدان الکتریکی باشد، پتانسیل الکتریکی کاهش و هرگاه در خلاف جهت میدان الکتریکی باشد، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۳۶- **تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی**

هرگاه بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی در جهتی که خودش می‌تواند برود (یعنی در جهت نیروی الکتریکی) جابه‌جا گردد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد (آزاد می‌شود) و اگر ما آن را در خلاف جهتی که خودش می‌خواهد برود (یعنی در خلاف جهت نیروی الکتریکی) جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد (ذخیره می‌شود).

۳۷- **تعریف ظرفیت خازن**

نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (ولتاژ) مقداری ثابت است که به آن ظرفیت خازن می‌گویند و واحد آن در SI برابر کولن بر ولت است که فاراد نامیده می‌شود.

$$C = \frac{q \rightarrow \text{کولن}}{V \rightarrow \text{ولت}} \leftarrow \text{فاراد}$$

۳۸- **ظرفیت خازن مسطح**

ظرفیت خازن به تغییرات بار الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد و ظرفیت خازن مسطح از رابطه‌ی $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می‌آید. A سطح مشترک صفحه‌ها، d فاصله‌ی دو صفحه از یکدیگر و k ضریب دی‌الکتریک (عایق) بین دو صفحه می‌باشد.

برای مقایسه‌ی ظرفیت الکتریکی دو خازن می‌توان نوشت:

$$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \times \frac{A'}{A} \times \frac{d}{d'}$$

۳۹- **قرار دادن صفحه‌ی رسانا بین صفحه‌های خازن**

وقتی بین دو صفحه‌ی خازنی که فاصله آن‌ها برابر d است. یک صفحه‌ی فلزی به ضخامت d' قرار می‌دهیم، در واقع مانند این است که از ضخامت عایق بین دو صفحه کاسته شده است و در نتیجه ظرفیت الکتریکی خازن افزایش می‌یابد:

$$\begin{cases} d_1 = d \\ d_2 = d - d' \end{cases} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{d - d'}$$

www.my-dars.ir

۴۰- **خازن متصل به مولد**

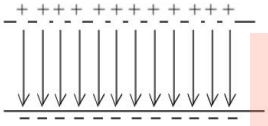
وقتی یک خازن به دو سر یک مولد متصل است، اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن همواره برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد می‌باشد و ثابت است و در این حالت با تغییر مشخصات ساختمانی خازن، ولتاژ آن ثابت می‌ماند.

۴۱- **خازن پرشده‌ی جدا از مولد**

اگر یک خازن پرشده از مولد جدا شود، یا تغییر مشخصات ساختمانی آن بار الکتریکی خازن تغییر نمی‌کند.

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۲- **میدان الکتریکی یکنواخت خازن**



هرگاه دو صفحه‌ی مسطح، موازی هم قرار داشته باشند و دو صفحه دارای بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام باشند، بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت بوجود می‌آید که سوی آن از صفحه‌ی مثبت به طرف صفحه‌ی منفی است.

۴۳- **محاسبه‌ی میدان یکنواخت خازن**

برای خازن مسطحی که فاصله‌ی دو صفحه‌ی آن برابر d و اختلاف پتانسیل دو صفحه برابر V است، اندازه‌ی میدان الکتریکی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{V \rightarrow \text{(ولت) اختلاف پتانسیل دو صفحه}}{d \rightarrow \text{(متر) فاصله ی دو صفحه}} \leftarrow \text{میدان الکتریکی یکنواخت (ولت بر متر یا نیوتن بر کولن)}$$

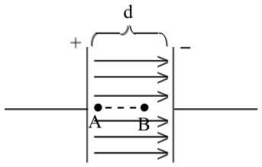
۴۴- **نیروی وارد بر بار الکتریکی در بین صفحه‌ی خازن**

از طرف میدان الکتریکی خازن به بار الکتریکی مثبت نیرویی در جهت میدان (از صفحه دارای بار مثبت به طرف صفحه دارای بار منفی) و به بار منفی نیرویی در خلاف جهت میدان وارد می‌شود.

$$F = qE \Rightarrow F = q\frac{V}{d} \leftarrow \text{نیروی وارد بر بار آزمون } q \text{ از طرف خازن باردار}$$

۴۵- **رابطه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت و اختلاف پتانسیل الکتریکی**

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه با فاصله‌ی آن در امتداد میدان الکتریکی متناسب است.

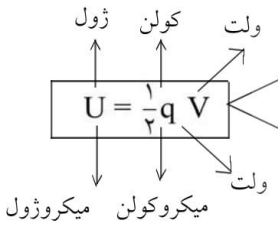


$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed$$

$$\left(d_{AB} = \frac{1}{3}d : \text{مثلا اگر داشته باشیم}\right) \Rightarrow V_{AB} = Ed_{AB} = E\left(\frac{1}{3}d\right) \Rightarrow V_{AB} = \frac{1}{3}V$$

۴۶- **انرژی ذخیره شده در خازن**

وقتی خازنی را با ولتاژ معین پر می‌کنیم انرژی الکتریکی توسط خازن ذخیره می‌شود. انرژی ذخیره شده بین دو صفحه‌ی یک خازن طبق رابطه‌های زیر قابل محاسبه است:



$$q = CV \Rightarrow \boxed{U = \frac{1}{2}CV^2}$$

$$V = \frac{q}{C} \Rightarrow \boxed{U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}}$$

www.m-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

-۴۷ **تغییر مشخصات یک خازن پر شده**

هر گاه مشخات ساختمانی یک خازن پر شده را تغییر می‌دهیم، طبق رابطه‌ی $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ می‌توان نحوه‌ی تغییر ظرفیت الکتریکی آن را معین نمود. اما بررسی تغییرات q ،V ،E و U باید توجه داشته باشید که:

۱- اگر خازن به مولد وصل باشد، همواره V را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات q و E و U را به ترتیب طبق رابطه‌های $q = CV$ و $E = \frac{V}{d}$ و $U = \frac{1}{2}CV^2$ تعیین کنید.

۲- اگر خازن به مولد وصل نباشد، همواره q را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات V و E و U را به ترتیب طبق رابطه‌های $V = \frac{q}{C}$ و $E = \frac{V}{d}$ و $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ تعیین کنید.

-۴۸ **به هم بستن خازن‌ها**

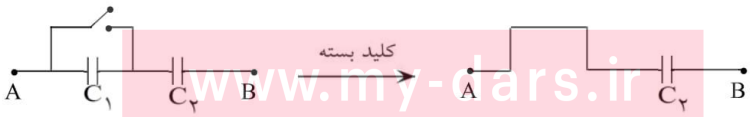
- $C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (ظرفیت معادل دو خازن متوالی)
- $C_T = C_n$ (ظرفیت معادل n خازن مشابه و متوالی)
- $C_T = mC$ (ظرفیت معادل m خازن مشابه و موازی)
- $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$ ← (ظرفیت معادل خازن های متوالی)
  - $C_T < C_1$
  - $C_T < C_2$
  - $C_T < C_3$
- $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$ ← (ظرفیت معادل خازن های موازی)
  - $C_T > C_1$
  - $C_T > C_2$
  - $C_T > C_3$

-۴۹ **تغییر در ظرفیت معادل مدارهای خازنی**

وقتی یک خازن به طور متوالی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل مدار کاهش می‌یابد.
وقتی یک خازن به طور موازی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل افزایش می‌یابد.
وقتی بدون تغییر در تعداد خازن‌های مدار، ظرفیت یکی از خازن‌های مدار افزایش یابد، صرف‌نظر از نوع قرار گرفتن این خازن در مدار ، ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.

-۵۰ **اثر کلید در مدارهای خازنی (۱)**

گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را از مدار خارج می‌کند. در این حالت باید با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر با یک سیم به هم وصل گردد.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵۱- **اثر کلید در مدارهای خازنی (۲)**

گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را به‌طور موازی اضافه می‌کند. در این حالت با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر به دو سر خازنی که در مدار است وصل می‌گردد.

۵۲- **اثر کلید در مدارهای خازنی (۳)**

گاهی بسته شدن یک کلید، نحوه‌ی اتصال خازن‌های موجود در مدار را تغییر می‌دهد.

۵۳- **تعریف کمی میدان**

نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می‌نامیم. مقدار آن طبق رابطه‌ی روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$\vec{E} = \frac{۱}{q}\vec{F}$$

۵۴- **اختلاف پتانسیل الکتریکی**

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه، برابر با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار الکتریکی مثبت است، وقتی یکای بار از نقطه‌ی اول تا نقطه‌ی دوم جابه‌جا می‌شود.

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

در این رابطه ΔU برحسب ژول (J)، q برحسب کولن (C) و ΔV برحسب ولت (V) است.

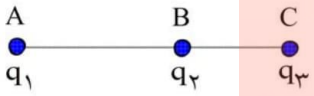
۵۵- **فروشکست**

اگر بار الکتریکی خازن از مقدار معینی بیش‌تر شود، یک میدان الکتریکی بسیار قوی بین دو صفحه ایجاد می‌شود. این میدان الکتریکی باعث می‌شود که دی الکتریک بین دو صفحه به‌طور موقت رسانا شود. در اثر این پدیده خازن تخلیه می‌شود. این پدیده را فروشکست دی الکتریک می‌نامند. پدیده‌ی فروشکست باعث تغییر ماهیت یا سوراخ شدن دی الکتریک و سوختن خازن می‌شود.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- سه ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +۲/۵\mu C$ ، $q_2 = -۱\mu C$ و $q_3 = +۴\mu C$ در نقطه‌های A و B و C در شکل زیر ثابت شده‌اند. نیروی وارد بر q_1 را به دست آورید. $AC = ۶cm$ و $BC = ۲cm$.



بار q_1 توسط بار q_2 جذب و توسط بار q_3 دفع می‌شود.

$$F_{21} = K\frac{q_2 q_1}{AB^2} = ۹\times ۱۰^{۹}\times \frac{۱\times ۱۰^{-۶}\times ۲/۵\times ۱۰^{-۶}}{(۴\times ۱۰^{-۲})^2} = \frac{۲۲۵}{۱۶}\,N$$

$$F_{31} = K\frac{q_3 q_1}{AC^2} = ۹\times ۱۰^{۹}\times \frac{۴\times ۱۰^{-۶}\times ۲/۵\times ۱۰^{-۶}}{(۶\times ۱۰^{-۲})^2} = ۲۵\,N$$

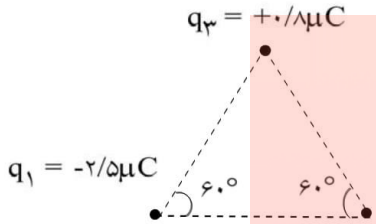
$$F_{31} > F_{21} \Rightarrow F_T = F_{31} - F_{21} = ۲۵ - \frac{۲۲۵}{۱۶} = \frac{۱۷۵}{۱۶}\,N$$

جهت برآیند نیروهای وارد بر q_1 هم‌جهت با نیرویی است که q_3 به آن وارد می‌کند و در شکل به سمت چپ است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲- سه ذره‌ی باردار، مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع ۶cm ثابت شده‌اند. نیروهای وارد بر بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را محاسبه کنید.



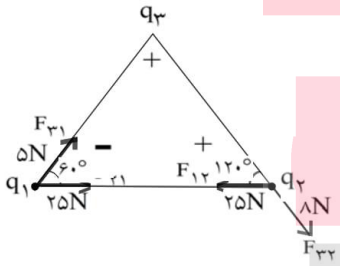
نیروی متقابل هر دو بار را به دست آورید.

$$F_{32} = 9\times10^{9}\times\frac{۰/۸\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^{2}} = 8\ N$$

$$F_{21} = 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-6}\times۲/۵\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^{2}} = ۲۵\ N$$

$$F_{13} = 9\times10^{9}\times\frac{۲/۵\times10^{-6}\times۰/۸\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^{2}} = 5\ N$$

به بارهای q_1 و q_2 مطابق شکل نیرو وارد می‌شود و داریم:



$$F_{T1} = \sqrt{۲۵^{2}+5^{2}+2\times۲۵\times5\times\cos۶۰^{\circ}}$$

$$\Rightarrow F_{T1} = \sqrt{۶۲۵+۲۵+۱۲۵} = \sqrt{۲۵\times(۲۵+1+5)}$$

$$\Rightarrow F_{T1} = 5\sqrt{۳۱}\ N$$

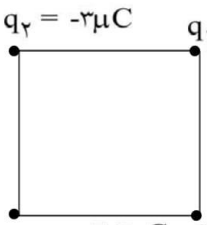
$$F_{T2} = \sqrt{۲۵^{2}+8^{2}+2\times۲۵\times8\times\cos۱۲۰^{\circ}}$$

$$\Rightarrow F_{T2} = \sqrt{۶۲۵+۶۴-۲۰۰} = \sqrt{۴۸۹}\ N$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳- مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی در رأس‌های مربعی به ضلع ۶cm قرار دارند. نیروی الکتریکی وارد بر q_4 را محاسبه کنید.



$$F_{14} = F_{41} = 50N$$

$$F_{24} = k\frac{q_2 q_4}{r^2} = 9\times10^9\ \frac{3\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{36\times2\times10^{-4}} = 18/75N$$

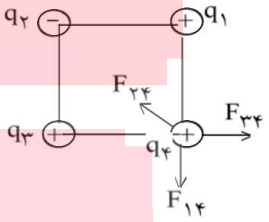
$$F_{34} = k\frac{q_3 q_4}{r^2} = 9\times10^9\ \frac{12\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{36\times10^{-4}} = 150N$$

هر یک از نیروها را بر حسب بردار یکه می‌نویسیم، سپس آن‌ها را به روش بردار یکه با هم جمع می‌کنیم.

$$\vec{F}_{14} = -50\vec{j}$$

$$\vec{F}_{24} = (18/75\cos45)\left(-\vec{i}+\vec{j}\right) \Rightarrow \vec{F}_{24} \simeq 13\left(-\vec{i}+\vec{j}\right)$$

$$\vec{F}_{34} = 150\vec{i}$$



$$\vec{F}_T = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34}$$

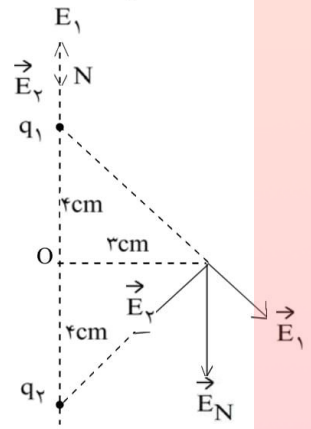
$$\vec{F}_T = 137\vec{i} - 37\vec{j} \Rightarrow F_T = \sqrt{(137)^2 + (37)^2} = 142N$$

برآیند نیروهای وارد بر بار q_4 برابر ۱۴۲ نیوتون است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴- دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -q_2 = +5\mu C$ در فاصله‌ی $8cm$ از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی حاصل از دوقطبی را در نقطه‌ی روی محور دوقطبی و به فاصله‌ی $5cm$ از مرکز دو قطبی (نقطه‌ی N در شکل زیر) به‌دست آورید.



$r_1 = 1cm \ , \ r_2 = 5 + 4 = 9cm$

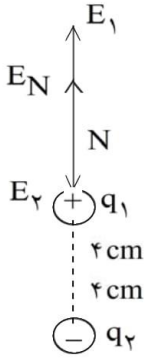
در نقطه N:

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 9\times10^9 \ \frac{5\times10^{-6}}{10^{-4}} = 4/5\times10^8 \ N/C$$

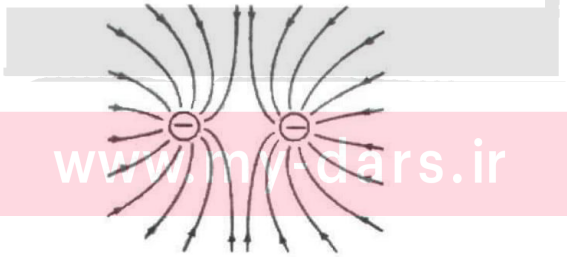
$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 9\times10^9 \ \frac{5\times10^{-6}}{81\times10^{-4}} = 0/55\times10^7 N/C$$

$$\vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E_N = E_1 - E_2 = 4/5\times10^8 - 0/055\times10^8 = 4/43\times10^8 N/C$$



۵- میدان الکتریکی را در اطراف دو بار الکتریکی منفی و هم‌اندازه رسم کنید.

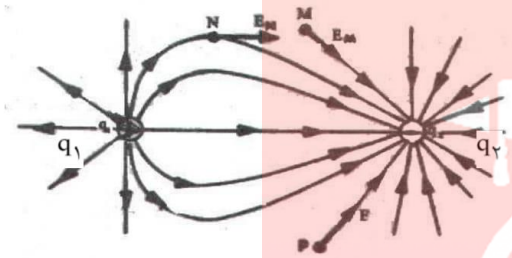


www.m-j-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۶- با توجه به ویژگی‌های خطهای میدان الکتریکی، خطهای میدان را در اطراف دو بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت q_1 و منفی q_2 با فرض $|q_2| > |q_1|$ ، رسم کنید.

خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار q_2 بیشتر است.

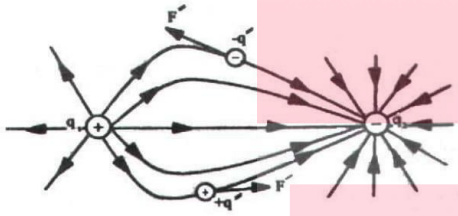


۷- بردار میدان الکتریکی را در چند نقطه روی شکل نشان دهید.

در نقاط M ، N و P بردار میدان الکتریکی نشان داده شده است.

۸- نیروی وارد بر بار الکتریکی مثبت q' و نیز بار منفی q'' را که روی یک خط میدان واقع‌اند روی شکل رسم کنید.

نیروی وارد بر هر یک از بارهای q' و q'' مماس بر خط میدان الکتریکی در آن نقطه است.



۹- با توجه به تعریف میدان الکتریکی و ویژگی‌خطهای میدان، برای میدان الکتریکی یکنواخت، تعریفی را بیان کنید.

میدان الکتریکی یکنواخت میدانی است که در فضای آن خطهای میدان الکتریکی با هم موازی و هم‌جهت هستند و بزرگی میدان الکتریکی در هر نقطه مقدار ثابتی است.

۱۰- با توجه به این‌که در جسم جامد بارهای الکتریکی مثبت جابه‌جا نمی‌شوند، در این‌باره توضیح دهید: وقتی به یک جسم رسانا بار الکتریکی مثبت یا منفی داده می‌شود، این بارهای الکتریکی چگونه در جسم جابه‌جا شده و به سطح خارجی آن می‌روند؟

وقتی جسمی دارای بار الکتریکی منفی می‌شود الکترون می‌گیرد و وقتی دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود الکترون از دست می‌دهد. در این صورت توزیع بار الکتریکی در یک جسم رسانا بر اساس جابه‌جا شدن بارهای الکتریکی منفی یعنی الکترون‌ها می‌باشد. پس وقتی جسمی رسانا دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود، در سطح خارجی آن تعدادی الکترون کم می‌شود و سطح دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود و هر گاه جسم دارای بار منفی می‌شود الکترون می‌گیرد، الکترون‌ها با جابه‌جا شدن در خارجی‌ترین سطح رسانا توزیع می‌شوند.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۱- اگر پایانه‌ی مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانه‌ی منفی آن چند ولت خواهد شد؟

در این صورت پتانسیل پایانه‌ی منفی ۱۲- ولت می‌گردد، زیرا پتانسیل پایانه‌ی مثبت صفر است.

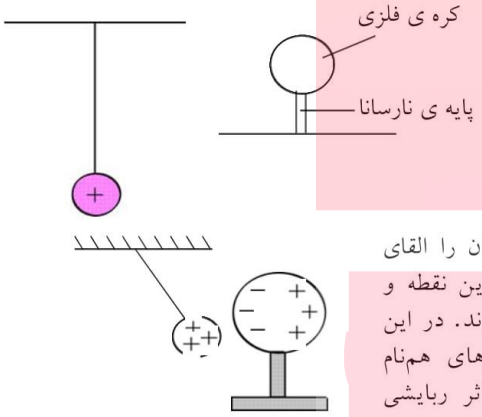
۱۲- اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری یک خودرو برابر $۱۲V$ است. اگر بار الکتریکی جابه‌جا شده منفی باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ $(q = -۱/۵C)$

$$\begin{cases} \Delta V = \dfrac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = q\,.\Delta V = q.(V_+ - V_-) \end{cases}$$

$$\Delta U = (-۱/۵) \times (+۱۲) = -۱۸J$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی به اندازه‌ی $۱۸J$ کاهش یافته است.

۱۳- یک کره‌ی فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه‌ی نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد.

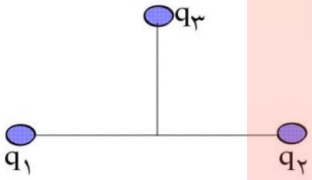


میدان الکتریکی بار مثبت آونگ بر روی کره‌ی فلزی اثر گذاشته و آن را القای الکتریکی می‌نماید، به طوری که مطابق شکل بارهای مثبت در دورترین نقطه و بارهای منفی در نزدیک‌ترین نقطه نسبت به گلوله‌ی آونگ قرار می‌گیرند. در این صورت چون فاصله‌ی بارهای غیر هم‌نام نزدیک‌تر از فاصله‌ی بارهای هم‌نام می‌باشد، بر هم کنش بین بارهای الکتریکی طوری خواهد بود که اثر ربایشی قوی‌تر از اثر رانشی می‌شود و آونگ به طرف کره‌ی فلزی کشیده می‌شود و از راستای قائم منحرف می‌گردد.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

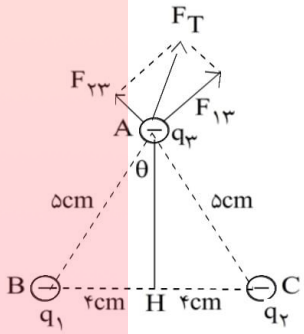
۱۴- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -۴\mu C$ و $q_2 = -۳\mu C$ مطابق شکل در فاصله‌ی $۸cm$ از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. بار نقطه‌ای $q_3 = -۵\mu C$ در نقطه‌ای که فاصله‌ی آن از هریک از دو بار الکتریکی قبلی برابر $۵cm$ است، قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید.



$$F_{13} = k\frac{q_1 q_3}{r^2} = ۹\times۱۰^{۹}\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۵\times۱۰^{-۶}}{۲۵\times۱۰^{-۴}} = ۷۲N$$

$$F_{23} = k\frac{q_2 q_3}{r^2} = ۹\times۱۰^{۹}\frac{۳\times۱۰^{-۶}\times۵\times۱۰^{-۶}}{۲۵\times۱۰^{-۴}} = ۵۴N$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$



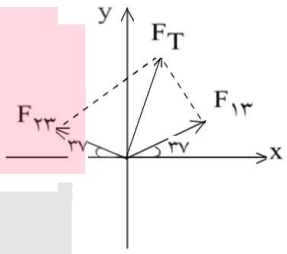
با توجه به شکل بار q_3 بر روی عمود منصف مثلث ABC قرار دارد و برای محاسبه زاویه θ چنین عمل می‌کنیم.

$$\sin\theta = \frac{BH}{AB} = \frac{۴}{۵} = ۰/۸ \Rightarrow \theta = ۵۳^\circ$$

با داشتن زاویه θ می‌توان دو بردار را در صفحه مختصات نشان داد و آن‌ها را بر حسب بردار یکه نوشت:

$$\begin{cases}\vec{F}_{13} = (۷۲\cos۳۷)\hat{i} + (۷۲\sin۳۷)\hat{j}\\ \vec{F}_{23} = -(۵۴\cos۳۷)\hat{i} + (۵۴\sin۳۷)\hat{j}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\vec{F}_{13} = ۵۷/۶\hat{i} + ۴۳/۲\hat{j}\\ \vec{F}_{23} = -۴۳/۲\hat{i} + ۳۲/۴\hat{j}\end{cases}$$



$$\vec{F}_T = ۱۴/۴\hat{i} + ۷۵/۶\hat{i} \Rightarrow F_T = \sqrt{(۱۴/۴)^2 + (۷۵/۶)^2} \approx ۷۷N$$

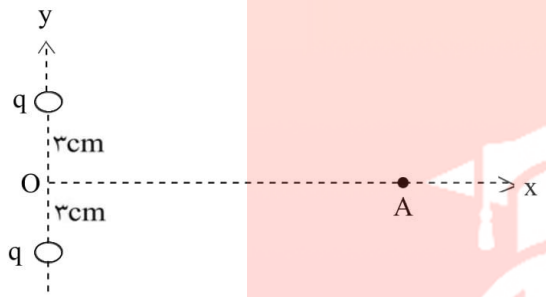
۱۵- توضیح دهید که چرا خطهای میدان الکتریکی یکنواخت، به‌صورت خطهای راست و موازی با فاصله‌های مساوی با یک‌دیگرند.

در میدان الکتریکی یکنواخت در تمام فضا جهت و شدت میدان الکتریکی ثابت است و هرگاه بار آزمون مثبت را در هر نقطه از فضای میدان قرار دهیم، بزرگی نیروی وارد برآن مقداری ثابت و جهت نیروی وارد برآن یکسان خواهد بود. به همین دلیل خطهای میدان الکتریکی با یکدیگر موازی و به صورت خط راست هستند.

www.my-dars.ir

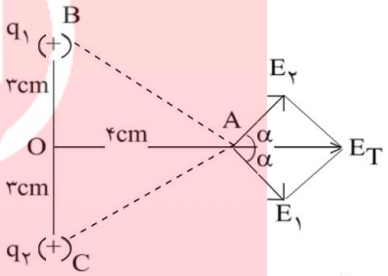
مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌نام $q = +5\mu C$ مطابق شکل زیر به فاصله‌ی $6cm$ از یک‌دیگر قرار دارند. جهت و اندازه‌ی میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A واقع بر عمودمنصف خط واصل دوبار، در فاصله‌ی $4cm$ از نقطه‌ی O (وسط خط واصل دو بار) مشخص کنید.



ابتدا فاصله هر بار را تا نقطه A محاسبه می‌کنیم:

$$AB^2 = OB^2 + AO^2 = 9 + 16 = 25$$
$$\Rightarrow AB = 5cm$$



$$E_1 = k\frac{q_1}{r^2} = 9\times10^9\ \frac{5\times10^{-6}}{25\times10^{-4}} = 1/8\times10^7\ (N/C)$$
$$E_1 = E_2 = 1/8\times10^7\ (N/C)$$

با به دست آوردن زاویه α می‌توان هر بردار را بر حسب بردار یکه نوشت:

$$Sin\alpha = \frac{OB}{AB} = \frac{3}{5} = 0/6 \Rightarrow \alpha = 37^\circ$$
$$Cos\alpha = \frac{AO}{AB} = \frac{4}{5} = 0/8$$
$$\vec{E}_1 = 1/8\times10^7\left(0/8\vec{i} - 0/6\vec{j}\right)$$
$$\vec{E}_2 = 1/8\times10^7\left(0/8\vec{i} - 0/6\vec{j}\right)$$
$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = 2/88\times10^7\vec{i} \Rightarrow E = 2/88\times10^7\ N/C$$

بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A برابر $2/88\times10^7\ (N/C)$ می‌باشد.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

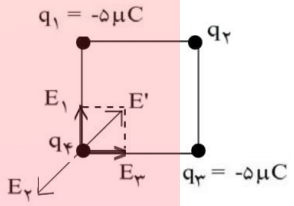
۱۷- سه ذره‌ی باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل زیر در سه رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_3 = -5\mu C$ باشد، نوع و اندازه‌ی بار q_2 را طوری تعیین کنید که بار q_4 در حال تعادل باشد.

شرط این که بار الکتریکی q_4 در تعادل قرار گیرد این است که برآیند میدان الکتریکی بارهای دیگر در محل بار q_4 صفر باشد، در این صورت با توجه به اطلاعات مسأله و شکل زیر می‌توان نوشت:

$$q_1 = q_3 = -5\mu C$$

$$E_1 = E_3 = \frac{kq_1}{r^2}$$

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_3^2} = \sqrt{2}E_1 = \frac{\sqrt{2} \times k \times q_1}{r^2}$$



برای این که میدان الکتریکی در محل بار الکتریکی q_4 صفر گردد لازم است: $(E_2 = E')$

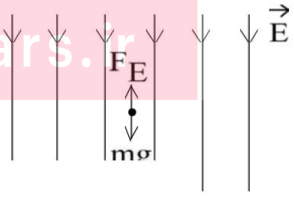
شرط تعادل $E_2 = E'$

$$\frac{kq_2}{2r^2} = \frac{\sqrt{2}kq_1}{r^2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = 2\sqrt{2} \Rightarrow q_2 = 2 \times \sqrt{2}(5) = 10\sqrt{2}\mu C$$

۱۸- در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $5 \times 10^4 \frac{N}{C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌ی بارداری به جرم $2g$ معلق و به حال سکون قرار دارد. اگر $g = 10 \frac{N}{kg}$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

شرط تعادل ذره در میدان الکتریکی این است که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد، در این صورت نیروی الکتریکی وارد بر ذره رو به بالا است و وزن ذره را خنثی می‌کند. میدان الکتریکی رو به پایین و نیروی الکتریکی رو به بالا است، پس به ذره در خلاف جهت میدان نیرو وارد شده است و می‌توان نتیجه گرفت ذره دارای بار الکتریکی منفی است.

$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \\ F_E - mg = 0 \\ F_E = E_q \Rightarrow Eq - mg = 0 \Rightarrow q = \frac{mg}{E} \end{cases}$$

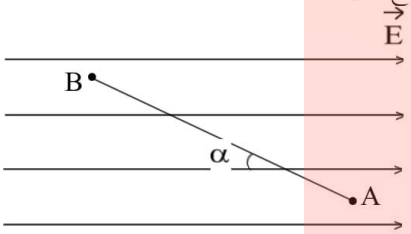


$$\begin{cases} q = \frac{mg}{E} \\ E = 5 \times 10^4 N/C \Rightarrow q = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^4} \Rightarrow q = 0/4 \times 10^{-6} C = -0/4\mu C \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

بار $q = +5\mu C$ را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $8 \times 10^5 \frac{N}{C}$ مطابق شکل زیر از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = 2m$ و $\alpha = 30$ درجه باشد، به ۳ سوال بعدی پاسخ دهید:



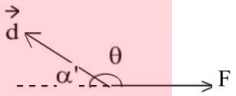
$\text{Cos } 30^\circ = 0/86$

۱۹- نیروی الکتریکی وارد بر بار q را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} F = Eq \\ E = 8 \times 10^5 N/C \text{ و } q = 5 \times 10^{-6} C \end{cases} \Rightarrow F = 8 \times 10^5 \times 10^{-6} \times 5 = 4N$$

۲۰- کاری که برای این جابه‌جایی باید انجام دهیم، چه‌قدر است؟

$$\begin{cases} W = FdCos\theta \\ Cos\theta = -Cos\alpha \Rightarrow W = -FdCos\alpha \\ d = AB = 2m \Rightarrow W = -4 \times 2 \times 0/86 = -6/88J \end{cases}$$



۲۱- تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را حساب کنید.

$$\begin{cases} \Delta U = +W \\ W = -6/88J \end{cases} \Rightarrow \Delta U = (-6/88) = -6/88J$$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار $+q$ به اندازه‌ی ۶/۸۸ ژول کاهش می‌یابد.

www.my-dars.ir

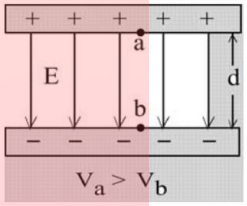
مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۲- دو صفحه‌ی رسانا با فاصله‌ی $۲cm$ را موازی یک‌دیگر قرار می‌دهیم و آن‌ها را به اختلاف پتانسیل $۱۰۰V$ وصل می‌کنیم. درنتیجه، یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی بوجود می‌آید. اندازه‌ی این میدان الکتریکی را حساب کنید و توضیح دهید که کدام‌یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیش‌تری دارند.

پتانسیل الکتریکی صفحه مثبت بیشتر از صفحه منفی است، زیرا جهت میدان الکتریکی از صفحه مثبت به صفحه منفی است.

$$\begin{cases} V = \dfrac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = F.d \Rightarrow V = \dfrac{F.d}{q} \end{cases}$$

$$F = Eq \Rightarrow V = \frac{Eq.d}{q} \Rightarrow E = \frac{V}{d}$$



$$\begin{cases} E = \dfrac{V}{d} \\ d = ۲\times۱۰^{-۲}\,m \\ V = ۱۰۰V \end{cases} \Rightarrow E = \frac{۱۰۰}{۲\times۱۰^{-۲}} = ۵\times۱۰^{۳}\,N/C$$

۲۳- در یک میدان الکتریکی، بار $q = +۲\mu C$ از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل آن در نقطه های A و B به ترتیب $-۴\times۱۰^{-۵}\,J$ و $۵\times۱۰^{-۵}\,J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه $(V_B - V_A)$ را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} \Delta U = U_۲ - U_۱ \\ \Delta U = ۵\times۱۰^{-۵} - (-۴\times۱۰^{-۵}) = ۹\times۱۰^{-۵}\,J \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta V = \dfrac{\Delta U}{q} \\ q = ۲\times۱۰^{-۶}\,C \end{cases} \Rightarrow \Delta V = \frac{۹\times۱۰^{-۵}}{۲\times۱۰^{-۶}} = ۴۵ \text{ ولت}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

بار الکتریکی $q = -۴\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = -۴۰V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲ = -۱۰V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

۲۴- انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

$$\begin{cases}\Delta V = V_۲ - V_۱ \\ \Delta V = -۱۰ - (-۴۰) = ۳۰ \text{ ولت}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta V = \dfrac{\Delta U}{q} \\ q = -۴ \times ۱۰^{-۶} C\end{cases} \Rightarrow \Delta U = (-۴ \times ۱۰^{-۶}) \times (۳۰) = -۱/۲ \times ۱۰^{-۴} J$$

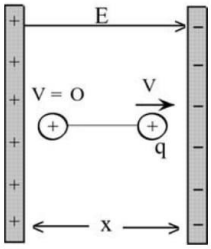
انرژی پتانسیل بار q به اندازه $۱/۲ \times ۱۰^{-۴}$ ژول کاهش می‌یابد.

۲۵- توضیح دهید که تغییر انرژی پتانسیل بار q (باتوجه به قانون پایستگی انرژی) به چه انرژی‌ای تبدیل می‌شود؟

با توجه به این که بار q آزادانه در میدان الکتریکی حرکت می‌کند، پس تنها نیروی الکتریکی بر آن اثر می‌کند، در این صورت کاهش انرژی پتانسیل بار q به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود (سیستم پایستار است).

۲۶- دو صفحه‌ی رسانا به فاصله‌ی یک سانتی‌متر از هم و موازی یک‌دیگر واقع‌اند. اختلاف پتانسیل میان دو صفحه برابر ۱۰۰۰V است. یک ذره به بار $+۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و جرم $۱/۶ \times ۱۰^{-۲۸} kg$ (یک پروتون) از مجاور صفحه‌ی مثبت و از حال سکون به طرف صفحه‌ی منفی شتاب می‌گیرد. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره وقتی به صفحه‌ی روبرو می‌رسد، افزایش می‌یابد یا کاهش؟ اندازه‌ی تغییرات این انرژی را حساب کنید. سرعت ذره در لحظه‌ی رسیدن به این صفحه چه‌قدر است؟

الف) وقتی بار مثبت در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. در این آزمایش وقتی بار $+q$ از صفحه‌ی مثبت به صفحه‌ی منفی می‌رود چون در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.



ب)
$$\begin{cases}\Delta U = q.(\Delta V) \\ \Delta V = V_۲ - V_۱ = -۱۰۰۰V\end{cases}$$

$$q = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \Rightarrow \Delta U = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times (-۱۰۰۰) = -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۶} J$$

انرژی پتانسیل الکتریکی ذره پروتون به اندازه $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۶}$ ژول کاهش می‌یابد.

پ) با توجه به این که سیستم پایستار است و تنها نیروی الکتریکی در جهت میدان به ذره پروتون وارد می‌شود، هم از راه دینامیک و هم از راه انرژی می‌توان سرعت برخورد ذره را با صفحه مقابل به دست آورد.

$$\begin{cases}\Delta U = -\Delta K = -\left(\frac{۱}{۲}mV^۲\right) \\ m_P = ۱/۶ \times ۱۰^{-۲۸} kg \\ \Delta U = -/۱۶ \times ۱۰^{-۱۶} \Rightarrow -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۶} = -\left(\frac{۱}{۲} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۲۸} \times V^۲\right)\end{cases}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{۲} \times ۱۰^{۶} m/s$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۷- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

با توجه به رابطه $C = \frac{q}{V}$ می‌توان چنین نوشت:

$$\Rightarrow q_2 = q_1 = C(V_2 - V_1) \Rightarrow C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{15}{12} \times 10^{-6} = 1/25\mu F$$

۲۸- دو صفحه‌ی مربعی شکل به ضلع ۱۶cm در فاصله‌ی ۲mm از یک‌دیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از پارافین با ضریب دی‌الکتریکی ۲/۵ پر شده است. ظرفیت خازن حاصل چه اندازه است؟

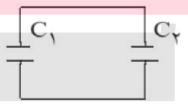
$$\begin{cases} A = 16 \times 16 \times 10^{-4} = 2/56 \times 10^{-2}\ m^2 \\ d = 2 \times 10^{-3}\ m \\ k = 2/5 \\ \varepsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2 \end{cases} \Rightarrow C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d} = 2/5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{2/56 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$C = 2/88 \times 10^{-10}\ \text{کولن} = 288pC$$

خازنی به ظرفیت $C_1 = 5\mu C$ با اختلاف پتانسیل ۱۲۰۰V و خازنی به ظرفیت $C_2 = 10\mu F$ با اختلاف پتانسیل ۷۵۰ ولت پر شده‌اند. اگر این خازن‌های پر را از مدار اصلی آن‌ها جدا و صفحه‌های هم‌نام آن‌ها را به هم وصل کنیم، به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

۲۹- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه و بار ذخیره شده در هر خازن چه اندازه می‌شود؟

هر گاه دو خازن C_1 و C_2 را پس از شارژ به یک‌دیگر مطابق شکل اتصال دهیم، بار ذخیره شده در خازن‌ها بین آن‌ها تقسیم می‌شود و اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌ها با هم برابر می‌شود و از رابطه زیر می‌توان مقدار آن را به‌دست آورد:



$$\begin{cases} V' = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} \\ V' = \frac{5 \times 1200 + 10 \times 750}{5 + 10} = 900\ \text{ولت} \end{cases}$$

با داشتن پتانسیل می‌توان بار ذخیره شده در هر خازن را در شرایط جدید به‌دست آورد.

$$\begin{cases} q'_1 = C_1 V' = 5 \times 900 = 4500\mu C \\ q'_2 = C_2 V' = 10 \times 900 = 9000\mu C \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۰- مجموع انرژی ذخیره شده در دو خازن را قبل و بعد از اتصال به یک‌دیگر محاسبه و با هم مقایسه کنید.

انرژی ذخیره شده در خازن‌ها قبل از اتصال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_T = W_1 + W_2 = ۳/۶ + ۲/۸ = ۶/۴J$$

انرژی ذخیره شده در مجموع خازن‌ها پس از اتصال به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} W_T = \frac{۱}{۲}C_T V'^۲ \\ C_T = ۱۵\mu F \Rightarrow W_T = \frac{۱}{۲}\times ۱۵\times ۱۰^{-۶}\times (۹۰۰)^۲ \approx ۶J \end{cases}$$

وقتی خازن‌ها را به هم اتصال می‌دهیم در اثر جابجا شدن بارهای الکتریکی قسمتی از انرژی خازن‌ها صرف این انتقال می‌گردد و در این صورت انرژی مجموع خازن‌ها پس از اتصال کمتر می‌شود.

۳۱- ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بارالکتریکی آن q است. $۸\ J$ انرژی باید مصرف کنیم تا $+۳mC$ بار الکتریکی را از صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل کنیم. q را محاسبه کنید.

قبل از انتقال بار مقدار خازن برابر است با: $U_1 = \frac{۱q^۲}{۲C}$

حال اگر مقدار $۳mC$ بار الکتریکی را بین دو صفحه جابجا کنیم، انرژی خازن در شرایط جدید از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$U_۲ = \frac{۱}{۲}\frac{\left(q + ۳\times ۱۰^{-۳}\right)^۲}{C}$$

با توجه به این که برای انتقال این بار ۸ ژول انرژی صرف شده است، پس:

$$\begin{cases} \Delta U = U_۲ - U_1 = ۸J \\ C = ۱۲\times ۱۰^{-۶}F \Rightarrow ۸ = \frac{\left(q + ۳\times ۱۰^{-۳}\right)^۲}{۲\times ۱۲\times ۱۰^{-۶}} - \frac{q^۲}{۲\times ۱۲\times ۱۰^{-۶}} \end{cases}$$

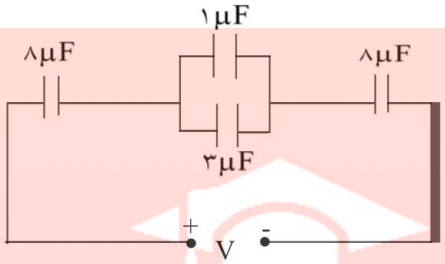
$$q\times ۶\times ۱۰^{-۳} = ۱۸۳\times ۱۰^{-۶} \Rightarrow q = ۳۰/۵\times ۱۰^{-۳}C = ۳۰/۵mC$$

بار الکتریکی خازن قبل از انتقال بار برابر ۳۰/۵ میلی کولن است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر مدار برابر V ۱۰ است. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:



۳۲- ظرفیت معادل مدار چه قدر است؟

۳۳- بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هریک از خازن‌ها را حساب کنید.

در مدار مجموعه خازن‌ها و پیل چون جریان الکتریکی برقرار نیست اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌ها برابر نیروی محرکه پیل خواهد بود، در این‌صورت:

$V = \varepsilon =$ ۱۰ ولت

$$\left.\begin{matrix} q = CV \\ C = ۲\mu F \end{matrix}\right\} \Rightarrow q = ۲ \times ۱۰ = ۲۰\mu C$$

$$q = q_۱ = q_{۲و۳} = q_۴ = ۲۰\mu C$$

$$\begin{cases} V_۱ = \dfrac{q_۱}{C_۱} \Rightarrow V_۱ = \dfrac{۲۰}{۸} = ۲/۵ \text{ ولت} \\ V_{۲و۳} = \dfrac{q_{۲و۳}}{C'} \Rightarrow V_{۲و۳} = \dfrac{۲۰}{۴} = ۵ \text{ ولت} \\ V_۴ = \dfrac{q_۴}{C_۴} \Rightarrow V_۴ = \dfrac{۲۰}{۸} = ۲/۵ \text{ ولت} \end{cases}$$

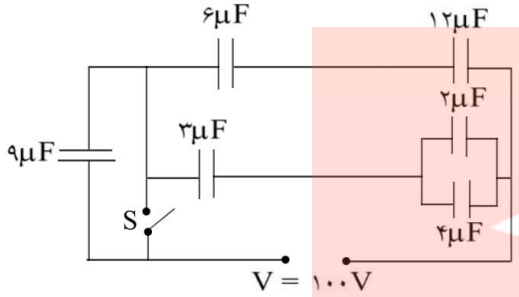
$$\begin{cases} V_{۲و۳} = V_۲ = V_۳ = ۵ \text{ ولت} \\ q_۲ = C_۲ V_۲ \Rightarrow q_۲ = ۱ \times ۵ = ۵\mu C \end{cases}$$

$$q_۳ = C_۳ V_۳ \Rightarrow q_۳ = ۳ \times ۵ = ۱۵\mu C$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۴- در شکل زیر، انرژی ذخیره شده در مجموعه‌ی خازن‌ها را در حالتی که الف- کلید S باز ب- کلید S بسته است، حساب کنید.



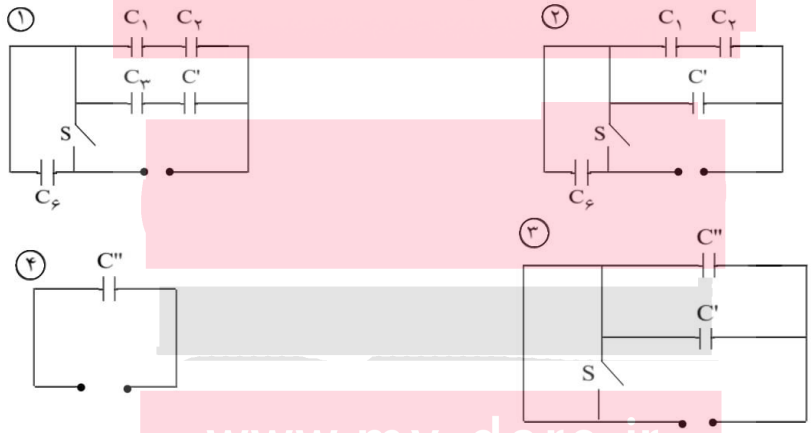
الف) کلید S باز است و خازن $C_۶$ در مدار خواهد بود.

(۱) $C' = C_۴ + C_۵ = ۲ + ۴ = ۶\mu F$

(۲) $C'' = \dfrac{C'C_۳}{C' + C_۳} = \dfrac{۶ \times ۳}{۶ + ۳} = ۲\mu F$

(۳) $C''' = \dfrac{C_۱ C_۲}{C_۱ + C_۲} \Rightarrow C''' = \dfrac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۴\mu F$

(۴) $C = \dfrac{C_۶ (C'' + C''')}{C_۶ + (C'' + C''')} \Rightarrow C = \dfrac{۹(۲ + ۴)}{۹ + (۲ + ۴)} = ۳/۶\mu F$



www.my-dars.ir

$$\begin{cases} W = \frac{۱}{۲} CV^۲ \\ C = ۳/۶\mu F \Rightarrow W = \frac{۱}{۲}(۳/۶ \times ۱۰^{-۶})(۱۰۰)^۲ \Rightarrow W = ۱/۸ \times ۱۰^{-۲} J \end{cases}$$

ب) کلید S بسته است و خازن $C_۶$ از مدار خارج می‌گردد (اتصال کوتاه)

$$\begin{cases} C' = C_۴ + C_۵ = ۶\mu F \\ C'' = \dfrac{C'C_۳}{C' + C_۳} = ۲\mu F \\ C''' = \dfrac{C_۱ C_۲}{C_۱ + C_۲} = ۴\mu F \end{cases}$$

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۵- جمله‌ی زیر را کامل کنید.
وقتی دو جسم به یک‌دیگر ..... داده می‌شود، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.

مالش

۳۶- جمله‌ی زیر را کامل کنید.
با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون ..... شارش می‌کند.

رسانا

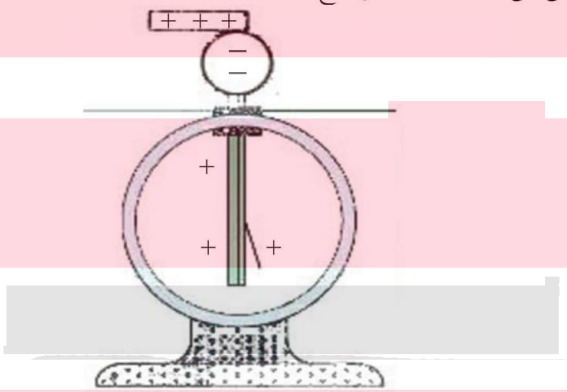
۳۷- جمله‌ی زیر را کامل کنید.
در یک جسم ..... بار الکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.

نارسانا

۳۸- جمله‌ی زیر را کامل کنید.
نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند ..... و نیرویی که بارهای الکتریکی غیرهم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند ..... است.

رانشی - ربایشی

۳۹- هرگاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.



بخشی از بار جسم باردار به الکتروسکوپ منتقل شده و تیغه‌های آن از هم فاصله می‌گیرند.

۴۰- مراحل باردار کردن یک الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را پیشنهاد کنید، سپس آن را به روشی که پیشنهاد کرده‌اید، باردار کنید.

الکتروسکوپ را به‌وسیله‌ی یک سیم به زمین وصل کرده، جسمی باردار را به آن نزدیک می‌کنیم، سپس اتصال به زمین را قطع کرده و جسم باردار رادور می‌کنیم.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

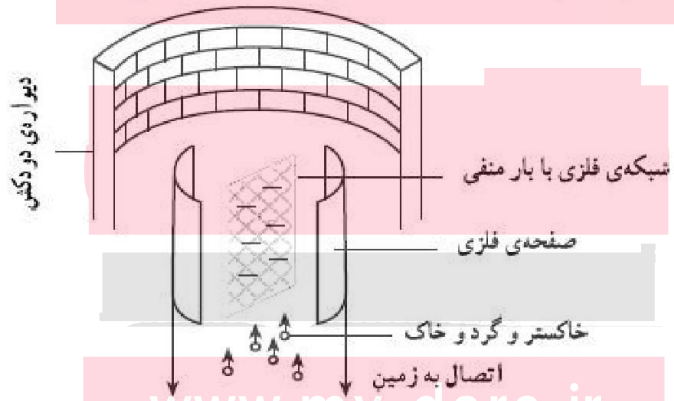
۴۱- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که:
الف) جسمی باردار است؟
ب) جسم جه نوع باری دارد؟
پ) جسمی رساناست یا نارسانا؟

الف) حرکت کردن تیغه‌های الکتروسکوپ پس از نزدیک کردن جسم باردار به آن (دور شدن تیغه‌های الکتروسکوپ خنثی)
ب) اگر پس از تماس تیغه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر شوند، بار جسم هم‌نام بار الکتروسکوپ است و اگر تیغه‌ها ابتدا نزدیک و سپس دور شوند، بارها مخالف‌اند.
پ) ابتدا به جسم مقداری بار الکتریکی می‌دهیم. اگر پس از نزدیک کردن الکتروسکوپ تغییری در وضعیت آن ایجاد شد، جسم رسانا و در غیر این‌صورت نارسانا است.

۴۲- آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

بله، با نزدیک کردن کره‌ها به الکتروسکوپ و مقایسه‌ی فاصله‌ی تیغه‌ها در دو حالت

سوختن زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید می‌کند. همه‌ی این فرآورده‌ها موجب مشکل‌های زیست‌محیطی می‌شوند. در این دودکش رسوب‌دهنده‌ی الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل زیر).
رسوب دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه‌ی فلزی متصل به زمین محصور شده است. به شبکه‌ی فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های شبکه بار منفی پیدا می‌کنند. آن‌ها به‌طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند و د رآن‌جا بار منفی خود را از دست می‌دهند.



www.my-dars.ir

۴۳- دو مشکل زیست‌محیطی را که پیامد سوختن زغال‌سنگ است نام ببرید.
آلودگی - عدم تجدیدپذیری - گرم شدن زمین

۴۴- به‌طور واضح توضیح دهید که چرا ذره‌های دود به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند.
ذرات دود پس از دریافت بار منفی، به‌صورت القا صفحه‌ی فلزی را دارای بار مثبت می‌کنند، سپس توسط آن جذب می‌شوند.

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۵- بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟

با بارهای مثبت القایی در صفحه‌ی فلزی، خنثی می‌شوند.

۴۶- موهای تمیز و خشک خود را با یک شانه‌ی پلاستیکی خشک شانه کنید. چرا موهای شما مرتب نمی‌شود و به سوی دانه‌های شانه کشیده می‌شود؟

چون در اثر مالش موها و شانه دارای بار مخالف می‌شوند و هم‌دیگر را جذب می‌کنند.

۴۷- با یک پارچه‌ی خشک، صفحه‌ی تلویزیون را تمیز کنید. چرا پرزهای پارچه به صفحه‌ی تلویزیون می‌چسبند؟

در اثر مالش، صفحه‌ی تلویزیون باردار شده، ذرات ریز غبار و پرز را به خود جذب می‌کند.

۴۸- در تاریکی لباس خود را از تن بیرون آورید، چرا جرقه زده می‌شود؟

در اثر مالش لباس و بدن، لباس باردار می‌شود و زمان تخلیه‌ی الکتریکی جرقه تولید می‌شود.

۴۹- چرا آزمایش‌های الکتریسته‌ی ساکن در روزهای سرد و خشک، نتیجه‌ی بهتری می‌دهد؟

چون هوای مرطوب رسانای الکتریسیته است و هوای خشک نارسانای الکتریکی می‌باشد.

۵۰- چرا در بعضی مواد پلاستیک یا نایلون بهتر از سایر مواد می‌توان بار الکتریکی تولید کرد؟

چون این مواد عایق (نارسانای) الکتریسیته هستند.

۵۱- می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رسانا بسیار زیاد است. به عنوان مثال در یک سانتی‌متر مکعب مس در حدود $۱۰^{۲۲}$ الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید. فرض کنید بخواهید این تعداد را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰۰، ... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی $۱۰^{۱۲}$ الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک سانتی‌متر مکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً برابر ۳×۱۰^{۷} ثانیه در نظر بگیرید.

$$t = \frac{n}{n_{\circ}} = \frac{۱۰^{۲۲}}{۱۰^{۱۲}} = ۱۰^{۱۰} \quad \text{و} \quad \text{تعداد سال} = \frac{۱۰^{۱۰}}{۳ \times ۱۰^{۷}} \approx ۳/\bar{۳} \times ۱۰^{۲} = ۳۳۳ \text{ سال}$$

۵۲- برای آن‌که در جسمی خنثی بار الکتریکی $+۶/۴ \times ۱۰^{-۶}\ C$ ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

$$q = ne \Rightarrow ۶/۴ \times ۱۰^{-۶} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۴ \times ۱۰^{۱۳}$$

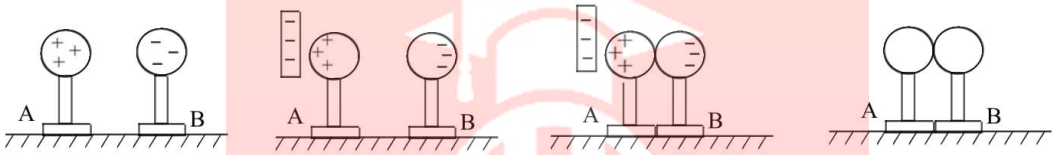
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵۳- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با Z نشان می‌دهند. عدد اتمی مس برابر ۲۹ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم مس چه‌قدر است؟ اتم مس چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چه‌قدر است؟

همین اندازه بار منفی دارد. بار کلی اتم مس صفر است، چون تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها برابر است.

۵۴-



(ت) (پ) (ب) (الف)

الف) توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی است.
ب) آیا بار الکتریکی تیغه‌ی پلاستیکی کاهش یافته است؟

الف) چون کره‌ی A به تیغه نزدیک‌تر است، الکترون‌های آزاد آن به کره‌ی B منتقل می‌شوند.
ب) خیر.

۵۵- با یک جفت دمپایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دمپایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، گوش و یا نوک بینی یک نفر را که در اتاق است، لمس کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت آن را توضیح دهید. با چه پدیده‌های دیگری، مشابه پدیده‌ی فوق، آشنا هستید؟ آیا ممکن است این پدیده‌ها خطرناک باشند؟

جرقه زده می‌شود. در اثر مالش دمپایی و به دنبال آن بدن دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. و با نزدیک کردن انگشت به بدن دیگری در اثر القا، جرقه زده می‌شود.
صاعقه، بله به علت انرژی فوق‌العاده زیاد آن خطرناک است.

۵۶- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر آویزان می‌کنند؟

در اثر اصطکاک تانکر باردار می‌شود. اگر به تدریج تخلیه نشود، تخلیه‌ی ناگهانی و جرقه می‌تواند سبب آتش‌سوزی شود.

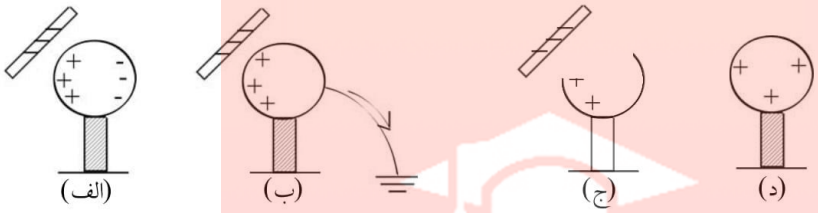
۵۷- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند. برای تخلیه‌ی بار الکتریکی آن‌ها چه تدبیری به کار برده می‌شود؟

لبه‌ها و نوک‌های تیز بال و قسمت‌های مختلف هواپیما سبب تخلیه‌ی بار در هوا می‌شوند.

www.my-dars.ir

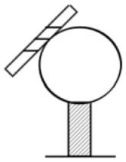
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵۸- میله‌ی نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه‌ی نارسانا در اختیار دارید، با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را دارای بار مثبت کرد؟



الف- میله را به کره نزدیک می‌کنیم.
ب- میله را به زمین متصل می‌کنیم.
ج- اتصال زمین را قطع می‌کنیم.
د - میله را دور می‌کنیم.

۵۹- میله‌ی نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه‌ی نارسانا در اختیار دارید، با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را دارای بار منفی کرد؟



میله را به کره تماس می‌دهیم بخشی از بار سطحی میله به کره منتقل می‌شود.

۶۰- دو جسم بدون بار را چگونه می‌توان باردار کرد؟ آیا در این روش لازم است به جنس اجسام توجه شود؟

با مالش دادن آن‌ها به یک‌دیگر. بله، باید هر دو نارسانا و با جنس‌های مختلف باشند.

۶۱- آزمایش زیر را انجام دهید:

۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.
۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید.
۳- شانه را به باریکه‌ی آب نزدیک کنید.

آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت را بنویسید.

بله، شانه در اثر مالش باردار می‌شود و مولکول آب قطبی است. بدین جهت دچار چرخش شده، جذب شانه می‌شود. این جاذبه سبب انحراف مسیر آب می‌شود.

۶۲- در کدام‌یک از وسیله‌های منزل لازم است بار الکتریکی ایجاد شده را کاهش دهیم (و یا کنترل کنیم)؟

ماشین لباس‌شویی. چون در این وسیله حرکت مالشی وجود دارد.

www.my-dars.ir

۶۳- با توجه به شکل زیر، چند مورد از مشاهده‌های خود که با الکتریسیته‌ی ساکن ارتباط دارد را بنویسید.

اجزایی که در آن‌ها مالش یا حرکت وجود دارد باید به زمین وصل شوند تا به تدریج تخلیه شوند یا باید از جنسی باشند که در اثر مالش باردار نشوند. این اجزا عبارتند از: بدن و لباس بیمار، ارابه‌ی ابزار و زمین، اجزای دستگاه هوشبری و تنفس مصنوعی، کفش‌های متصدیان.

۶۴- اگر یکی از سرهای دو باتری مشابه را به طور مخالف به هم ببندیم (پایانه‌های مثبت به منفی و یا پایانه‌های منفی به مثبت وصل باشند) و دو سر مجموعه را به یک لامپ ببندیم چه اتفاقی می‌افتد؟

چون اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه صفر می‌شود، هیچ جریانی از آن‌ها نخواهد گذشت.

۶۵- وقتی دو جسم به یک‌دیگر ..... داده می‌شوند، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.

مالش

۶۶- با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون ..... شارش می‌کند.

رسانا

۶۷- در یک جسم ..... بار الکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.

نارسانا

۶۸- نیرویی که بارهای الکتریکی هم نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند ..... و نیرویی که بارهای الکتریکی غیرهم نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند ..... است.

رانش، ربایش

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۶۹- هر گاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.

در اثر تماس بخشی از بار سطحی شیشه به الکتروسکوپ منتقل شده، تیغه‌ها دارای بار مثبت می‌شوند و از هم فاصله می‌گیرند.

۷۰- جسمی باردار است؟

الکتروسکوپ را با تماس به زمین خنثی می‌کنیم و بعد از قطع اتصال زمین، جسم مورد نظر را به الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. در صورتی که تیغه‌ها از هم دور شوند، جسم باردار است.

۷۱- جسم چه نوع باری دارد؟

الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم (با بار معلوم) جسم باردار مجهول را به آن نزدیک می‌کنیم. اگر تیغه‌ها از هم دورتر شوند، بار مجهول و الکتروسکوپ هم‌نوع است و اگر به هم نزدیک شدند، بار مجهول و الکتروسکوپ هم‌نوع نیستند. جسم مجهول باید دارای بار باشد.

۷۲- جسمی رساناست یا نارسانا؟

جسم خنثی را به الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم. اگر فاصله‌ی تیغه‌ها تغییر کرد معلوم است در جسم مجهول، القا صورت گرفته است، پس رسانا است در غیر این صورت جسم نارسانا است.

۷۳- آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

بله با نزدیک کردن کره‌ها به الکتروسکوپ و مقایسه‌ی فاصله‌ی تیغه‌ها در دو حالت.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- مولد

وقتی دو مخزن غیر هم ارتفاع را به هم ربط می‌دهیم، آب از مخزن بالایی به مخزن پایینی می‌رود. این جریان تا زمانی ادامه دارد که ارتفاع آب دو مخزن یکی نیست. اگر بخواهیم جریان آب دائمی باشد باید آب را به کمک یک پمپ از مخزن پایینی به مخزن بالایی منتقل کنیم و آب زمان پایین آمدن انرژی‌اش را آزاد می‌کند و می‌توان از آن استفاده کرد. زمان بالا رفتن نیز آب از پمپ انرژی می‌گیرد.

وقتی دو جسم غیر هم پتانسیل را به هم وصل می‌کنیم بار از جسم با پتانسیل بالاتر به پتانسیل کمتر می‌رود. برای ایجاد جریان دائمی از مولد استفاده می‌کنیم. **مولد با دادن انرژی به بار آن را از محلی با پتانسیل کمتر به موقعیتی با پتانسیل بیشتر می‌برد.**

۲- نیروی محرکه‌ی مولد

مولدها با روش‌های مختلفی مانند یک واکنش شیمیایی بین دو پایانه (اتصال) خود اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند (به بار انرژی می‌دهند).

مقدار اختلاف پتاسیل دو سر مولد بر حسب توان خروجی آن (مصرف کننده) می‌تواند متغیر باشد.

بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که مولد می‌تواند ایجاد کند نیروی محرکه مولد نام دارد و با یکای ولت اندازه‌گیری می‌شود.

۳- جریان الکتریکی

به آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع رسانا شدت جریان الکتریکی گفته می شود.

اگر بار q در مدت زمان t از یک مقطع مدار عبور کند، شدت جریان I از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

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

در این رابطه q بر حسب کولن و t بر حسب ثانیه می‌باشد. در این صورت I بر حسب آمپر به دست می‌آید.

$1A$ شدت جریان بسیار بالایی است و در اکثر وسایل برقی شدت جریان در حدود چند میلی آمپر (mA) می‌باشد.

۴- مقاومت الکتریکی

وقتی در دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود، بارها در آن شارش می‌کنند. بارها در مسیر خود با برخورد به ذرات در حال نوسان برخورد کرده، انرژی خود را از دست می‌دهند. این انرژی به انرژی درونی تبدیل می‌شود. در این حالت اصطلاحاً می‌گویند رسانا دارای مقاومت الکتریکی است. یکای مقاومت الکتریکی اهم است. 1Ω مقاومت بسیار کمی است و بیشتر ابزارها دارای مقاومت چند کیلو اهم هستند.

وقتی رسانا گرم می‌شود نوسان‌های ذرات آن افزایش می‌یابد. این مسئله سبب افزایش مقاومت الکتریکی آن می‌شود.

www.my-dars.ir

محمدگنجی
مشاور و برنامه ریز کنکور
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵- قانون اهم

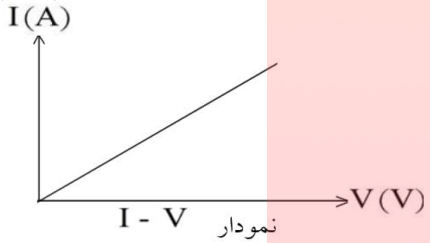
جریان الکتریکی در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌شود. **نسبت V (اختلاف پتانسیل الکتریکی) به I (شدت جریان الکتریکی) همواره برای یک رسانا مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.**

مقاومت الکتریکی با R نشان داده می‌شود:

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

اگر به ازای اختلاف پتانسیل‌های مختلف شدت جریان را اندازه بگیریم و نمودار I بر حسب V (I - V) را رسم کنیم شیب خط حاصل با $\frac{۱}{R}$ برابر است.

پس هر چه شیب خط بیش‌تر باشد مقاومت رسانا کم‌تر است و شیب خط کم‌تر، نشانه‌ی مقاومت بیش‌تر است.



نمودار I - V

۶- مصرف انرژی الکتریکی

وقتی از یک رسانا در اثر اختلاف پتانسیل V جریان I عبور می‌کند، مقداری انرژی الکتریکی مصرف شده عموماً تبدیل به انرژی درونی می‌شود.

انرژی مصرف شده در یک رسانا به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ - **مقاومت الکتریکی رسانا** (R)

۲ - **زمان عبور جریان الکتریکی** (t)

۳ - **مجذور شدت جریان الکتریکی** $(I^۲)$

انرژی مصرفی را با W نشان می‌دهیم. رابطه‌ی بین W و سه عامل یاد شده به شکل زیر است:

$$W = RI^۲t$$

اگر R بر حسب اهم (Ω)، I بر حسب آمپر (A) و t بر حسب ثانیه (S) باشند، W بر حسب ژول (J) به دست می‌آید.

انرژی مصرفی در یک رسانا با رابطه‌های دیگر نیز به دست می‌آید:

$$W = RI^۲t = RI.I.t = VIt$$

$$W = RI^۲t = \frac{R^۲I^۲}{R}t = \frac{(RI)^۲}{R}t = \frac{V^۲}{R}t$$

$$W = RI^۲t = RI.It = V.q$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۷- توان الکتریکی مصرفی در رسانا

به آهنگ مصرف انرژی الکتریکی در رسانا توان الکتریکی گفته می‌شود.

توان عبارت است از **انرژی مصرف شده در واحد زمان (مثلاً ۱ ثانیه)**

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

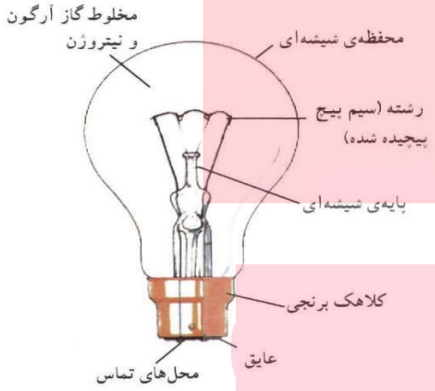
ما برای انرژی چهار رابطه داشتیم. بنابراین برای توان نیز چهار رابطه وجود دارد:

$$P = RI^{۲}$$
$$P = \frac{V^{۲}}{R}$$
$$P = VI$$
$$P = \frac{Vq}{t}$$

اگر یکای دیگر کمیت‌ها استاندارد انتخاب شده باشد، یکای توان ژول بر ثانیه $\left(\frac{J}{S}\right)$ یا وات (W) خواهد بود.

۸- ساختمان لامپ رشته‌ای

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته‌ی لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود $۳۰۰۰^{\circ}C$ بالا می‌برد. در این دما رشته‌ی درون لامپ بخشی از انرژی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می‌کند.



۹- توان اسمی

روی هر وسیله‌ی برقی ۲ عدد نوشته می‌شود که یکی از آن‌ها اختلاف پتانسیل مناسب کار دستگاه است که به آن ولتاژ اسمی می‌گویند.

عدد دوم توان کار دستگاه در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است. به این توان، توان اسمی گفته می‌شود.

توان اسمی دستگاه، توان مصرفی آن در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است.

توان بیش‌تر یا کم‌تر برای دستگاه ممکن است زیان‌بار باشد.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۰- بهای انرژی الکتریکی مصرفی

شمارگر(کنتور) ساختمان وسیله‌ای است که مقدار انرژی مصرفی را اندازه می‌گیرد. اگر توان مصرفی را با P و زمان مصرف را با t نشان دهیم انرژی مصرفی طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = Pt$$

معمولا P را بر حسب وات و t را بر حسب ثانیه جاگذاری می‌کنیم و یکای انرژی بر حسب ژول به دست می‌آید.

اگر P را بر حسب کیلووات و t را بر حسب ساعت جاگذاری کنیم، انرژی مصرفی بر حسب یکای جدیدی به نام کیلووات‌ساعت (kWh) به دست می‌آید.

کیلووات‌ساعت یکای تجاری انرژی است. معمولاً هزینه‌ی انرژی مصرفی را بر اساس کیلووات‌ساعت مصرفی انرژی بیان می‌کنند. مثلاً ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات‌ساعت.

انرژی مصرفی بر حسب کیلووات‌ساعت × هزینه‌ی هر کیلووات‌ساعت = هزینه‌ی مصرفی کل

۱۱- **تعریف ظرفیت خازن**

نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (ولتاژ) مقداری ثابت است که به آن ظرفیت خازن می‌گویند و واحد آن در SI برابر کولن بر ولت است که فاراد نامیده می‌شود.

$$C = \frac{q \rightarrow \text{کولن}}{V \rightarrow \text{ولت}} \leftarrow \text{فاراد}$$

۱۲- **ظرفیت خازن مسطح**

ظرفیت خازن به تغییرات بار الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد و ظرفیت خازن مسطح از رابطه‌ی $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می‌آید. A سطح مشترک صفحه‌ها، d فاصله‌ی دو صفحه از یکدیگر و k ضریب دی‌الکتریک (عایق) بین دو صفحه می‌باشد.

برای مقایسه‌ی ظرفیت الکتریکی دو خازن می‌توان نوشت:

$$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \times \frac{A'}{A} \times \frac{d}{d'}$$

۱۳- **قرار دادن صفحه‌ی رسانا بین صفحه‌های خازن**

وقتی بین دو صفحه‌ی خازنی که فاصله آن‌ها برابر d است. یک صفحه‌ی فلزی به ضخامت d' قرار می‌دهیم، در واقع مانند این است که از ضخامت عایق بین دو صفحه کاسته شده است و در نتیجه ظرفیت الکتریکی خازن افزایش می‌یابد:

$$\begin{cases} d_1 = d \\ d_2 = d - d' \end{cases} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{d - d'}$$

www.my-dars.ir

۱۴- **خازن متصل به مولد**

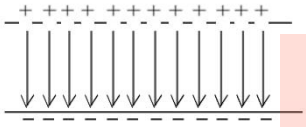
وقتی یک خازن به دو سر یک مولد متصل است، اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن همواره برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد می‌باشد و ثابت است و در این حالت با تغییر مشخصات ساختمانی خازن، ولتاژ آن ثابت می‌ماند.

۱۵- **خازن پرشده‌ی جدا از مولد**

اگر یک خازن پرشده از مولد جدا شود، یا تغییر مشخصات ساختمانی آن بار الکتریکی خازن تغییر نمی‌کند.

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- **میدان الکتریکی یکنواخت خازن**



هرگاه دو صفحه‌ی مسطح، موازی هم قرار داشته باشند و دو صفحه دارای بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام باشند، بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت بوجود می‌آید که سوی آن از صفحه‌ی مثبت به طرف صفحه‌ی منفی است.

۱۷- **محاسبه‌ی میدان یکنواخت خازن**

برای خازن مسطحی که فاصله‌ی دو صفحه‌ی آن برابر d و اختلاف پتانسیل دو صفحه برابر V است، اندازه‌ی میدان الکتریکی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{V \rightarrow \text{(ولت) اختلاف پتانسیل دو صفحه}}{d \rightarrow \text{(متر) فاصله ی دو صفحه}} \leftarrow \text{میدان الکتریکی یکنواخت (ولت بر متر یا نیوتن بر کولن)}$$

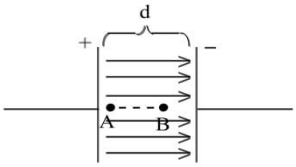
۱۸- **نیروی وارد بر بار الکتریکی در بین صفحه‌ی خازن**

از طرف میدان الکتریکی خازن به بار الکتریکی مثبت نیرویی در جهت میدان (از صفحه دارای بار مثبت به طرف صفحه دارای بار منفی) و به بار منفی نیرویی در خلاف جهت میدان وارد می‌شود.

$$F = qE \Rightarrow F = q\frac{V}{d} \leftarrow \text{نیروی وارد بر بار آزمون } q \text{ از طرف خازن باردار}$$

۱۹- **رابطه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت و اختلاف پتانسیل الکتریکی**

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه با فاصله‌ی آن در امتداد میدان الکتریکی متناسب است.

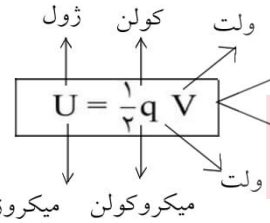


$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed$$

$$\left(d_{AB} = \frac{1}{3}d : \text{مثلا اگر داشته باشیم}\right) \Rightarrow V_{AB} = Ed_{AB} = E\left(\frac{1}{3}d\right) \Rightarrow V_{AB} = \frac{1}{3}V$$

۲۰- **انرژی ذخیره شده در خازن**

وقتی خازنی را با ولتاژ معین پر می‌کنیم انرژی الکتریکی توسط خازن ذخیره می‌شود. انرژی ذخیره شده بین دو صفحه‌ی یک خازن طبق رابطه‌های زیر قابل محاسبه است:



$$q = CV \Rightarrow \boxed{U = \frac{1}{2}CV^2}$$

$$V = \frac{q}{C} \Rightarrow \boxed{U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۱- **تغییر مشخصات یک خازن پر شده**

هر گاه مشخات ساختمانی یک خازن پر شده را تغییر می‌دهیم، طبق رابطه‌ی $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ می‌توان نحوه‌ی تغییر ظرفیت الکتریکی آن را معین نمود. اما بررسی تغییرات q ،V ،E و U باید توجه داشته باشید که:

۱- اگر خازن به مولد وصل باشد، همواره V را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات q و E و U را به ترتیب طبق رابطه‌های $q = C\,V$ و $E = \frac{V}{d}$ و $U = \frac{1}{2}CV^2$ تعیین کنید.

۲- اگر خازن به مولد وصل نباشد، همواره q را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات V و E و U را به ترتیب طبق رابطه‌های $V = \frac{q}{C}$ و $E = \frac{V}{d}$ و $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ تعیین کنید.

۲۲- **به هم بستن خازن‌ها**

- $C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (ظرفیت معادل دو خازن متوالی)
- $C_T = C_n$ (ظرفیت معادل n خازن مشابه و متوالی)
- $C_T = mC$ (ظرفیت معادل m خازن مشابه و موازی)

← (ظرفیت معادل خازن های متوالی) $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$; $C_T < C_1$, $C_T < C_2$, $C_T < C_3$

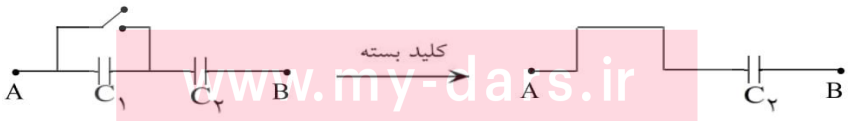
← (ظرفیت معادل خازن های موازی) $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$; $C_T > C_1$, $C_T > C_2$, $C_T > C_3$

۲۳- **تغییر در ظرفیت معادل مدارهای خازنی**

وقتی یک خازن به طور متوالی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل مدار کاهش می‌یابد.
وقتی یک خازن به طور موازی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل افزایش می‌یابد.
وقتی بدون تغییر در تعداد خازن‌های مدار، ظرفیت یکی از خازن‌های مدار افزایش یابد، صرف‌نظر از نوع قرار گرفتن این خازن در مدار ، ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.

۲۴- **اثر کلید در مدارهای خازنی (۱)**

گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را از مدار خارج می‌کند. در این حالت باید با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر با یک سیم به هم وصل گردد.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

-۲۵ **اثر کلید در مدارهای خازنی (۲)**

گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را به‌طور موازی اضافه می‌کند. در این حالت با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر به دو سر خازنی که در مدار است وصل می‌گردد.

-۲۶ **اثر کلید در مدارهای خازنی (۳)**

گاهی بسته شدن یک کلید، نحوه‌ی اتصال خازن‌های موجود در مدار را تغییر می‌دهد.

-۲۷ **نیروی محرکه‌ی مولد**

$\varepsilon = \frac{U}{q}$ ← نیروی محرکه ی مولد(ولت)

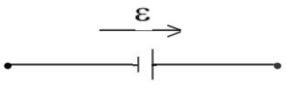
انرژی الکتریکی منتقل شده(ژول) → U

بار الکتریکی جابه جا شده(کولن) → q

$U = \varepsilon q \Rightarrow U = \varepsilon It$ ← انرژی الکتریکی منتقل شده به بار از طرف مولد(کار انجام شده توسط مولد)

-۲۸ **جهت نیروی محرکه‌ی الکتریکی**

می‌توان برای نیروی محرکه‌ی مولد، جهتی را از قطب منفی به طرف قطب مثبت تعریف نمود که در واقع همان جهتی است که مولد می‌خواهد جریان الکتریکی را در مدار برقرار کند.

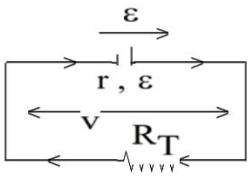


www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

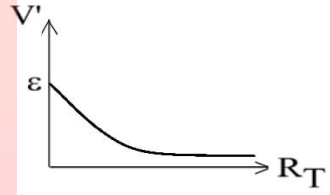
۲۹- **مدار تک حلقه**

در یک مدار تک حلقه با یک مولد همواره جریان الکتریکی در جهت نیروی محرکه‌ی مولد در مدار برقرار می‌شود.

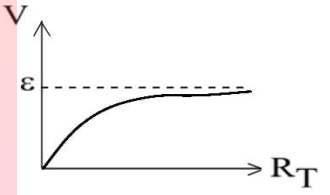


شدت جریان $\leftarrow I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \rightarrow \varepsilon = I(R_T + r)$

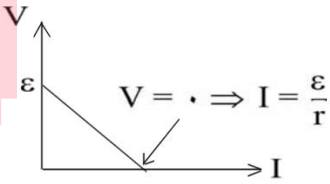
افت پتانسیل در داخل مولد $\leftarrow V' = rI \rightarrow V' = r\left(\frac{\varepsilon}{R_T + r}\right)$



اختلاف پتانسیل دو سر مولد $\leftarrow V = R_T I \rightarrow V = R_T\left(\frac{\varepsilon}{R_T + r}\right)$



اختلاف پتانسیل دو سر مولد $\leftarrow V = \varepsilon - rI$



۳۰- **اختلاف پتانسیل دو سر مولد در مدار تک حلقه و تک مولد**

در یک مدار تک حلقه با یک مولد (مدار ساده الکتریکی) اختلاف پتانسیل دو سر مولد که با رابطه‌ی $V = \varepsilon - rI$ محاسبه می‌شود با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت خارجی مدار $(V = R_T I)$ برابر است.

۳۱- **بیشینه‌ی جریان تولیدی توسط مولد**

اگر مقاومت خارجی مدار برابر صفر باشد یا دو سر مولد را با یک سیم بدون مقاومت به‌هم وصل کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر صفر می شود و شدت جریان بیشینه‌ای که از آن عبور می‌کند برابر خواهد بود با:

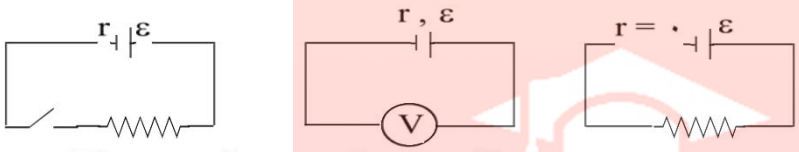
$R_T = 0 \Rightarrow V_{\text{مولد}} = 0 \Rightarrow I_{max} = \frac{\varepsilon}{r}$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

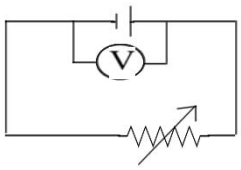
۳۲- **بیشینه‌ی اختلاف پتانسیل دو سر مولد**

اگر مقاومت خارجی مدار خیلی بزرگ باشد و یا توسط یک کلید مدار باز شود و یا در دو سر مدار مولد فقط یک ولت‌سنج ایده‌آل وصل شود و یا مقاومت درونی مولد ناچیز باشد اختلاف پتانسیل دو سر مولد بیشینه و برابر نیروی محرکه مولد خواهد بود.



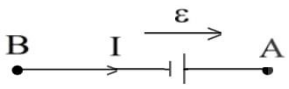
$$\Rightarrow \begin{cases} R = \infty \Rightarrow I = ۰ \Rightarrow rI = ۰ \Rightarrow V = \varepsilon \\ r = ۰ \Rightarrow rI = ۰ \Rightarrow V = \varepsilon \end{cases}$$

۳۳- **نکته :** وقتی مقاومت الکتریکی مدار تغییر می‌کند و نحوه‌ی تغییر اختلاف پتانسیل دو سر مولد را بخواهیم، مناسب‌تر است که از رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir$ استفاده می‌کنیم.

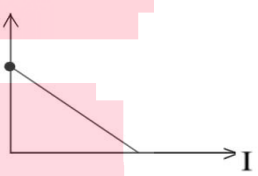


$$R\uparrow \Rightarrow \begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon}{R + r} & ، R\uparrow \Rightarrow I\downarrow \\ V = \varepsilon - rI & ، I\downarrow \Rightarrow rI\downarrow \Rightarrow V\uparrow \end{cases}$$

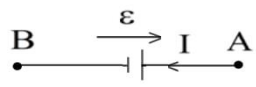
۳۴- **نکته :** اگر از یک مولد، جریان الکتریکی در جهت نیروی محرکه‌ی مولد عبور کند (یعنی خودش جریان الکتریکی را ایجاد کرده است) اختلاف پتانسیل دو سر این مولد برابر $\varepsilon - rI$ است.



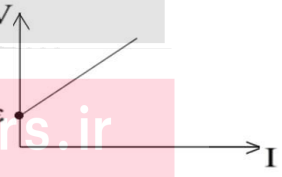
$$\Rightarrow V_{AB} = \varepsilon - rI$$



۳۵- **نکته :** اگر از یک مولد جریان الکتریکی در خلاف جهت نیروی محرکه‌ی مولد عبور کند (یعنی جریان الکتریکی توسط مولد دیگری از آن عبور داده شده است) اختلاف پتانسیل دو سر این مولد برابر $\varepsilon + rI$ است.



$$\Rightarrow V_{AB} = \varepsilon + rI$$

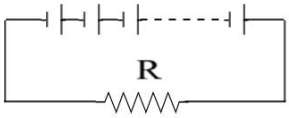


www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۶- مدار تک حلقه با چند مولد مشابه

اگر در یک مدار تک حلقه چند مولد مشابه که نیروی محرکه‌ی تمام آن ها هم‌جهت است قرار داشته باشد، می‌توان فرض کرد که نیروی محرکه کل این مدار برابر $n\varepsilon$ و مقامت درونی آن‌ها برابر nr می‌باشد.

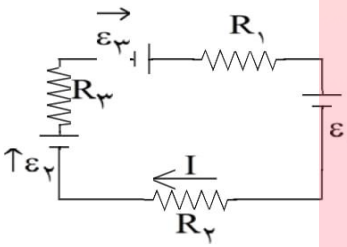


$$\begin{matrix}\varepsilon_T = n\varepsilon \\ r_T = nr\end{matrix} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_T}{R + r_T} \Rightarrow I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$$

۳۷- مدار تک حلقه با چند مولد متفاوت

در مداری تک حلقه با چند مولد متفاوت که نیروی محرکه‌هایی در جهت‌های مخالف دارند، برای مدار جریان الکتریکی در یک جهت دل‌خواه در نظر بگیرید و سپس نیروی محرکه‌ی مولدهایی که در جهت جریان الکتریکی هستند با علامت مثبت و آن‌هایی که در خلاف جهت جریان الکتریکی می‌باشند را با علامت منفی در رابطه‌ی زیر بکار ببرند.

شدت جریان الکتریکی در مدار تک حلقه $\leftarrow I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R + \sum r}$



$$\Rightarrow I = \frac{-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{(R_1 + R_2 + R_3) + (r_1 + r_2 + r_3)}$$

اگر در ابطه‌ی بالا I مثبت محاسبه شود یعنی جهت جریان الکتریکی انتخاب شده درست است و اگر منفی محاسبه گردد یعنی اندازه آن درست است اما جهت آن مخالف جهت انتخاب شده می‌باشد.

۳۸- تغییر پتانسیل در عبور از یک مقاومت

اگر از یک مقاومت الکتریکی در جهت جریان الکتریکی عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به‌اندازه RI کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت جریان الکتریکی عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه RI افزایش خواهد یافت.

۳۹- توان یک مولد

انرژی الکتریکی تولید شده توسط یک مولد (انرژی ذخیره شده توسط آن) طبق رابطه‌ی $U = \varepsilon q$ یا $U = \varepsilon It$ قابل محاسبه است که قسمتی از این انرژی در مقاومت درونی خود مولد به گرما تبدیل می‌شود.

توان تولیدی $\Rightarrow U = \varepsilon It$ انرژی الکتریکی

توان تلف شده $\Rightarrow U_r = rI^2 t$ انرژی الکتریکی تلف شده در مقاومت درونی $P_r = rI^2$

توان مفید $\Rightarrow U' = \varepsilon It - rI^2 t$ انرژی الکتریکی مفید یا خارج شده از مولد $P' = \varepsilon I - rI^2$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

-۴۰ **بیشینه‌ی توان مفید یک مولد**

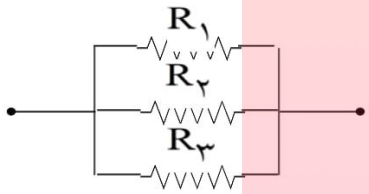
با تغییر مقاومت خارجی متصل به یک مولد و در نتیجه تغییر جریان الکتریکی گرفته شده از مولد، توان خروجی مولد تغییر می‌کند که به ازای I و R معینی، توان خروجی مولد به بیش‌ترین مقدار می‌رسد.

$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{2r}} R = r$ مقاومت خارجی مدار وقتی توان مفید بیشینه است.

$I = \frac{\varepsilon}{2r} \xrightarrow[\text{ولتاژ دو سر مولد } V = \varepsilon - Ir]{} V = \frac{\varepsilon}{2}$ ولتاژ دو سر مولد وقتی توان مفید بیشینه است.

-۴۱ **به هم بستن مقاومت‌ها**

مقاومت معادل موازی



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

حالت خاص: دو مقاومت R_1 و R_2 موازی شوند.

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

حالت خاص: n مقاومت مشابه موازی شوند.

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

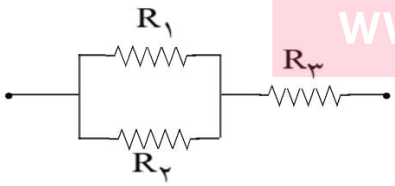
مقاومت معادل سری

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

حالت خاص: n مقاومت مشابه متوالی شوند.

$$R_T = nR$$

مثال :



$$R_T = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

www.my-dars.ir

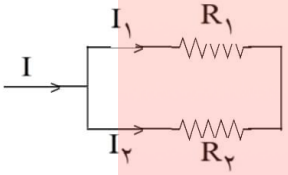
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۲- **جریان و اختلاف پتانسیل در مقاومت‌های موازی و متوالی**

موازی

۱- اختلاف پتانسیل مقاومت‌های موازی با یکدیگر برابر است.

۲- شدت جریان الکتریکی بین مقاومت های موازی متناسب با عکس مقاومت تقسیم می‌شود در نتیجه از شاخه‌ی با مقاومت کوچک‌تر شدت جریان بیشتری عبور می‌کند.



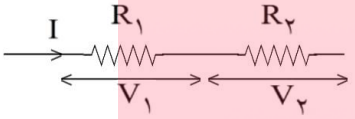
$$I = I_1 + I_2$$
$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$
$$V_1 = V_T \Rightarrow R_1 I_1 = R_T I$$

در شکل بالا، اگر $R_1 = 3R_2$ باشد در این‌صورت $I_1 = \frac{1}{3} I_2$ خواهد بود (تقسیم شدت جریان متناسب با معکوس اندازه مقاومت ها)

متوالی

۱- شدت جریان در مقاومت های متوالی با یک‌دیگر برابر است.

۲- اختلاف پتانسیل بین مقاومت های متوالی متناسب با اندازه مقاومت تقسیم می‌شود در نتیجه در دو سر مقاومت کوچک‌تر، اختلاف‌پتانسیل کم‌تری ایجاد می‌شود.

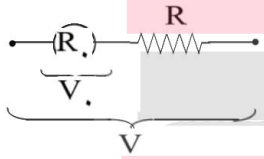


$$V = V_1 + V_2$$
$$V_1 = R_1 I$$
$$V_2 = R_2 I$$

در شکل بالا، اگر $R_1 = 3R_2$ باشد در این‌صورت $V_1 = 3V_2$ خواهد بود(تقسیم ولتاژ متناسب با اندازه مقاومت‌ها)

۴۳- **افزایش حدود اندازه‌گیری ولت‌سنج**

برای تبدیل یک ولت‌سنج به مقاومت درونی R_v که حداکثر ولتاژ V_v را اندازه‌گیری می‌کنند. به ولت‌سنجی که ولتاژ بالاتری را اندازه‌گیری کند باید یک مقاومت بزرگ را با آن به‌طور متوالی ببندیم.

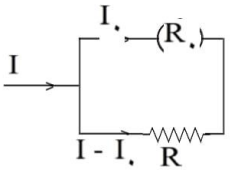


$$V_v = R_v I \Rightarrow I = \frac{V_v}{R_v}$$
$$V = (R_v + R) I$$

www.my-dars.ir

۴۴- **افزایش حدود اندازه‌گیری آمپرسنج**

برای تبدیل یک آمپرسنج به مقاومت درونی R_A که حداکثر شدت جریان I_A را اندازه‌گیری می‌کند. به آمپرسنجی که شدت جریان بالاتری را اندازه‌گیری کند باید یک مقاومت کوچک را به‌طور موازی ببندیم.

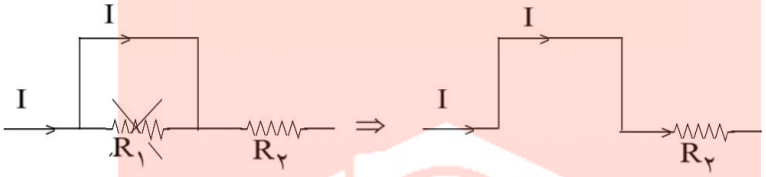


$$V_A = V_T \Rightarrow R_A I_A = R_T I$$
$$\Rightarrow R_A I_A = \frac{R_A R}{R_A + R} I \Rightarrow I_A = \frac{R}{R_A + R} I$$

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۵- **کاربرد سیم اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی**

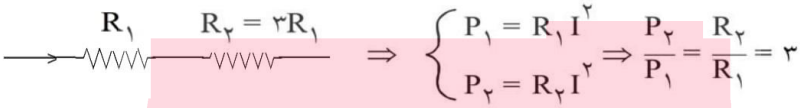
اگر یک سیم بدون مقاومت به دو سر یک مقاومت الکتریکی متصل شود، آن مقاومت را از مدار حذف می‌کند.

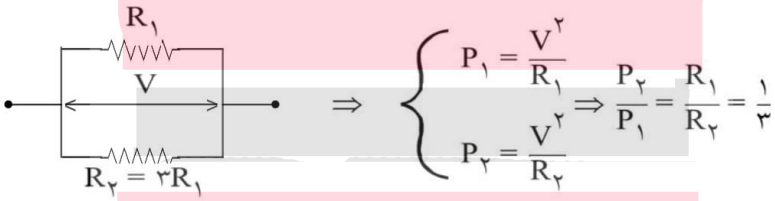


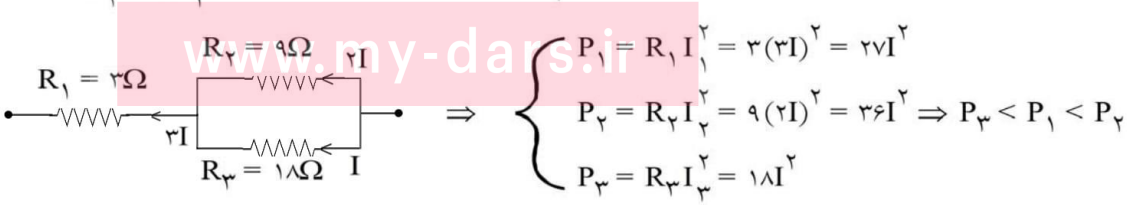
۴۶- **نکته :** یک سیم بدون مقاومت الکتریکی که دو نقطه از مداری را به یک‌دیگر وصل می‌کند باعث می‌شود که پتانسیل الکتریکی آن دو نقطه با یک‌دیگر برابر شود. لذا با قرار دادن دو نقطه بر یک دیگر می‌توان شکل ساده‌تری از مدار را به‌دست آورد.

۴۷- **انرژی الکتریکی مصرفی در مجموعه‌ی مقاومت‌ها**

مناسب‌ترین رابطه برای مقایسه‌ی توان الکتریکی مصرفی (توان گرمایی) در مقاومت‌ها رابطه‌ی $P = RI^2$ است، اما اگر دو مقاومت الکتریکی موازی باشند، رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ نیز برای مقایسه‌ی توان الکتریکی مصرفی آن ها مناسب خواهد بود.







$$V_۲ = V_۳ \Rightarrow I_۲R_۲ = I_۳R_۳ \Rightarrow I_۲ \times ۹ = I_۳ \times ۱۸ \Rightarrow I_۲ = ۲I_۳$$

www.my-dars.ir

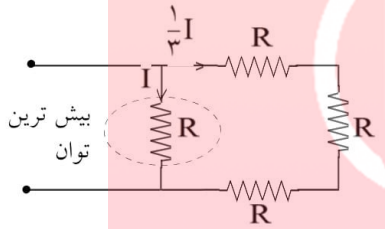
مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۸- **حداکثر توان مصرفی مقاومت‌ها**

اگر چند مقاومت الکتریکی مشابه در مدار قرار داشته باشند همواره مقاومتی که بیش‌ترین شدت جریان الکتریکی از آن می‌گذرد، بیش‌ترین توان الکتریکی را به مصرف می‌رساند. در مسئله‌هایی که بیش‌ترین توان الکتریکی مقاومت‌های مشابه معلوم است ابتدا معین کنید که کدام مقاومت الکتریکی بیش‌ترین توان را خواهد داشت (همان مقدار مشخص شده در مسئله) و سپس با محاسبه‌ی مقاومت معادل بقیه‌ی مقاومت‌های باقیمانده، توان الکتریکی آن‌ها را نیز معلوم کنید.

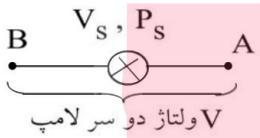
$$\text{توان مصرفی در شاخه ی دیگر} \Rightarrow P' = R'I'^{۲} = ۳R\left(\frac{۱}{۳}I\right)^{۲} = \frac{۱}{۳}RI^{۲}$$

$$\text{توان مصرفی در کل مدار } P_T = P + P'$$



۴۹- **مصرف‌کننده‌های الکتریکی(لامپ‌ها)**

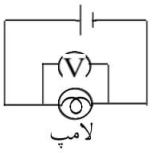
روی هر مصرف کننده‌ی الکتریکی توسط کارخانه‌ی سازنده مقدار بیش‌ترین ولتاژ (ولتاژ اسمی V_S) و بیش‌ترین توان مصرفی (توان اسمی P_S) نوشته می‌شود که با داشتن ولتاژ اسمی و توان اسمی، مقاومت الکتریکی یک مصرف کننده قابل محاسبه است.



$$P = \frac{V^{۲}}{R} \Rightarrow P_S = \frac{V_S^{۲}}{R} \Rightarrow R = \frac{V_S^{۲}}{P_S}$$

۵۰- **نکته** : وقتی چند لامپ برای کار با برق شهر ساخته شده‌اند (V_S یکسان)، لامپی که روی آن توان اسمی بیشتری نوشته شده است مقاومت الکتریکی کوچک‌تری دارد.

۵۱- **نکته:** اگر یک لامپ به ولتاژ اسمی‌اش V_S وصل شود توان P_S را مصرف می‌کند و اگر به ولتاژ بالاتر از V_S وصل شود می‌سوزد و چنانچه به ولتاژی کم‌تر از V_S وصل گردد، توان مصرفی آن نیز متناسب با $V^{۲}$ کم‌تر از P_S خواهد بود.



$$P = \frac{V^{۲}}{R}$$

$$P_S = \frac{V_S^{۲}}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{P}{P_S} = \left(\frac{V}{V_S}\right)^{۲}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

-۵۲ **توان مصرفی کل لامپ‌های موازی متصل به برق شهر**

چنانچه چند لامپ به‌طور موازی به یک دیگر بسته شده و مجموعه را به برق شهر (به ولتاژ V_S) وصل کنیم، ولتاژ دو سر هر لامپ برابر V_S بوده و هر لامپ توان اسمی P_S را مصرف می‌کند. در نتیجه:

$P_T = P_{1S} + P_{2S} + P_{3S} + \ldots$ توان مصرفی کل لامپ های موازی متصل به برق شهر

-۵۳ **توان مصرفی کل لامپ‌های متوالی به برق شهر**

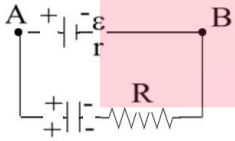
اگر لامپ‌ها به‌طور متوالی به یک‌دیگر بسته شده و مجموعه را به ولتاژ V_T وصل کنیم با محاسبه‌ی مقامت کل مدار، توان الکتریکی کل لامپ‌ها قابل محاسبه است.

$P_T = \frac{V_T^2}{R_T} = \frac{V_T^2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{V_T^2}{\frac{V_S^2}{P_1} + \frac{V_S^2}{P_2} + \frac{V_S^2}{P_3}}$ توان مصرفی لامپ های متوالی

-۵۴ **اتصال مقاومت و خازن در مدار**

الف) خازن در شاخه‌ی اصلی باشد

اگر خازن در شاخه‌ی اصلی مدار قرار گرفته باشد، پس از پر شدن خازن، جریان مدار قطع می‌شود. در این حالت اختلاف پتانسیل دو سر خازن با نیروی محرکه‌ی مولد برابر می‌شود.



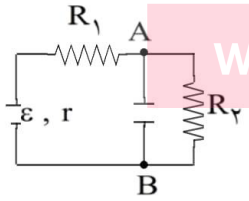
$q = CV$ خازن ، $(V$ خازن $= \varepsilon)$

در این شکل پس از پر شدن خازن، جریان مدار صفر می‌شود. چون جریانی از مقاومت عبور نمی‌کند، عملاً مقاومت در مدار بی‌تأثیر است. در نتیجه ولتاژ خازن با ولتاژ دو سر مولد برابر است.

-۵۵ **اتصال مقاومت و خازن در مدار**

ب) خازن با یکی از اجزای مدار موازی است

در این حالت با پر شدن جریان اصلی مدار قطع نمی‌شود، ولی جریان شاخه‌ای که خازن در آن قرار دارد، قطع خواهد شد. بنابراین ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ آن قسمت از مدار که با خازن موازی است، برابر می‌گردد. مثلاً در شکل زیر ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ دو سر مقاومت R_2 برابر است.



$q = CV$ خازن ، $(V$ خازن $= IR_2)$

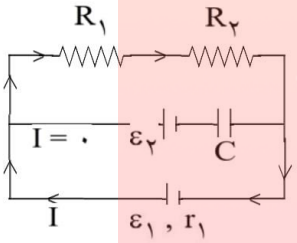
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

-۵۶ **اتصال مقاومت و خازن در مدار**

پ) خازن در شاخه‌ی اصلی نباشد و با هیچ جزیی نیز موازی نباشد

در این حالت ولتاژ دو سر خازن را V_C فرض می‌کنیم و با حرکت روی حلقه‌ای از مدار که شامل خازن نیز می‌شود، تغییر اختلاف پتانسیل‌های حلقه را می‌نویسیم. در شکل زیر در شاخه‌ای که خازن است، شدت جریان برابر صفر می‌باشد.



$$I = \frac{\varepsilon_1}{(R_1 + R_2) + r_1}$$

$$\text{(حلقه ی بالا)} \quad -IR_1 - IR_2 - V_C + E_2 = 0 \Rightarrow V_C = ?$$

-۵۷ **قانون‌های کیرشهف**

قانون شدت جریان‌ها: مجموع جریان‌های که به هر گره (یعنی نقطه‌ای که اجزای مدار در آن نقطه به هم متصل شده‌اند) می‌رسند برابر مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه خارج می‌شوند.

$$\text{ورودی } I = \text{خروجی } I$$

قانون اختلاف پتانسیل‌ها: در هر حلقه یا هر مدار بسته، مجموع جبری اختلاف پتانسیل‌ها صفر است.

$$\text{حلقه } \sum V = 0$$

-۵۸ **تحلیل مدار**

اگر n شاخه در مدار وجود داشته باشد، برای حل مدار به n معادله نیاز داریم.

الف) ابتدا برای هر شاخه، جریانی در جهت دلخواه انتخاب می‌کنیم و قانون شدت جریان‌ها را برای هر گره می‌نویسیم.

ب) قانون اختلاف پتانسیل را برای هر حلقه (مسیر بسته) می‌نویسیم و با داشتن n معادله، جریان‌های هر شاخه را به‌دست می‌آوریم.

اگر جریان الکتریکی عددی منفی به دست آید جهت آن برعکس جهت انتخاب شده است.

-۵۹ **فروشکست**

اگر بار الکتریکی خازن از مقدار معینی بیش‌تر شود، یک میدان الکتریکی بسیار قوی بین دو صفحه ایجاد می‌شود. این میدان الکتریکی باعث می‌شود که دی الکتریک بین دو صفحه به‌طور موقت رسانا شود. در اثر این پدیده خازن تخلیه می‌شود. این پدیده را فروشکست دی الکتریک می‌نامند. پدیده‌ی فروشکست باعث تغییر ماهیت یا سوراخ شدن دی الکتریک و سوختن خازن می‌شود.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۶۰- عوامل موثر در مقاومت رسانای فلزی

مقاومت یک رسانای فلزی در دمای ثابت به‌طول، سطح مقطع و جنس آن بستگی دارد.

رابطه‌ی زیر بستگی مقاومت را به سه عامل مذکور بیان می‌کند.

$$R = P\frac{l}{A}$$

در این رابطه ρ مقاومت ویژه برحسب اهم‌متر (Ωm)، l طول رسانا برحسب متر (m) و A مساحت سطح مقطع سیم برحسب متر مربع (m^2) می‌باشد.

۶۱- اثر دما بر مقاومت رساناهای فلزی

در رساناهای فلزی افزایش دما سبب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه افزایش مقاومت رسانا می‌شود. اگر افزایش دما زیاد نباشد مقاومت ویژه‌ی جسم با رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$\Delta\theta$ میزان افزایش دما برحسب کلوین (یا درجه سیلسیوس) است و α ضریب دمایی مقاومت ویژه برحسب K^{-1} (برکلوین) می باشد. پس مقدار R_2 نیز با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

۶۲- شدت جریان متوسط

بار شارش شده شده در واحد زمان را شدت جریان متوسط گویند.

شدت جریان متوسط از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

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

یکای شدت جریان آمپر نام دارد. در این رابطه Δt برحسب ثانیه و Δq برحسب کولن است.

۶۳- جریان مستقیم

اگر در تمام بازه‌های زمانی شدن جریان متوسط ثابت بماند، جریان را مستقیم می‌نامیم. در شدت جریان مستقیم شدت جریان لحظه‌ای و شدت جریان متوسط برابر است. در این صورت رابطه‌ی شدت جریان به شکل زیر تبدیل می‌شود.

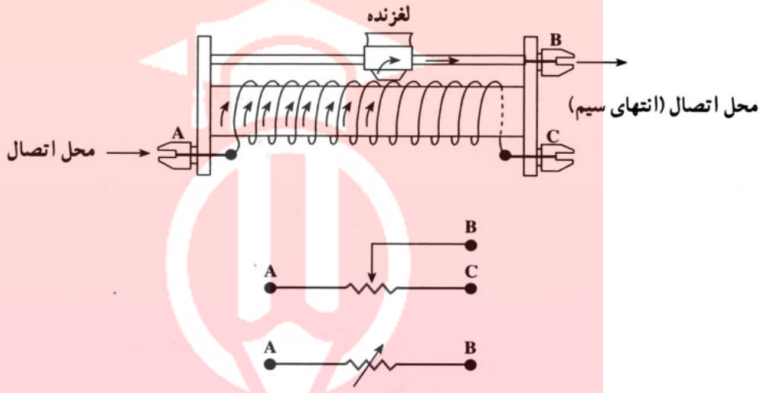
$$I = \frac{q}{t}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۶۴- مقاومت متغیر

مقاومت متغیر وسیله‌ای برای تنظیم و کنترل شدت جریان در یک مدار می‌باشد. نوعی از آن موسوم به رئوستا از یک سیم بالا مانند تنگستن ساخته می‌شود که دور یک استوانه‌ای نارسانا پیچیده می‌شود. لغزنده‌ای روی سیم قرار دارد که با حرکت آن می‌توان هر قسمت از مدار را که نیاز است در مدار قرار داد.



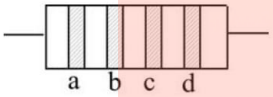
بعضی مواقع برای تولید مقاومت متغیر از جعبه مقاومت استفاده می‌شود.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۶۵- کد رنگی مقاومت‌ها

برای تعیین مقدار مقاومت ساخته به جای نوشتن مقدار مقاومت از ۴ نوار رنگی روی آن استفاده می‌شود. هررنگ نماینده‌ی یک عدد است.



دو نوار اول و دوم از سمت چپ رقم‌های اول و دوم مقاومت را مشخص می‌کنند. نوار سوم تعیین کننده‌ی تعداد صفرهای مقابل این دو رقم است و نوار چهارم نیز درصد خطای مقاومت را مشخص می‌کند.

جدول زیر عددهای مربوط به هر رنگ را مشخص می‌کند.

رنگ	عدد
سیاه	۰
قهوه ای	۱
قرمز	۲
نارنجی	۳
زرد	۴
سبز	۵
آبی	۶
بنفش	۷
سفید	۹

تذکر: رنگ‌های خاکستری و سفید در نوار سوم ظاهر نمی‌شوند.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- بار ذخیره شده در باتری‌های اتومبیل را معمولاً با آمپر-ساعت مشخص می‌کنند. منظور از این اصطلاح بیشینه‌ی بار الکتریکی است که در باتری ذخیره می‌شود. اگر بار الکتریکی باتری یک اتومبیل ۶۰ آمپر ساعت باشد و در مدت ۱۰ ساعت از آن جریان بگیریم، شدت جریان متوسط را برآورد کنید.

$$\begin{cases} \Delta q = ۶۰ \text{ آمپر ساعت} \\ \Delta t = ۱۰ \text{ ساعت} \\ \bar{I} = \frac{q}{t} \Rightarrow \bar{I} = \frac{۶۰}{۱۰} = ۶A \end{cases}$$

شدت جریان متوسط مدار برابر ۶ آمپر می‌باشد.

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

$$\begin{cases} \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho}{\rho} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{\pi r_B^{۲}}{\pi r_A^{۲}} \\ \frac{R_A}{R_B} = ۱ \times \frac{۲}{۱} \times \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{۲} \end{cases}$$

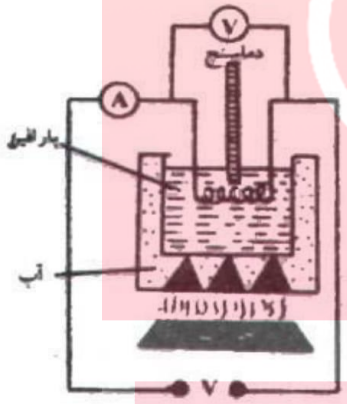
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳- آزمایشی برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه‌ی فلز طراحی کنید و توضیح دهید که چگونه می‌توانید دقت اندازه‌گیری را افزایش دهید.

در شکل مقابل قطعه‌ی رسانایی را که می‌خواهیم مقاومت ویژه‌ی آن را اندازه‌گیری کنیم، داخل ظرف حاوی پارافین قرار می‌دهیم و دو سر آن را به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم و شدت جریان مدار را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس با داشتن طول رسانا و سطح مقطع رسانا از رابطه‌ی $R = \frac{\rho L}{A}$ مقاومت ویژه‌ی رسانا را در دمای صفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری می‌کنیم.

$$\begin{cases} V = ۱۲V \\ I = ۰/۳ \\ R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{۱۲}{۰/۳} = ۴۰\Omega \end{cases}$$ مقاومت رسانا

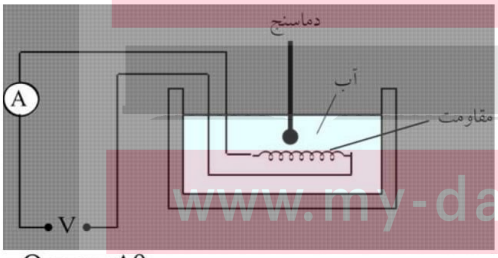


$$\begin{cases} R = \rho \frac{L}{A} \\ A = ۰/۱\,mm^۲ = ۱۰^{-۷}\,m^۲ \\ L = ۴m \\ R = ۴۰\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow ۴۰ = \rho \frac{L}{A} = \rho \times \frac{۴}{۱۰^{-۷}}$$

$$\Rightarrow ۴\rho \times ۱۰^{۷} = ۴۰ \Rightarrow \rho = ۱۰^{-۶}\,\Omega.m$$

۴- آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوان درستی رابطه‌ی $U = RI^۲ t$ را تحقیق کرد.



در ظرفی مقدار ۴ لیتر آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد ریخته و یک گرم‌کن با مقاومت $R = ۲۰۰\Omega$ را داخل آب قرار می‌دهیم. اگر تبادل گرمایی با محیط برابر صفر باشد، در مدت ۵ دقیقه آب به جوش می‌آید. مقدار گرمایی که آب دریافت می‌کند، تقریباً برابر مقدار انرژی الکتریکی است که مقاومت آزاد می‌کند. اگر جریان مدار برابر ۴/۷۵ آمپر باشد، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \\ Q = ۴ \times ۴۲۰۰ \times ۸۰ = ۱/۳۴ \times ۱۰^{۶}\,J \\ U = RI^۲ t = ۲۰۰(۴/۷۵)^۲ \times ۳۰۰ = ۱/۳۵ \times ۱۰^{۶}\,J \end{cases}$$

اختلاف ناچیز بین Q و U به دلیل تبادل گرمایی ناچیز بین گرم‌کن و محیط است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵- در دو سر یک سیم نیکروم (آلیاژ کروم و نیکل) به طول ۵ متر و سطح مقطع ۰/۴ میلی‌مترمربع، اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت را برقرار کرده‌ایم. در هر نیم‌ساعت چند کیلوژول انرژی الکتریکی در این سیم به انرژی درونی تبدیل می‌شود؟ مقاومت ویژه‌ی نیکروم $۱ \times ۱۰^{-۶}\ \Omega m$ است.

$$\begin{cases} R = \rho \dfrac{L}{A} \\ \rho = ۱۰^{-۶}\Omega m \Rightarrow R = ۱۰^{-۶} \dfrac{۵}{۰/۴ \times ۱۰^{-۶}} = ۱۲/۵\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = RI^{۲}t = \dfrac{V^{۲}}{R} \times t \\ U = \dfrac{(۲۰۰)^{۲}}{۱۲/۵} \times (۳۰ \times ۶۰) \Rightarrow U = ۵/۷۶ \times ۱۰^{۶}\ J \end{cases}$$

۶- روی یک لامپ الکتریکی رقم‌های ۲۲۰V و ۱۰۰W ثبت شده است. انرژی الکتریکی مصرفی این لامپ هنگامی که به ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل است، در مدت ۱۰ ساعت چند کیلووات ساعت است؟

$$\begin{cases} P = \dfrac{U}{t} \Rightarrow U = Pt \\ P = ۱۰۰W = ۰/۱kW \\ t = ۱۰h \Rightarrow U = ۰/۱ \times ۱۰ = ۱kWh \end{cases}$$

۷- روی یک لامپ الکتریکی رقم‌های ۲۲۰V و ۱۰۰W ثبت شده است. اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل ۱۸۰ ولت وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت توان مصرفی آن چه‌قدر می‌شود؟

$$\begin{cases} P = \dfrac{V^{۲}}{R} \Rightarrow \dfrac{P_{۲}}{P_{۱}} = \left(\dfrac{V_{۲}}{V_{۱}}\right)^{۲} \times \dfrac{R_{۱}}{R_{۲}} \\ R_{۱} = R_{۲} \Rightarrow \dfrac{P_{۲}}{۱۰۰} = \left(\dfrac{۱۸۰}{۲۲۰}\right)^{۲} \times ۱ \Rightarrow P_{۲} = ۶۷W \end{cases}$$

توان مصرفی لامپ به هنگام کار کردن با اختلاف پتانسیل ۱۸۰ ولت و با فرض ثابت ماندن مقاومت آن برابر ۶۷ وات خواهد بود.

۸- با استفاده از قانون پایستگی بار، توضیح دهید چرا در مدار تک حلقه شدت جریان در همه‌ی قسمت‌های مدار یکسان است؟

مدار تک حلقه مدار بسته‌ای است که نیروی محرکه‌ی پیل‌ها باعث شارش الکترون‌ها در مدار می‌گردد. الکترون‌های آزاد رسانا در میدان الکتریکی تحت تأثیر میدان الکتریکی شروع به حرکت می‌کنند. این جریان مانند جریان آب در مسیر بسته‌ی مدار حرکت می‌کند و الکترون‌های آزاد از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر جابه‌جا می‌شوند. در این صورت شارش الکترون‌ها از هر مقطع مدار مقدار ثابتی خواهد بود که این اساس پایستگی بار الکتریکی در مدار بسته می‌باشد.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۹- وقتی باتری اتومبیل فرسوده می‌شود، مقاومت درونی آن افزایش می‌یابد. چرا این باتری نمی‌تواند اتومبیل را روشن کند؟

با فرسوده شدن باتری اتومبیل مقاومت باتری در مقابل جریان بیشتر می‌شود. در این صورت با توجه به رابطه‌ی $V = Ir$ (افت پتانسیل) افت پتانسیل پیل بیشتر خواهد شد و اختلاف پتانسیل دو سر مدار نمی‌تواند موتور اتومبیل را روشن کند. $(V) = \varepsilon - Ir$ اختلاف پتانسیل دو سر مدار

۱۰- می‌دانیم که نیروی محرکه‌ی یک باتری اتومبیل ۱۲ ولت و نیروی محرکه‌ی هر باتری قلمی ۱/۵ ولت است. به‌نظر شما، اگر ۸ باتری قلمی را به‌طور متوالی به هم وصل کنیم (یعنی پایانه‌ی مثبت یکی را به‌طور پی‌درپی به پایانه‌ی منفی دیگری وصل کنیم) تا نیروی محرکه‌ی کل آن‌ها ۱۲ ولت شود، آیا با این مجموعه می‌توان اتومبیل را روشن کرد؟ چرا؟

خیر؛ زیرا اولاً: باتری‌های قلمی انرژی الکتریکی مورد نیاز را ندارند. ثانیاً: باتری‌های قلمی در مقابل جریان زیاد افت پتانسیل زیادی نشان می‌دهند و نمی‌توان به وسیله‌ی آن‌ها موتور اتومبیل را روشن کرد. در واقع مقاومت درونی ۸ باتری قلمی ۱/۵ ولتی از مقاومت درونی یک باتری اتومبیل ۱۲ ولتی بیش‌تر است.

۱۱- می‌خواهیم تعدادی لامپ ۱۲ ولتی و ۲۶ واتی را با برق ۱۸۰ ولت روشن کنیم. چند عدد از این لامپ‌ها را به‌طور متوالی به هم ببندیم تا بدون آن‌که بسوزند، توان مصرفی هر کدام همان ۲۶ وات باشد؟

مقاومت لامپ‌ها ثابت و جریانی که از هر لامپ می‌گذرد مقداری ثابت و برابر جریان معادل است، زیرا اتصال لامپ‌ها به‌صورت متوالی است.

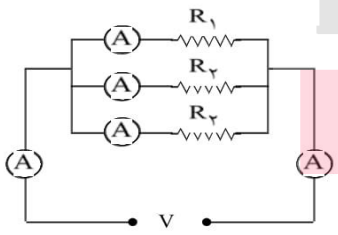
$$I = \frac{P_1}{V_1} = \frac{26}{12}A$$

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} \Rightarrow R = \frac{144}{26}\Omega$$

$$\left.\begin{matrix} V_2 = nIR \\ V_2 = 180V \end{matrix}\right\} \Rightarrow 180 = n \times \frac{26}{12} \times \frac{144}{26} \Rightarrow n = 15$$

۱۲- آزمایشی طراحی کنید که درستی رابطه‌ی $I = I_1 + I_2 + I_3$ را نشان دهد.

مطابق شکل سه مقاومت را به صورت موازی به هم اتصال می‌دهیم و مجموعه را به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم. در دو طرف مجموعه آمپرمترها اعداد ثابتی را نشان می‌دهند که برابر مجموع اعداد نشان داده توسط آمپرمترهای ۱ و ۲ و ۳ می‌باشد.



www.my-dars.ir

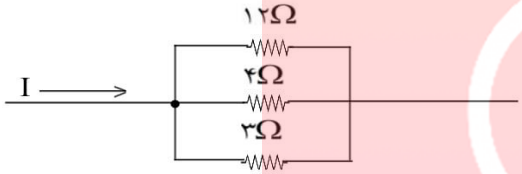
مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۳- نشان دهید وقتی دو مقاومت به‌طور موازی به یک‌دیگر وصل شوند، نسبت شدت جریان‌های آن‌ها به نسبت وارون مقاومت‌هاست.

وقتی دو مقاومت را به صورت موازی به هم اتصال می‌دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها با هم برابر می‌شود.

$$\begin{cases} V_۱ = V_۲ \\ I_۱R_۱ = I_۲R_۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{R_۲}{R_۱}$$

۱۴- در شکل زیر قسمتی از یک مدار را مشاهده می‌کنید. اگر توان مصرفی در مقاومت ۱۲ اُهمی ۳ وات باشد، شدت جریان در مقاومت‌های ۴Ω و ۳Ω و شدت جریان کل چه‌قدر است؟



ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۱۲ اهمی را به‌دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} P_۱ = \frac{V^۲}{R_۱} \\ P_۱ = ۳W \end{cases} \Rightarrow ۳ = \frac{V^۲}{۱۲} \Rightarrow V = ۶V$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها با هم برابر است، زیرا اتصال آن‌ها موازی است.

$$\frac{۱}{R_۱} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۱۲} \Rightarrow R_t = ۱/۵\Omega$$

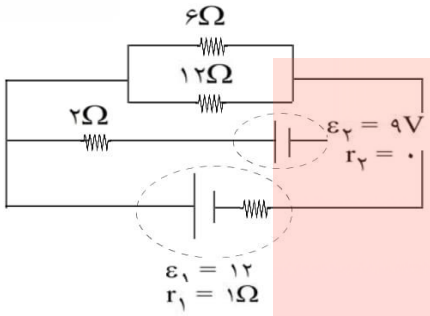
$$I_۱ = \frac{V}{R_۱} = \frac{۶}{۱۲} = ۰/۵A \qquad I_۲ = \frac{V}{R_۱} = \frac{۶}{۴} = ۱/۵A \qquad I_۳ = \frac{V}{R_۳} = \frac{۶}{۳} = ۲A$$

$$I_t = \frac{V}{R_t} = \frac{۶}{۱/۵} = ۴A \quad \text{و یا} \quad \begin{cases} I_t = I_۱ + I_۲ + I_۳ \\ I_t = ۰/۵ + ۱/۵ + ۲ = ۴A \end{cases}$$

www.my-dars.ir

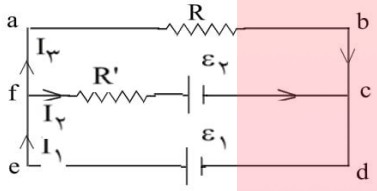
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۵- در مدار شکل زیر شدت جریان را در هر شاخه محاسبه کنید.



$$R = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\Omega$$

ابتدا مقاومت معادل دو مقاومت ۶ اهمی و ۱۲ اهمی را به دست می‌آوریم.



الف) در چرخه abdea (جریان ساعتگرد)

$$\begin{cases} V_a - I_3R + \varepsilon_1 - I_1 r_1 = V_a \\ -4I_3 + 12 - I_1 = 0 \end{cases} \Rightarrow I_1 + 4I_3 = 12$$

ب) در چرخه fcdef (جریان ساعتگرد)

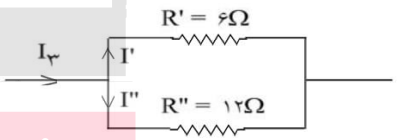
$$\begin{cases} V_f - I_2R' - \varepsilon_2 + \varepsilon_1 - I_1 r_1 = V_f \\ -2I_2 - 9 + 12 - I_1 = 0 \end{cases} \Rightarrow I_1 + 2I_2 = 3A$$

در گره f: با توجه به این‌که $I_1 = I_2 + I_3$ می‌توان به جای I_1 مقدار قرار داد:

$$\begin{cases} I_1 + 4I_3 = 12 \\ I_1 + 2I_2 = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 5I_3 + I_2 = 12 \\ 3I_2 + I_3 = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_2 = \frac{3}{14}A \\ I_3 = \frac{33}{14}A \\ I_1 = \frac{36}{14}A \end{cases}$$

جریان در مقاومت‌های موازی ۶Ω و ۱۲Ω به نسبت عکس مقاومت‌ها می‌باشد.

$$\begin{cases} I_3 = \frac{33}{14} \\ \frac{I_6}{I_{12}} = \frac{12}{6} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_6 = \frac{22}{14}A \\ I_{12} = \frac{11}{14}A \end{cases}$$

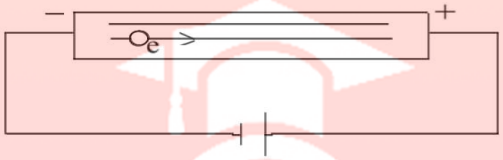


www.my-dars.ir

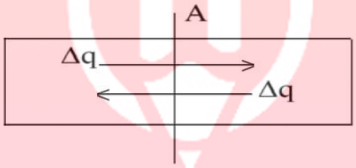
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- شارش بار در هر مقطع رسانا را هنگام اعمال میدان الکتریکی در دو سر رسانا و موقع عدم حضور میدان مقایسه کنید. تغییر دما در هریک از این وضعیت‌ها چه اثری بر آهنگ شارش بار دارد؟

وقتی دو سر یک رسانا را به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم، داخل رسانا میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. این میدان الکتریکی بر الکترون‌های آزاد رسانا نیرو وارد کرده و آن‌ها را وادار به حرکت می‌کند، الکترون‌ها در خلاف جهت میدان الکتریکی شروع به حرکت می‌کنند و این اثر، عامل شارش بار الکتریکی در رسانا می‌باشد.

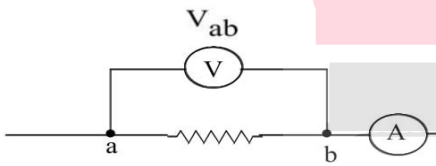


وقتی در رسانا میدان الکتریکی نباشد یعنی رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل نباشد، الکترون‌های آزاد رسانا به حالت کاتوره‌ای در رسانا حرکت می‌کنند و در هر مقطع تعداد الکترون‌هایی که به سمت چپ می‌روند برابر تعداد الکترون‌هایی است که به سمت راست می‌روند و همواره مقدار بار الکتریکی عبوری از هر مقطع برابر صفر می‌شود.



وقتی دمای رسانا افزایش می‌یابد در حالت اول که رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل است مشاهده می‌کنیم شارش بارهای الکتریکی از مقطع کمتر می‌شود، زیرا با افزایش دما مقاومت الکتریکی رسانا افزایش می‌یابد. اما در حالتی که رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل نیست، با افزایش دما سرعت جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد در رسانا بیشتر می‌شود، ولی باز هم مقدار بار الکتریکی عبوری از هر مقطع سیم برابر صفر خواهد بود.

۱۷- مناسب‌ترین ولت‌سنج برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل در یک مدار چه ویژگی‌ای باید داشته باشد؟ اگر ولت‌سنج مناسب نباشد، آن‌چه اندازه‌گیری می‌شود با اندازه‌ی واقعی چه تفاوتی دارد؟ سؤال بالا را درمورد آمپرسنج مناسب هم بررسی کنید.



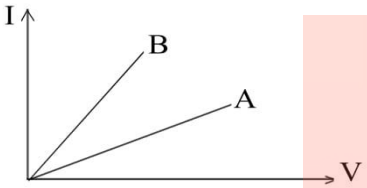
ولت‌سنج به طور موازی در مدار بسته می‌شود و اختلاف پتانسیل دو سر مدار را اندازه‌گیری می‌کند و نباید از آن جریانی عبور کند، در این‌صورت ولت‌سنج ایده‌ال دارای مقاومت الکتریکی بسیار زیادی است که از آن جریانی عبور نمی‌کند. اگر ولت‌سنج مناسب نباشد، از آن جریان الکتریکی عبور می‌کند و اختلاف پتانسیل دو سر مدار را درست نشان نمی‌دهد. آمپرسنج به طور متوالی در مدار بسته می‌شود و شدت جریان الکتریکی مدار را اندازه‌گیری می‌کند. در این‌صورت آمپرسنج باید مقاومت الکتریکی بسیار کمی داشته باشد تا در مدار افت پتانسیل ایجاد نکند.

۱۸- قانون اهم رابطه‌ی مقاومت را با شدت جریان و ولتاژ بیان می‌کند $R = \frac{V}{I}$. توضیح دهید اگر ولتاژ افزایش یا کاهش یابد مقدار R تغییر می‌کند؟

خیر، زیرا مقاومت الکتریکی رسانا با توجه به رابطه $\left(R = \frac{\rho L}{A}\right)$؛ به مشخصات رسانا بستگی دارد و به اختلاف پتانسیل دو سر رسانا بستگی ندارد. در این‌صورت افزایش و یا کاهش ولتاژ در مقدار R تأثیری ندارد.

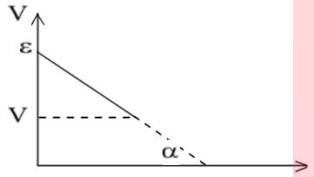
www.my-dars.ir

۱۹- شکل زیر نمودار $I- V$ را برای دو نوع رسانا نشان می‌دهد. مقاومت کدام‌یک بیش‌تر است؟



در نمودار تغییرات جریان به اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت با توجه به رابطه‌ی $I = \frac{V}{R}$ ، شیب نمودار، عکس مقاومت رسانا می‌باشد. در این‌صورت در شکل فوق هر چه شیب نمودار کمتر باشد، مقاومت رسانا بیشتر است. پس مقاومت رسانای A بیشتر از مقاومت رسانای B است، زیرا شیب نمودار A کمتر از نمودار B می‌باشد.

۲۰- نمودار تغییرات ولتاژ دوسر مولد را برحسب شدت جریانی که از آن می‌گذرد به‌طور کیفی رسم کنید.



$V = \varepsilon - Ir$ (با افزایش جریان مقدار V کم می‌شود)

طبق رابطه‌ی زیر در نمودار $V - I$ هر چه قدر مطلق شیب نمودار بیشتر باشد، مقاومت درونی پیل بیشتر است.

$$\tan\alpha = \frac{V - \varepsilon}{I} = \frac{-Ir}{I} = -r$$

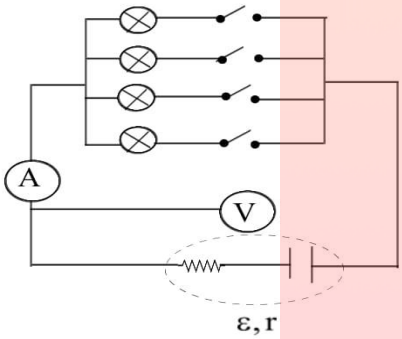
۲۱- لامپ های یک درخت زینتی، به‌طور متوالی متصل شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، چه اتّفاقی می‌افتد؟

تمام لامپ‌ها خاموش می‌شوند، زیرا در اتصال متوالی هرگاه یکی از لامپ‌ها بسوزد، جریان اصلی قطع می‌شود و تمام لامپ‌ها خاموش می‌شوند.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۲- در شکل زیر تعدادی لامپ مشابه به‌طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



در یک مدار وقتی مقاومت‌ها به صورت موازی بسته شوند، مقاومت معادل کم می‌شود. در اینجا وقتی کلیدها را به ترتیب به دنبال هم یکی پس از دیگری می‌بندیم، مقاومت‌ها به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند و هر بار مقاومت معادل کمتر می‌شود که باعث افزایش جریان در مدار اصلی می‌گردد و آمپرسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد. از طرف دیگر با افزایش جریان در شاخه اصلی با توجه به رابطه زیر افت پتانسیل پیل بیشتر می‌شود و ولت‌متر عدد کمتری را نشان می‌دهد.

$$V = \varepsilon - Ir$$

۲۳- دو مقاومت مساوی R را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یک‌دیگر می‌بندیم و آن‌ها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چه‌قدر است؟

$$\begin{cases} P = \dfrac{V^2}{R} \\ V = V' \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{P'} = \frac{R'}{R}$$

$$\begin{cases} R' = 2R_1 & \text{اتصال متوالی} \\ R = \dfrac{R_1}{2} & \text{اتصال موازی} \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{P'} = \frac{2R_1}{\frac{R_1}{2}} = 4$$

۲۴- سه مقاومت مشابه ۱۲ اُهمی را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یک‌دیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

$$\begin{cases} R' = nR_1 = 3 \times 12 = 36\Omega & \text{(اتصال متوالی)} \\ R = \dfrac{R_1}{n} = \dfrac{12}{3} = 4\Omega & \text{(اتصال موازی)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I' = \dfrac{V}{R'} = \dfrac{12}{36} = \dfrac{1}{3}A & \text{(جریان در اتصال متوالی)} \\ I' = I_1 = I_2 = I_3 = \dfrac{1}{3}A \end{cases}$$

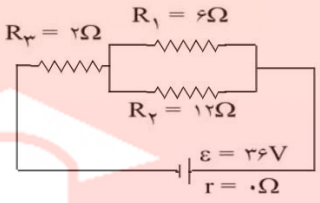
$$\begin{cases} I = \dfrac{V}{R} = \dfrac{12}{4} = 3A & \text{(جریان در اتصال موازی)} \\ I_1 = I_2 = I_3 = \dfrac{I}{3} = \dfrac{3}{3} = 1A \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۵- دو مقاومت موازی ۶ اُهمی و ۱۲ اُهمی به‌طور متوالی به یک مقاومت ۲ اُهمی وصل شده است. در این حال، شبکه را به دو سر یک باتری۳۶ ولتی با مقاومت داخلی ناچیز می‌بندیم. توان مصرفی را در مقاومت ۶ اُهمی محاسبه کنید.

$$\begin{cases} R = R_۳ + \dfrac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۲} \\ R = ۲ + \dfrac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۶\Omega \end{cases}$$



$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon}{R} \quad \text{(جریان معادل)} \\ \varepsilon = ۳۶V \Rightarrow I = \dfrac{۳۶}{۶} = ۶A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_۱ = V_۲ = V_{۱\text{ و }۲} = IR_{۱\text{ و }۲} = IR_۲ = IR_۱ \\ R_{۱\text{ و }۲} = ۴\Omega \Rightarrow V_{۱\text{ و }۲} = ۶ \times ۴ = ۲۴V \Rightarrow V_۱ = V_۲ = V_{۱\text{ و }۲} = ۲۴V \end{cases}$$

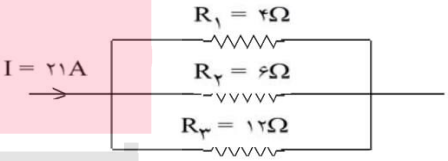
$$\begin{cases} P_۱ = \dfrac{V_۱^۲}{R_۱} \\ V_۱ = ۲۴V \Rightarrow P_۱ = \dfrac{۲۴^۲}{۶} = ۹۶W \end{cases}$$

توان مصرفی مقاومت ۶ اهمی برابر ۹۶ وات است.

۲۶- از مقاومت‌های موازی ۴Ω ، ۶Ω و ۱۲Ω جریان کل $۲۱A$ عبور می‌کند. جریان عبوری از مقاومت ۶Ω چقدر است؟

ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} \dfrac{۱}{R} = \dfrac{۱}{R_۱} + \dfrac{۱}{R_۲} + \dfrac{۱}{R_۳} \\ \dfrac{۱}{R} = \dfrac{۱}{۴} + \dfrac{۱}{۶} + \dfrac{۱}{۱۲} \Rightarrow R = ۲\Omega \end{cases}$$



$$\begin{cases} V = IR \\ I = ۲۱A \Rightarrow V = ۲۱ \times ۲ = ۴۲V \end{cases}$$

اختلاف پتانسیل معادل

$$V_۱ = V_۲ = V_۳ = V = ۴۲V$$

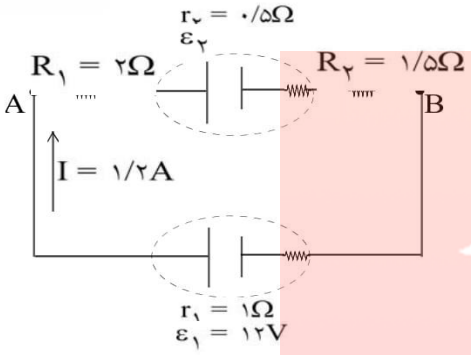
$$\begin{cases} I_۲ = \dfrac{V_۲}{R_۲} \\ R_۲ = ۶\Omega \Rightarrow I_۲ = \dfrac{۴۲}{۶} = ۷A \end{cases}$$

www.my-dars.ir

از مقاومت ۶ اهمی جریان ۷ آمپر عبور می‌کند.

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

با توجه به این‌که در مدار شکل زیر شدت جریان در جهت نشان داده شده ۱/۲ آمپر است؛ به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:



۲۷- نیروی محرکه‌ی ε_2 و $V_A - V_B$ چه‌قدر است؟

$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \\ I = ۱/۲A \Rightarrow ۱/۲ = \dfrac{۱۲ - \varepsilon_2}{۱/۵ + ۲ + ۱ + ۰/۵} \Rightarrow \varepsilon_2 = ۶V \end{cases}$$

با مشخص کردن نقاط A و B بر روی شکل داریم:

$$\begin{cases} V_A - IR_1 - \varepsilon_2 - Ir_2 - IR_2 = V_B \\ V_A - V_B = ۱/۲ \times ۲ + ۶ + ۱/۲ \times ۰/۵ + ۱/۲ \times ۱/۵ = ۱۰/۸V \end{cases}$$

۲۸- انرژی مصرف شده در R_1 و R_2 را در مدت ۵ ثانیه حساب کنید.

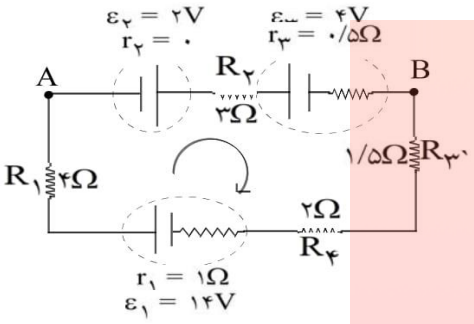
$$\begin{cases} U_1 = R_1 I^2 t \\ R_1 = ۲\Omega \Rightarrow U_1 = ۲ \times (۱/۲)^2 \times ۵ \Rightarrow U_1 = ۱۴/۴J \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_2 = R_2 I^2 t \\ R_2 = ۱/۵\Omega \Rightarrow U_2 = ۱/۵ \times (۱/۲)^2 \times ۵ \Rightarrow U_2 = ۱۰/۸J \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۹- در مدار شکل زیر، شدت جریان در مدار و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B را محاسبه کنید.

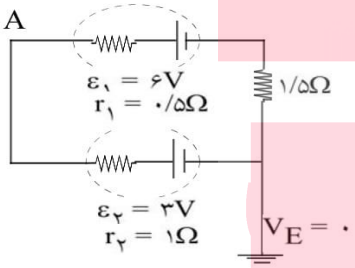


$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_1 + r_2 + r_3} \\ I = \dfrac{۱۴ + ۲ - ۴}{۴ + ۳ + ۱/۵ + ۲ + ۱ + ۰ + ۰/۵} \Rightarrow I = ۱A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A + \varepsilon_2 - IR_2 - \varepsilon_3 - Ir_3 = V_B \\ V_A + ۲ - ۱\times ۳ - ۴ - ۱\times ۰/۵ = V_B \Rightarrow V_A - V_B = +۵/۵V \end{cases}$$

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B برابر ۵/۵ ولت است.

۳۰- در شکل زیر پتانسیل نقطه‌ی A را محاسبه کنید.



ابتدا جریان الکتریکی در مدار را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \\ I = \dfrac{۶ - ۳}{۱/۵ + ۰/۵ + ۱} = ۱A \end{cases}$$

www.my-dars.ir

$$\begin{cases} V_A - Ir_2 - \varepsilon_2 = V_E \\ V_E = ۰ \Rightarrow V_A - ۱\times ۱ - ۳ = ۰ \Rightarrow V_A = ۴ \text{ ولت} \end{cases}$$

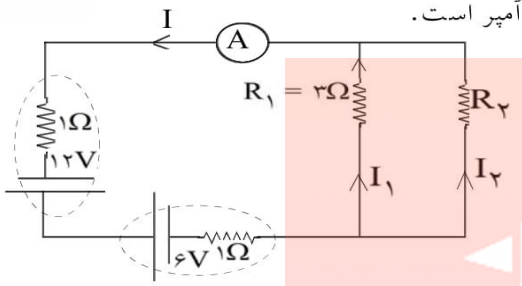
پتانسیل نقطه A برابر ۴ ولت است.

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۱- شدت جریانی که آمپرسنج در مدار شکل زیر نشان می‌دهد، برابر ۲ آمپر است.

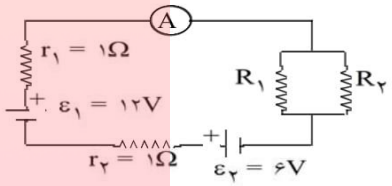
الف- مقاومت $R_۲$ را به‌دست آورید.

ب- توان مصرفی هر یک از دو مقاومت را حساب کنید.



الف)

$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲}{R + r_۱ + r_۲} \\ I = ۲A \Rightarrow ۲ = \dfrac{۱۲ - ۶}{R + ۱ + ۱} \Rightarrow R = ۱\Omega \end{cases}$$



$$\begin{cases} R = \dfrac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۲} \\ R_۱ = ۳\Omega \Rightarrow ۱ = \dfrac{۳ \times R_۲}{۳ + R_۲} \Rightarrow R_۲ = ۱/۵\Omega \end{cases}$$

ب) برای محاسبه توان مصرفی هریک از مقاومت‌ها ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم.

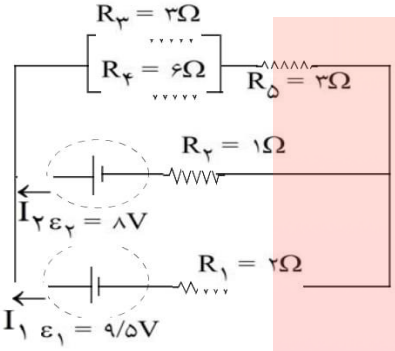
$$\begin{cases} V = V_۱ = V_۲ = IR = I_۱ R_۱ = I_۲ R_۲ \\ V = IR \Rightarrow V = ۲ \times ۱ = ۲V \Rightarrow V_۱ = V_۲ = V = ۲V \\ I = ۲A \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_۱ = \dfrac{V_۱^۲}{R_۱} = \dfrac{۲^۲}{۳} = \dfrac{۴}{۳}W \\ P_۲ = \dfrac{V_۲^۲}{R_۲} = \dfrac{۲^۲}{۱/۵} = \dfrac{۸}{۳}W \end{cases}$$

www.my-dars.ir

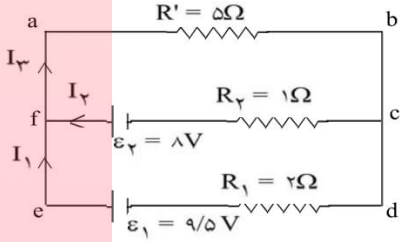
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۲- در مدار شکل زیر، شدت جریان در هر باتری و توان مصرفی کل مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ و $R_۵$ را به‌دست آورید.



ابتدا مقاومت معادل سه مقاومت $R_۳$ و $R_۴$ و $R_۵$ را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} R' = R_۵ + \dfrac{R_۳R_۴}{R_۳ + R_۴} \\ R' = ۳ + \dfrac{۳\times۶}{۳+۶} = ۵\Omega \end{cases}$$



$$\text{abdea چرخه} \begin{cases} V_a - I_۳R' - I_۱R_۱ + \varepsilon_۱ = V_a \\ -I_۳\times۵ - I_۱\times۲ + ۹/۵ = ۰ \Rightarrow ۵I_۳ + ۲I_۱ = ۹/۵ \end{cases}$$

$$\text{abcfa چرخه} \begin{cases} V_a - I_۳R' - I_۲R_۲ + \varepsilon_۲ = V_a \\ -I_۳\times۵ - I_۲\times۱ + ۸ = ۰ \Rightarrow ۵I_۳ + I_۲ = ۸ \end{cases}$$

$$\text{f در گره}: I_۳ = I_۱ + I_۲$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ۵I_۳ + ۲I_۱ = ۹/۵ \\ ۵I_۳ + I_۲ = ۸ \\ I_۳ = I_۱ + I_۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۵(I_۱ + I_۲) + ۲I_۱ = ۹/۵ \\ ۵(I_۱ + I_۲) + I_۲ = ۸ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ۷I_۱ + ۵I_۲ = ۹/۵ \\ ۵I_۱ + ۶I_۲ = ۸ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_۱ = ۱A \\ I_۲ = ۰/۵A \Rightarrow I_۳ = ۱/۵A \\ I_۳ = I_۱ + I_۲ \end{cases}$$

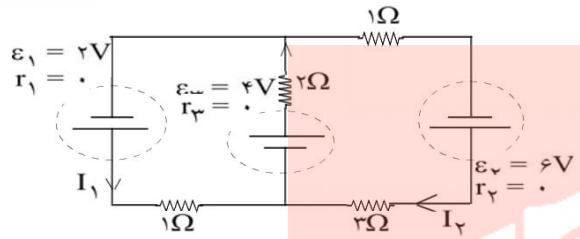
برای محاسبه‌ی توان مصرفی کل مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ و $R_۵$ چنین می‌نویسیم:

$$\begin{cases} P = R'I_۳^۲ \\ R' = ۵\Omega \Rightarrow P = ۵\times(۱/۵)^۲ = ۱۱/۲۵\,W \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۳- در مدار شکل زیر جریان I_1 چند آمپر است؟



abefa چرخه $\begin{cases} V_a + \varepsilon_1 - I_1 R_3 + \varepsilon_3 - I_3 R_2 = V_a \\ 2 - I_1 + 4 - 2I_3 = 0 \end{cases}$

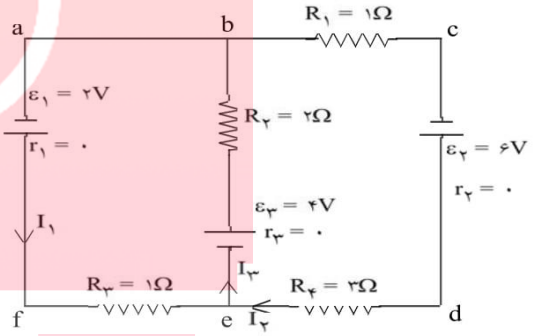
$\Rightarrow I_1 + 2I_3 = 6$

bcdeb چرخه $\begin{cases} V_b - I_2 R_1 + \varepsilon_2 - I_2 R_4 + \varepsilon_3 - I_3 R_2 = V_b \\ -I_2 + 6 - 3I_2 + 4 - 2I_3 = 0 \end{cases}$

$\Rightarrow 4I_2 + 2I_3 = 10 \Rightarrow 2I_2 + I_3 = 5$

$$\begin{cases} I_1 + 2I_3 = 6 \\ 2I_2 + I_3 = 5 \\ I_3 = I_1 + I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 + 2(I_1 + I_2) = 6 \\ 2I_2 + (I_1 + I_2) = 5 \end{cases}$$

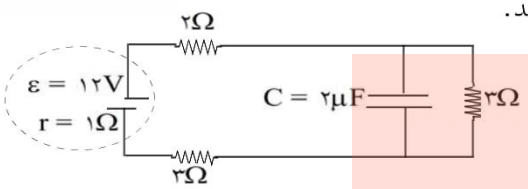
$$\begin{cases} 3I_1 + 2I_2 = 6 \\ I_1 + 3I_2 = 5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{8}{7} A \\ I_2 = \frac{9}{7} A \end{cases}$$



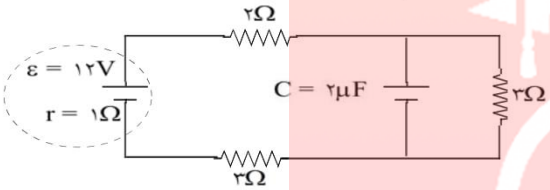
www.my-dars.ir

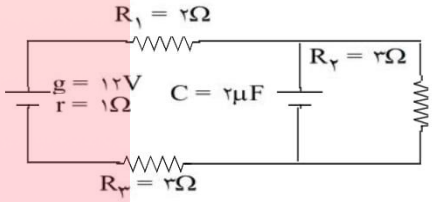
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۴- در شکل زیر، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در خازن C را محاسبه کنید.



اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲ = ۳\Omega$ می‌باشد. ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر $R_۲$ را به دست می‌آوریم.





$$\begin{cases} I = \dfrac{\varepsilon}{R + r} \\ R = ۲ + ۳ + ۳ = ۸\Omega \end{cases} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۸ + ۱} = \frac{۴}{۳}A$$

$$\begin{cases} V_۳ = IR_۳ \\ R_۳ = ۳\Omega \Rightarrow V_۳ = \frac{۴}{۳} \times ۳ = ۴V \Rightarrow V_۳ = V_C = ۴V \end{cases}$$

$$\begin{cases} q = CV = ۲ \times ۴ = ۸\mu C \\ U = \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۶} \times (۴)^۲ \Rightarrow U = ۱/۶ \times ۱۰^{-۵} J \end{cases}$$

در شکل زیر تصویر چند نوع باتری آمده است.

با استفاده از شکل به ۲ سؤال بعدی پاسخ دهید.

۳۵- علاوه بر این باتری‌ها، باتری‌های دیگری را که می‌شناسید، نام ببرید.

باتری های کتابی، رایانه، ساعت و غیره

۳۶- باتری‌های معرفی شده را از نظر ولتاژ، طول عمر، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه کنید و نتیجه را به‌صورت یک جدول تنظیم کنید.

باتری‌های رایانه قابل شارژ هستند ولی باتری‌های کتابی، ساعت و ... این قابلیت را ندارند. هم‌چنین نسبت به سایر موارد ولتاژ و طول عمر بیش‌تری دارند.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۷- فهرستی از وسیله‌های الکتریکی را که در منزل دارید مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و ... در جدول زیر ثبت کنید و در هر مورد بنویسید که انرژی الکتریکی به چه نوع انرژی تبدیل می‌شود.

وسیله / انرژی	نورانی	مکانیکی	صوتی	درونی	گرمایی
لامپ					
اتو					
پنکه					
یخچال					
تلویزیون					
.....					

وسیله / انرژی	نورانی	مکانیکی	صوتی	درونی	گرمایی
لامپ	×				
اتو					×
پنکه		×	×		
یخچال		×			
تلویزیون	×		×		
ضبط صوت			×		

۳۸- آیا می‌توانید با توجه به آنچه که در مورد مقاومت الکتریکی یک رسانا فرا گرفته‌اید توضیح دهید که چگونه شارش بار الکتریکی در یک رسانا باعث افزایش دمای رسانا می‌شود؟

این عمل باعث ایجاد جریان الکتریکی می شود، سپس انرژی الکتریکی تلف شده در مقاومت به دلیل عبور جریان از آن، به‌صورت افزایش دما در آن ظاهر می‌شود، در واقع بار الکتریکی با دریافت انرژی از مولد در رسانا شارش کرده و در مسیر خود با اتم‌های در حال نوسان رسانا برخورد می کنند و انرژی خود را از دست می‌دهند که باعث گرم شدن رسانا می‌شود.

۳۹- برای محاسبه‌ی توان یک مقاومت کدام‌یک از رابطه‌های $P = RI^2$ و $P = VI$ را به کار بریم؟ آیا می‌توانید رابطه‌ی دیگری برای توان الکتریکی بنویسید؟

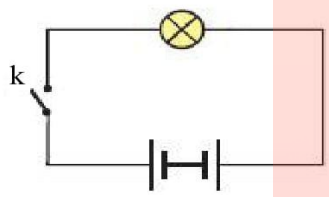
www.my-dars.ir

هر دو

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

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۰- در مدار شکل زیر باتری‌ها مشابه و قطب‌های همنام آن به یک‌دیگر وصل شده‌اند. توضیح دهید با بستن کلید k چه اتفاقی می‌افتد.



دو باطری یک‌دیگر را خنثی کرده و لامپ روشن نمی‌شود.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۴ - ۴}{R} = ۰$$

۴۱- الف) کدام‌یک از توان‌های ۶۰W ، ۲۵۰W ، ۸۵۰W ، ۲kW و ۳/۵kW برای وسیله‌های زیر مناسب است:

۱- کتری برقی.

۲- لامپ چراغ مطالعه.

۳- اتو برقی.

برای بررسی درستی پاسخ خود می‌توانید مشخصات درج شده بر روی این وسیله‌ها را ببینید.

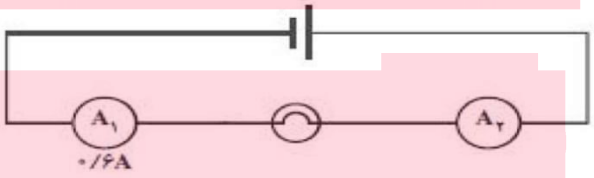
ب) جریان عبوری در یک دستگاه ۹۲۰ واتی با اختلاف پتانسیل ۲۳۰ ولت چند آمپر است؟

الف) ۱- ۲۵۰W ۲- ۶۰W ۳- ۲KW

ب)

$$P = VI \Rightarrow ۹۲۰ = ۲۳۰ I \Rightarrow I = ۴A$$

۴۲- در مدار شکل زیر آمپرسنج $A_۱$ ، مقدار ۰/۶A را نشان می‌دهد. آمپرسنج $A_۲$ ، چه جریانی را نشان می‌دهد؟

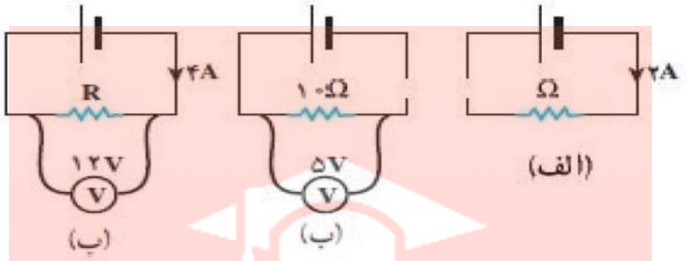


$$I_۱ = I_۲ = ۰/۶$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۳- در مدارهای شکل زیر توان مصرفی در هر مقاومت چه مقدار است؟



الف) $P = RI^{۲} = R \times ۴w$

ب) $P = \frac{V^{۲}}{R} = ۲/۵w$

پ) $P = VI = ۴۸w$

۴۴- **تمرین:**

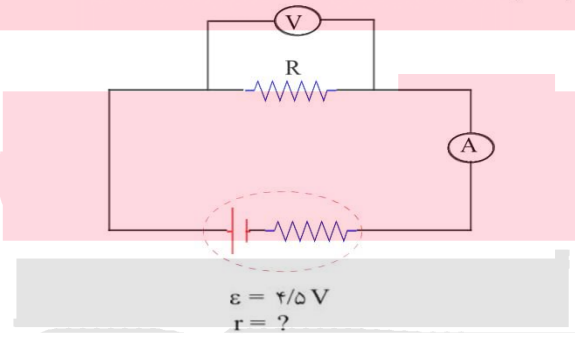
در مدار شکل زیر، آمپرسنج ۰/۵A و ولت‌سنج ۴ ولت را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت R را محاسبه کنید.

ب) توان مصرف شده در مقاومت R و توان تولیدی مولد را محاسبه کنید.

پ) افت پتانسیل در مولد را محاسبه کنید.

ت) مقاومت درونی مولد را محاسبه کنید.



الف) $R = \frac{V}{I} = \frac{۴}{۰/۵} = ۸\Omega$

ب) $P_R = RI^{۲} = ۸ \times \frac{۱}{۴} = ۲W$

$P = ۴/۵I = ۲/۲۵w$

پ و ت) $I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow ۰/۵ = \frac{۴/۵}{۸+r} \Rightarrow r = ۱\Omega$

افت پتانسیل $= rI = ۰/۵V$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۴۵- اگر یکی از سرهای دو باتری مشابه را به طور مخالف به هم ببندیم (پایانه‌های مثبت به منفی و یا پایانه‌های منفی به مثبت وصل باشند) و دو سر مجموعه را به یک لامپ ببندیم چه اتفاقی می‌افتد؟

چون اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه صفر می‌شود، هیچ جریانی از آن‌ها نخواهد گذشت.

۴۶- بار الکتریکی که در مدت ۲/۵ دقیقه از لامپ می‌گذرد چند کولن است؟

$$q = It = ۰/۲ \times (۲/۵ \times ۶۰) = ۳۰\ C$$

۴۷- اختلاف پتانسیل دو سر لامپ چند ولت است؟

$$V = I \,.\, R = ۰/۲ \times ۲۰۰ = ۴۰\ V$$

۴۸- بهای برق مصرفی رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ‌های خانه‌ی خود از قرار هر کیلو وات ساعت ۱۰۰ ریال چقدر می‌شود؟

$$P_{کل} = P_۱ + P_۲ + P_۳ = ۱۰ + ۱۱۰ + ۱۰۰ = ۲۲۰\ W$$
$$E = P \,.\, t = ۲۲۰ \times (۸ \times ۳۰) = ۵۲۸۰۰ \quad Wh = ۵۲/۸\ kWh$$
هزینه ی واحد × مصرف = هزینه
ریال ۵۲۸۰ = ۵۲/۸ × ۱۰۰ =

توان مصرفی رادیو ۱۰ وات، تلویزیون ۱۰۰ وات و لامپ معمولی ۱۰۰ وات فرض شده.

۴۹- اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ ۱۰۰ وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه چند کیلو وات ساعت انرژی اضافی مصرف می‌شود؟ بهای آن چند ریال می‌شود؟ اگر این مبلغ صرفه‌جویی شود با آن چه کارهای مفیدی می‌توان برای شهروندان انجام داد؟

جمعیت تهران حدود ۱۰ میلیون نفر است و اگر هر خانواده به طور متوسط ۴ نفر فرض شود، ۲/۵ میلیون خانواده (خانه) وجود دارد.

$$P = ۱۰۰ \times ۲/۵ \times ۱۰^{۶} = ۲/۵ \times ۱۰^{۸}\ W = ۲/۵ \times ۱۰۲۵\ kW$$
$$W = P \,.\, t = ۲/۵ \times ۱۰^{۵} \times (۳ \times ۳۰) = ۲۲/۵ \times ۱۰^{۶}\ kWh$$
هزینه ی کل = مصرف × هزینه ی واحد = ۲۲/۵ × ۱۰^۶ × ۲۰۰ = ۴/۵ × ۱۰^۹ ریال

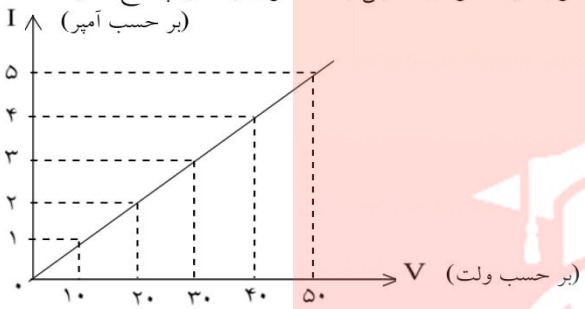
این هزینه برای کارهایی مانند مدرسه‌سازی، ... قابل استفاده است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

تفسیر کنید:

نمودار مقابل مربوط به لامپی است که در یک مدار قرار دارد. با توجه به نمودار مقابل به ۳ سوال بعدی پاسخ دهید.



۵۰- چه رابطه‌ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل می‌توانید پیدا کنید؟

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{V}{I} = ۱۰ \Rightarrow V = ۱۰I$$

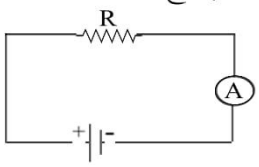
۵۱- به کمک نمودار، مقاومت لامپ را پیدا کنید.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۵۰}{۵} = ۱۰\Omega$$

۵۲- هر گاه جریانی که از لامپ می‌گذرد ۲/۵ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ چند ولت می‌شود؟

$$V = IR = ۲/۵ \times ۱۰ = ۲۵\Omega$$

در مدار شکل مقابل به تدریج دمای مقاومت (R) را بالا می‌بریم. در این صورت به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:



۵۳- مقاومت، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟

مقاومت افزایش می‌یابد.

۵۴- جریان در مدار، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟

اختلاف پتانسیل ثابت است. پس با افزایش مقاومت جریان تغییر نمی‌کند.

روی یک آسیاب برقی دو عدد $۸۰۰W$ و $۲۲۰V$ نوشته شده است. این آسیاب برقی را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل می‌کنیم. حساب کنید و به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۵۵- جریانی که از آن می‌گذرد را به دست آورید.

$$P = VI \Rightarrow ۸۰۰ = ۲۲۰ \times I \Rightarrow I = \frac{۸۰۰}{۲۲۰} = \frac{۴۰}{۱۱} A$$

www.m-ganji.com

۵۶- انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه‌ی این دستگاه، در صورتی که هفته‌ای دو بار و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه مورد استفاده قرار گیرد را محاسبه نمایید.

یک ماه چهار هفته است.

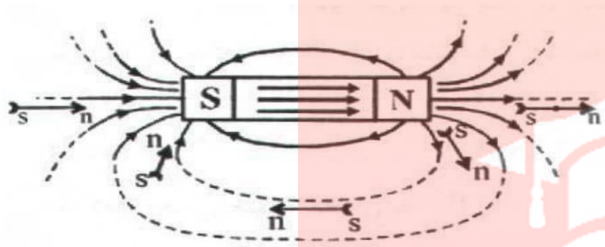
$$W = P \cdot t = ۸۰۰ \times (۴ \times ۲ \times ۲۰ \times ۶۰) = ۷۶۸۰۰۰۰ J$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- **میدان مغناطیسی اطراف آهن‌ربا**

خاصیت مغناطیسی اطراف یک آهنربا را با خط هایی نشان می‌دهیم که از قطب N آهن‌ربا خارج و به قطب S وارد می‌شوند.



۲- **نکته:** در اطراف قطب های آهن‌ربا که خاصیت مغناطیسی شدید است، خط های میدان متراکم‌تر رسم می‌شوند.

۳- **نکته:** جهت خط های میدان در داخل آهنربا از سمت قطب S به سمت قطب N می‌باشد.

۴- **عقربه‌ی مغناطیسی**

وقتی یک آهنربا یا عقربه‌ی مغناطیسی در میدان مغناطیسی اطراف یک آهنربا قرار گیرد، طوری منحرف می‌شود که در هنگام تعادل قطب N آن در سوی میدان مغناطیسی باشد، در این حالت خط های میدان مغناطیسی از قطب S آن وارد و از قطب N آن خارج می‌شوند.

۵- **اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی**

هرگاه سیمی راست حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی به گونه‌ای واقع شود که راستای جریان با میدان موازی نباشد، بر سیم حامل جریان نیروی F وارد خواهد شد.

زاویه ی بین راستای سیم و میدان مغناطیسی

$$F = ILB\sin\alpha \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 0 \Rightarrow F = 0 \\ \alpha = 90 \Rightarrow F_{max} = ILB \end{cases}$$

نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی(نیوتن) ← F

میدان مغناطیسی(تسلا) B — شدت جریان(آمپر) I — طول سیم(متر) L

۶- **جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی**

نیروی F همواره بر امتداد میدان مغناطیسی و بر امتداد سیم عمود است و سوی آن طبق قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود.

انگشت شست دست راست ⇒ (سوی نیرو) — قاعده ی دست راست (باز) { سوی چهار انگشت ⇒ (جهت جریان) ; (از کف دست خارج می شود) جهت بسته شدن چهار انگشت ⇒ (جهت میدان مغناطیسی) }

www.my-dars.ir

۷- **یکای میدان مغناطیسی**

با استفاده از رابطه‌ی $F = ILB\sin\alpha$ ، یکای میدان مغناطیسی را می‌توان به‌دست آورد که تسلا نامیده می‌شود.

$$F = ILB\sin\alpha \Rightarrow B = \frac{F}{IL\sin\alpha} \Rightarrow \text{تسلا} = \frac{\text{نیوتن}}{\text{متر آمپر}}$$

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۸- **اندازه‌ی نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی**

بار الکتریکی چه ساکن و چه متحرک در اطراف خود میدان الکتریکی (E) می‌سازد اما همین‌که بار الکتریکی به حرکت درآید، در اطرافش میدان مغناطیسی نیز خواهد ساخت. به همین‌دلیل بر بار الکتریکی متحرک واقع در یک میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود.

سرعت حرکت بار(متر بر ثانیه)

نیروی وارد بر بار متحرک (N) ← (زاویه ی بین V و B) → $\begin{cases}\alpha = ۰ \text{ یا } ۱۸۰^\circ \Rightarrow F = ۰ \\ \alpha = ۹۰^\circ \Rightarrow F_{max} = qVB\end{cases}$

بار الکتریکی(کولن) میدان مغناطیسی(تسلا)

۹- **جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی**

نیروی F همواره بر امتداد میدان مغناطیسی و بر امتداد سرعت حرکت بار عمود است و سوی آن طبق قاعده‌ی دست راست برای بار مثبت تعیین می‌شود.

قاعده دست راست
- سوی چهار انگشت ⇒ (سوی حرکت بار)
- در سوی بسته شدن چهار انگشت B از کف دست خارج می شود ⇒ (سوی میدان)
- انگشت شست دست راست ⇒ (سوی نیرو برای بار مثبت)

۱۰- **اندازه‌ی میدان مغناطیسی اطراف سیم راست و بلند**

در اطراف سیم حامل جریان میدان مغناطیسی به وجود می‌آید که اندازه‌ی آن در هر نقطه از طرف سیم با شدت جریان گذرنده از سیم (I) نسبت مستقیم و با فاصله‌ی نقطه از سیم (d) نسبت عکس دارد. پس داریم:

$$B \propto \frac{I}{d}$$

$$\mu_۰ = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A}$$ قابلیت گذردهی میدان مغناطیسی در خلاء

$$B = \frac{\mu_۰}{۲\pi} \times \frac{I}{d}$$

میدان مغناطیسی(تسلا) ← B — شدت جریان(آمپر) → I

فاصله از سیم(متر) → d

۱۱- **خطوط میدان مغناطیسی اطراف سیم راست و بلند**

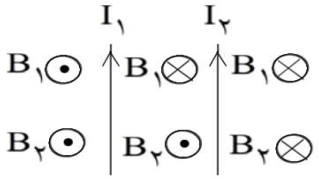
خط های میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست به‌صورت دایره‌هایی هم‌مرکز می‌باشند که سیم محور آن‌هاست. (سیم از مرکز دایره‌ها گذشته و بر صفحه صفحه آن‌ها عمود است.) و سوی آن با قانون دست راست تعیین می‌شود.

www.my-dars.ir

۱۲- **میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم موازی**

جریان‌ها هم‌سو باشند

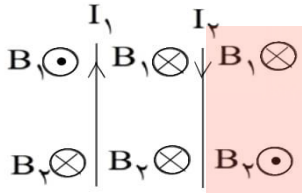
در این حالت میدان‌ها در خارج دو سیم هم‌سو و بین دو سیم ناهم‌سو هستند. بنابراین اندازه‌ی میدان بین دو سیم برابر قدر مطلق تفاضل اندازه‌های هر یک و در خارج دو سیم برابر مجموع اندازه‌ی میدان حاصل از هر سیم خواهد بود.



مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

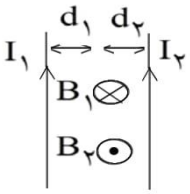
۱۳- **میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم موازی**

جریان‌ها ناهم‌سو باشند



در این حالت میدان‌ها بین دو سیم هم‌سو و خارج دو سیم ناهم‌سو بوده و اندازه‌ی میدان برآیند بین دو سیم برابر مجموع اندازه‌های میدان حاصل از هر سیم و در خارج آن‌ها برابر قدر مطلق تفاضل آن‌هاست.

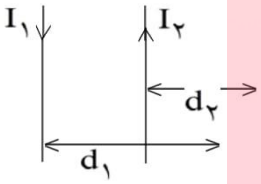
۱۴- **یافتن نقطه‌ای در صفحه دو سیم موازی که برآیند میدان‌ها در آن نقطه صفر باشد:**



الف) در حالت جریان‌های هم‌سو نقطه‌ای که میدان مغناطیسی برآیند در آن صفر است، بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر قرار دارد. به‌طوری که داریم:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

ب) در حالت جریان‌های ناهم‌سو نقطه‌ای که میدان مغناطیسی برآیند در آن صفر است خارج دو سیم و در طرف سیم با جریان کوچک‌تر قرار دارد به گونه‌ای که داریم:



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2} \qquad (I_1 > I_2 \text{ اگر})$$

اثبات رابطه‌ی $\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2}$:

می‌دانیم برآیند دو بردار وقتی صفر است که دو بردار هم‌اندازه ولی ناهم‌سو باشند.

$$B_T = 0 \Rightarrow B_1 - B_2 = 0 \Rightarrow B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

۱۵- **نیروی بین دو سیم موازی**

دو سیم موازی که به فاصله‌ی d از یک‌دیگر قرار گرفته و از آن‌ها جریان‌های الکتریکی I_1 و I_2 عبور می‌کند، نیرویی به یک‌دیگر وارد می‌کنند که مقدار این نیرو که بر طول L از هر سیم وارد می‌شود طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

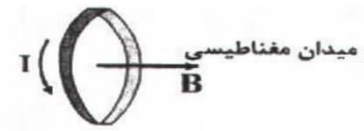
$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

نیرو ربایشی(جاذبه) است $\Rightarrow$ I_1 و I_2 هم جهت

نیرو رانشی(دافعه)است $\Rightarrow$ I_1 و I_2 خلاف جهت

www.my-dars.ir

۱۶- **تعیین سوی میدان در مرکز حلقه**

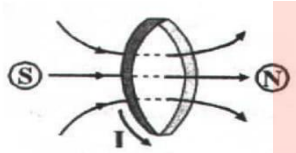


راستای میدان در مرکز حلقه عمود بر سطح حلقه است و برای تعیین سوی آن می‌توان از دستور دست راست بهره گرفت. به‌طوری که اگر چرخش چهار انگشت دست راست در سوی جریان باشد. انگشت شست سوی میدان در مرکز حلقه را نشان می‌دهد.

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۷- **تعیین قطب‌های مغناطیسی حلقه‌های حامل جریان**

وضع خطوط میدان حلقه درست مانند یک آهنربای تیغه‌ای است. یعنی حلقه مانند آهن‌ربایی است که خطوط میدان از درون آن به طرف خارج حلقه می‌آیند. بنابراین یک رخ حلقه N و رخ دیگر آن S خواهد بود. رخی که میدان $\vec{B}$ از آن خارج می‌شود قطب N است و رخی که میدان $\vec{B}$ به آن داخل می‌شود قطب S است.



۱۸- **اندازه‌ی میدان در مرکز حلقه**

اندازه‌ی میدان در مرکز حلقه ۱- با جریان I نسبت مستقیم، ۲- با تعداد دورهای حلقه نسبت مستقیم و ۳- با شعاع حلقه (r) نسبت عکس دارد و داریم:

$B = N\frac{\mu_0}{2}\frac{I}{r}$ ← میدان مغناطیسی در مرکز یک حلقه

۱۹- **جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه**

میدان در مرکز حلقه، عمود بر سطح حلقه و در امتداد محور آن است و اندازه‌ی میدان در این نقطه (مرکز حلقه) بیشتر از نقاط دیگر روی محور است.

۲۰- **میدان سیملوله**

میدان مغناطیسی که در اثر جریان I در داخل یک سیملوله به‌طول L با N حلقه ایجاد می‌شود در نقاط نسبتاً دور از لبه‌های سیملوله یکنواخت است و مقدار آن در تمام نقاط فضای داخل سیملوله از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد.

$B = \mu_0\frac{N}{L}I$ ← میدان مغناطیسی یکنواخت در داخل سیملوله

۲۱- **تعداد دورهای پیچه یا سیم‌لوله**

اگر یک پیچه یا سیملوله به شعاع r با سیمی به‌طول x ساخته شده شود، تعداد حلقه‌های پیچه یا سیملوله برابر است با:

$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط هر حلقه}} = \frac{x}{2\pi r}$ ← تعداد حلقه های سیم پیچ

با قرار دادن یک هسته‌ی آهنی (ماده‌ی فرومغناطیس) در داخل یک پیچه یا سیملوله، میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد.

۲۲- وقتی سیمی به دور یک تیغه از جنس مواد فرومغناطیس پیچیده شود و از آن جریان الکتریکی مستقیم عبور دهیم، دو قطبی‌های تیغه در سوی میدان حاصل از سیم‌پیچ منظم شده و تبدیل به آهن‌ربا می‌شود.

۲۳- **سوی میدان در داخل پیچه**

چهار انگشت دست راست را به‌صورت بسته نگاه دارید، سپس چهار انگشت دست راست را در سوی جریان و به دور محیط حلقه قرار دهید، انگشت شست، سوی میدان را در مرکز حلقه نشان خواهد داد.

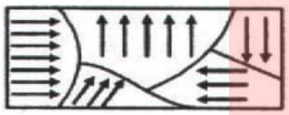
نکته: اگر سوی میدان حاصل از حلقه به طرف بیرون تیغه باشد، آن سر تیغه قطب N خواهد بود (با اتکاء به اینکه خط میدان از قطب N خارج می‌شود) در غیر این‌صورت قطب S خواهد بود.

www.my-dars.ir

۲۴- **خاصیت مغناطیسی مواد**

اتم‌ها و مولکول‌های ماده به‌تنهایی یک آهن‌ربا می‌باشند که به دو قطبی مغناطیسی معروفند. به عبارتی خاصیت مغناطیسی یکی از ویژگی‌های مواد بوده و بسته به نوع آرایش آن‌ها مواد از لحاظ مغناطیسی به سه دسته کلی فرومغناطیس، پارا مغناطیس و دیا مغناطیس طبقه‌بندی می‌شوند.

۲۵- **مواد فرو مغناطیس**

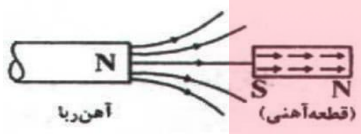


در این مواد دو قطبی‌های مغناطیسی در قسمت‌های مجزایی به نام حوزه مغناطیسی هم جهت می‌باشند. اما سمت‌گیری هر حوزه با حوزه‌های دیگر متفاوت است به گونه‌ای که در کل ممکن است اثر یک‌دیگر را خنثی کرده و ماده خاصیت آهن‌ربایی نداشته باشد. مثل آهن، نیکل، کبالت، مواد فرومغناطیس در دو نوع فرومغناطیس نرم و فرو مغناطیس سخت می‌باشند.

۲۶- **القای مغناطیسی**

هرگاه یک ماده‌ی فرومغناطیس را به یک قطب آهن‌ربا نزدیک کرده و یا به آن تماس دهیم، این ماده خود به خود آهن‌ربا می‌شود و همواره سر نزدیک به قطب آهن‌ربا ناهم نام با آن می‌شود. بنابراین القا همواره به گونه‌ای است که ربایش به سوی آهن‌ربای اصلی را سبب می‌شود.

۲۷- **اشباع در القای مغناطیسی**



بیشترین خاصیت مغناطیسی است که می‌توان در یک ماده‌ی فرو مغاطیس ایجاد نمود و هنگامی رخ می‌دهد که تمام دو قطبی‌های ماده هم‌سو شوند. این لحظه به بعد اگر میدان مغناطیسی وارد بر آهن را افزایش دهیم. خاصیت القای مغناطیسی در آن تغییر نمی‌کند.

۲۸- **فرو مغناطیس نرم**

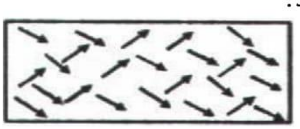
موادی مثل آهن خالص و کبالت خالص و نیکل خالص به آسانی آهن‌ربا می‌شوند و به آسانی نیز این خاصیت را از دست می‌دهند. این مواد در ساخت آهن‌رباهای الکتریکی (موقتی) مثلاً در زنگ اخبار ... کاربرد دارند.

۲۹- **فرومغناطیس سخت**

موادی مانند فولاد و برخی از آلیاژهای نیکل و کبالت که به سختی آهن‌ربا می‌شوند و به سختی نیز خاصیت‌شان را از دست می‌دهند. این مواد در ساخت آهن‌ربای دائمی کاربرد دارند.

۳۰- **مواد پارامغناطیس**

در این مواد دو قطبی‌های مغناطیسی به‌طور کاتوره‌ای و نامنظم توزیع شده‌اند و فقط تحت اثر میدان‌های بسیار قوی مقداری خاصیت آهن‌ربای به‌دست می‌آورند و به محض حذف میدان اعمالی، مجدداً دوقطبی‌ها نامنظم می‌شوند. مثل: آلومینیوم، پلاتین، فلزات قلیایی و قلیایی خاکی، اکسیژن و اکسید ازت، به شکل توجه کنید:



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳۱- ویژگی‌های خطوط میدان

۱- راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه است.

۲- خط میدان در هر نقطه هم سو با میدان در آن نقطه است.

۳- تراکم این خطوط در فضا نشان‌گر بزرگی میدان آن نقطه است.

۴- از هر نقطه از فضا فقط یک خط میدان می‌گذرد. به بیان دیگر خطوط میدان مغناطیسی هم دیگر را قطع نمی‌کنند.

www.my-dars.ir

۱- آزمایشی طراحی کنید که، اثر قطب‌های آهنربا را بر یک‌دیگر نشان دهد.

دو آهنربای میله‌ای با قطب‌های مغناطیسی مشخص را انتخاب می‌کنیم و آن‌ها را بر روی میز قرار می‌دهیم. اگر قطب هم‌نام آهنرباها را به هم نزدیک کنیم، بر هم کنش رانشی بین دو آهنربا را مشاهده می‌کنیم و این نشان می‌دهد که بر هم کنش قطب‌های هم‌نام به صورت رانشی است. اگر این آزمایش را برای قطب‌های ناهم‌نام انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که یک‌دیگر را می‌ربایند.

۲- فرض کنید دو میله‌ی کاملاً مشابه یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن بتوانید بدون استفاده از هیچ وسیله‌ی دیگری، میله‌ای را که از جنس آهنرباست مشخص کنید.

در قطبین آهنربا اثر مغناطیسی قوی‌تر از نقاط دیگر می‌باشد. هرگاه میله‌ی آهنی را به قطبین آهنربا نزدیک کنیم، خیلی سریع جذب آهنربا می‌شود، ولی اگر میله‌ی آهنی را به وسط آهنربای میله‌ای نزدیک کنیم، جذب میله کمتر خواهد بود، زیرا میدان مغناطیسی در وسط آهنربا ضعیف‌تر از قطب‌ها است. پس اگر یکی از میله‌ها را به وسط میله‌ی دیگر نزدیک کنیم، اگر میله را سریع جذب کرد، میله‌ی اولی آهنرباست و اگر جذب با کندی صورت گرفت، میله‌ی دوم آهنرباست.

سیمی افقی مستقیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن از شمال به جنوب است قرار دارد.
به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۳- اگر سیم در راستای شمال- جنوب و جریان آن از شمال به جنوب باشد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را تعیین کنید.

وقتی سیم در راستای شمال - جنوب قرار دارد و جریان آن به طرف جنوب است و از طرف دیگر میدان مغناطیسی وارد بر آن افقی و رو به جنوب است، جریان الکتریکی با میدان مغناطیسی، زاویه‌ی صفر درجه می‌سازد. در این صورت از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیرویی وارد نمی‌شود.

$$\begin{cases} F = ILB\sin\alpha \\ \sin\alpha = 0 \Rightarrow F = 0 \end{cases}$$

۴- اگر سیم در راستای شرق- غرب و جریان آن از غرب به شرق باشد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را تعیین کنید.

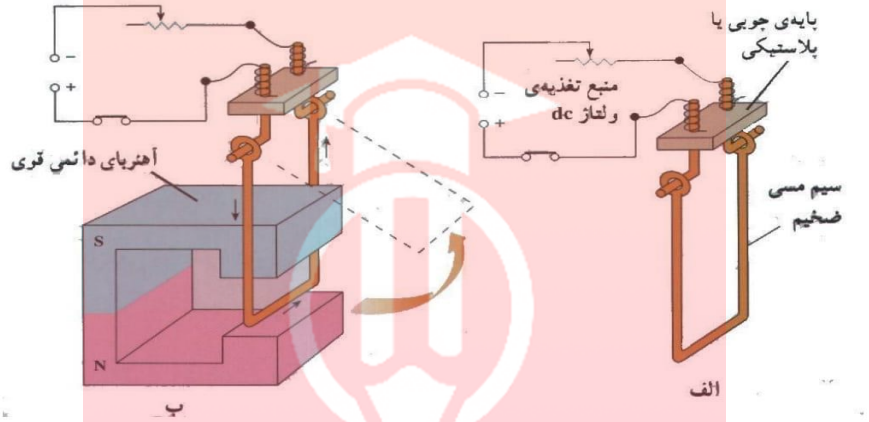
وقتی سیم حامل جریان در راستای شرق - غرب و جریان آن از غرب به شرق باشد، جریان عمود بر میدان مغناطیسی است. با استفاده از قاعده‌ی دست راست اگر نوک انگشتان جریان به سمت غرب و خم چهار انگشت میدان مغناطیسی را به سمت جنوب نشان دهد، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را در راستای قائم رو به پایین نشان می‌دهد که بیشینه است.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵- آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی را اندازه‌گیری کرد.

با توجه به آزمایش زیر، هرگاه یک سر نیروسنج را به طور افقی به میله‌ی مسی و سر دیگر آن را به تکیه‌گاه قائمی ببندیم، با برقراری جریان در مدار از طرف میدان مغناطیسی به میله‌ی مسی نیرو وارد می‌شود. در این صورت نیروسنج مقدار این نیرو را نشان می‌دهد.

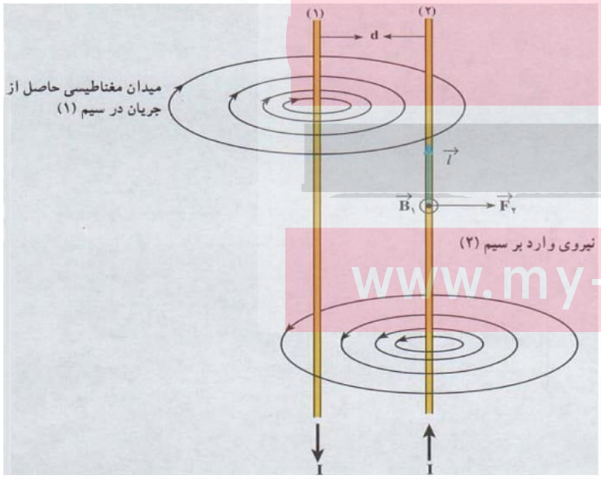


۶- اگر بار الکتریکی موازی با $\vec{B}$ حرکت کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه‌قدر است؟

هرگاه ذره‌ای با بار الکتریکی q در راستای میدان مغناطیسی حرکت کند، زاویه‌ای که بردار سرعت با بردار میدان می‌سازد برابر صفر یا π است. در این صورت $\sin\theta = 0$ می‌گردد و نیروی وارد بر ذره از طرف میدان برابر صفر خواهد بود.

$$\begin{cases} F = qVB\sin\theta \\ \sin\theta = 0 \Rightarrow F = 0 \end{cases}$$

۷- جهت نیروی وارد بر سیم شماره‌ی (۱) را در شکل با استفاده از قاعده‌ی دست راست، تعیین کنید.



www.my-dars.ir

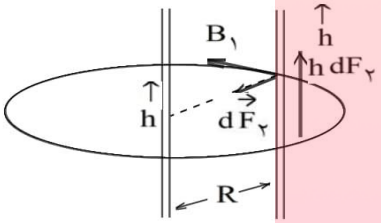
با توجه به شکل مقابل میدان مغناطیسی سیم شماره (۲) در محل سیم شماره (۱) برون‌سو می‌باشد. با استفاده از قاعده‌ی دست راست نیروی وارد بر سیم شماره (۱) از طرف میدان مغناطیسی B_2 به طرف چپ می‌باشد.

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۸- از دو سیم بلند موازی که به فاصله‌ی d از یک‌دیگر قرار دارند، جریانی به شدت I می‌گذرد، جهت جریان در هر دو سیم یکسان است، نیرویی را که به یک متر از هریک از سیم‌ها وارد می‌شود به‌دست آورید.

$$\begin{cases} F = ILB\sin\alpha \\ \alpha = ۹۰^\circ \Rightarrow F = ILB \end{cases}$$

۹- جهت نیروها و میدان‌های مغناطیسی مربوط به دو سیم موازی حامل جریان‌های هم‌سو را با رسم شکل و استفاده از قاعده‌ی دست راست مشخص کنید.



نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان هم‌سو به صورت ربایشی است. در شکل مقابل اثر میدان مغناطیسی سیم شماره (۱) در محل (۲) نیرویی است که به طرف سیم شماره (۱) بر سیم شماره (۲) وارد می‌شود.

۱۰- آهنربایی با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. حداقل دو روش برای تعیین قطب‌های این آهنربا، بیان کنید.

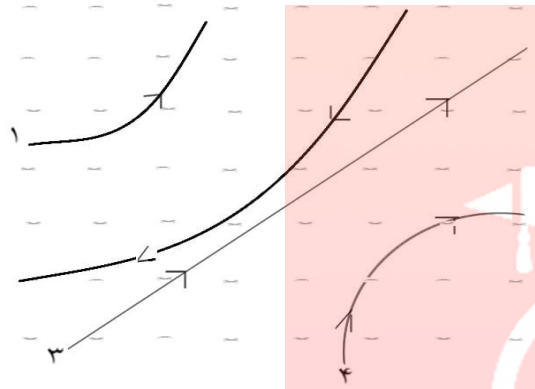
الف) هرگاه آهنربایی را که قطب‌های آن مشخص نیست به وسیله یک نخ آویزان نماییم، به طوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد، تحت تأثیر میدان مغناطیسی کره زمین قرار می‌گیرد و پس از چند چرخش در راستای تقریب شمال و جنوب قرار می‌گیرد، به طوری که قطبی که به سمت شمال است قطب N آهنربا و قطبی که به طرف جنوب است قطب S آهنربا می‌باشد.

ب) هرگاه قطب‌های آهنربای مجهولی را به نوبت به قطب‌های شناخته شده آهنربایی نزدیک کنیم، قطب‌های همنام یکدیگر را دفع کرده و قطب‌های غیرهمنام همدیگر را جذب می‌نمایند، در این صورت می‌توان دو قطب S و N آهنربای مجهول را مشخص کرد.

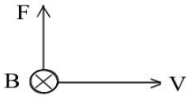
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

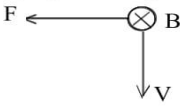
۱۱- چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون‌سو مسیرهایی مطابق شکل زیر می‌پیمایند. درباره‌ی نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



الف) ذره (۱) دارای بار الکتریکی مثبت است. بردار سرعت به سمت راست، میدان مغناطیسی درون‌سو و نیرویی الکتریکی طبق قانون دست راست به طرف بالا می‌باشد.

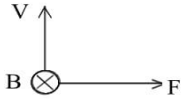


ب) ذره (۲) دارای بار الکتریکی منفی است. بردار سرعت رو به پایین، میدان مغناطیسی درون‌سو و نیروی الکتریکی طبق قانون دست راست برای بار الکتریکی منفی به طرف چپ می‌باشد.



پ) ذره (۳) بدون بار الکتریکی است و هیچ نیرویی بر این ذره وارد نمی‌شود.

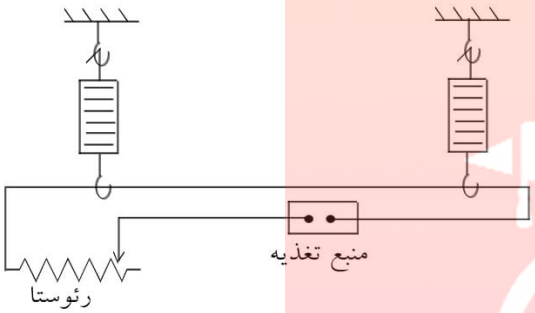
ت) ذره (۴) دارای بار الکتریکی منفی است. بردار سرعت رو به بالا، میدان مغناطیسی درون‌سو و نیروی مغناطیسی برای بار منفی به طرف راست می‌باشد.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

یک سیم که حامل جریانی به شدت ۱۶ آمپر است، مطابق شکل زیر توسط دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده است، به طور افقی و در راستای غرب به شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را افقی و یکنواخت و دقیقاً به سوی شمال با بزرگی ۰/۰۵mT بگیرید. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:



۱۲- نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را تعیین کنید.

$$\begin{cases} F = ILB\sin\alpha \\ I = ۱۶A \\ B = ۰/۰۵mT = ۵\times۱۰^{-۵}\,T \\ L = ۱m \\ \alpha = ۹۰^\circ \end{cases} \Rightarrow F = ۱۶\times۱\times۱۵\times۱۰^{-۵}\times \sin۹۰ = ۸\times۱۰^{-۴}N$$

بر هر متر سیم نیروی $۸\times۱۰^{-۴}N$ وارد می‌شود.

۱۳- اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور دهیم؟ جرم یک متر از طول این سیم ۸gr است. $(g = ۱۰\ N/kg)$

برای این که نیروی مغناطیسی بتواند نیروی وزن میله را خنثی کند، لازم است جهت جریان طبق قانون دست راست از غرب به شرق باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر سیم رو به بالا باشد و نیروی وزن میله را خنثی کند. مقدار جریان از رابطه زیر را به دست می‌آید:

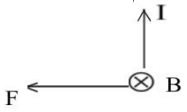
$$\begin{cases} B = ۵\times۱۰^{-۵}T \\ L = ۱m \\ F = W = mg = (۸\times۱۰^{-۳})(۱۰) = ۸\times۱۰^{-۲}N \\ \alpha = ۹۰^\circ \\ F = ILB\sin\alpha \Rightarrow ۸\times۱۰^{-۲} = I\times۱\times۵\times۱۰^{-۵}\times۱ \Rightarrow I = ۱۶۰۰A \end{cases}$$

www.my-dars.ir

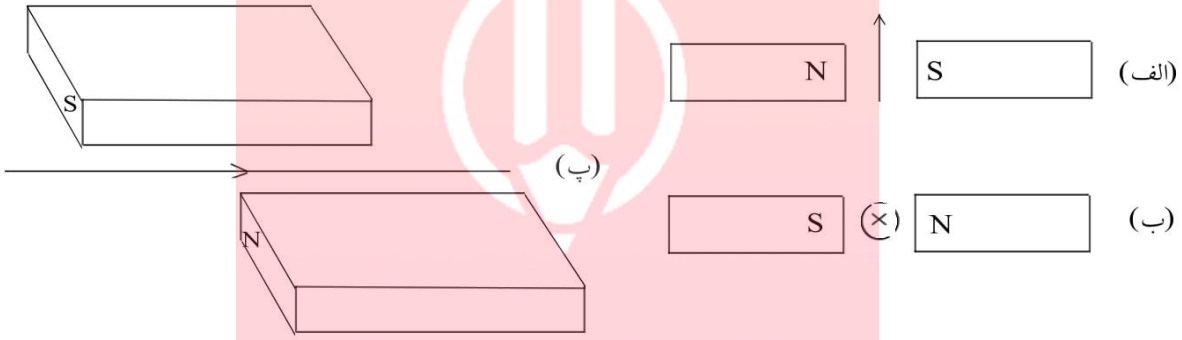
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۴- سیم قائمی در میدان مغناطیسی زمین (که رو به شمال است) قرار دارد. جریانی از پایین به بالا از این سیم عبور می‌کند، جهت نیروی وارد بر این جریان چگونه است؟

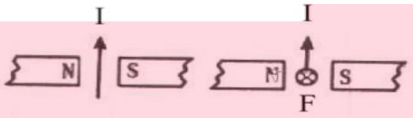
با استفاده از قاعده دست راست جهت نیرو را می‌توان تعیین کرد. اگر نوک انگشتان رو به بالا در جهت جریان و خم چهار انگشت رو به شمال جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را به طرف غرب نشان می‌دهد.



۱۵- جهت نیروی الکترومغناطیسی بر سیم حامل جریان را در هر یک از شکل‌های «الف» ، «ب» ، «پ» ، با استفاده از قاعده‌ی دست راست بیابید.



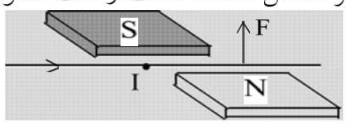
الف) میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی از پایین به بالا است و نیروی وارد بر سیم جریان عمود بر سیم (عمود بر کاغذ) به طرف داخل (⊗ درون‌سو) می‌باشد.

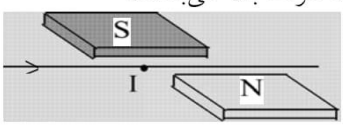


ب) ⊗ ≡ جریان الکتریکی عمود بر کاغذ به طرف داخل (درون‌سو)

میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی درون‌سو است و جهت نیرو بر اساس قاعده دست راست به سمت بالا و عمود بر سیم حامل جریان می‌باشد.

پ) میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی عمود بر میدان مغناطیسی از چپ به راست است و جهت نیروی وارد بر سیم بر اساس قاعده دست راست عمود بر سیم و به طرف بالا می‌باشد.

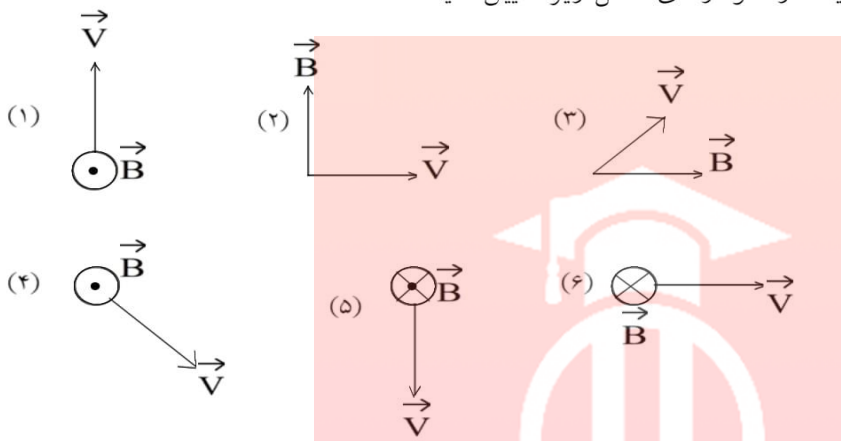




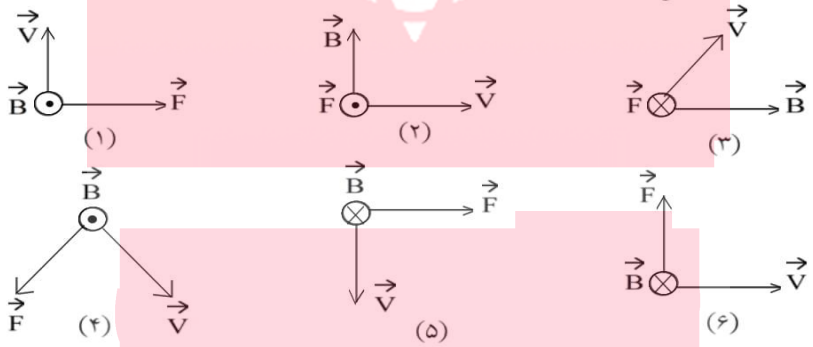
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- جهت نیروی وارد بر بار مثبت را در هریک از نمودارهای شکل زیر تعیین کنید.



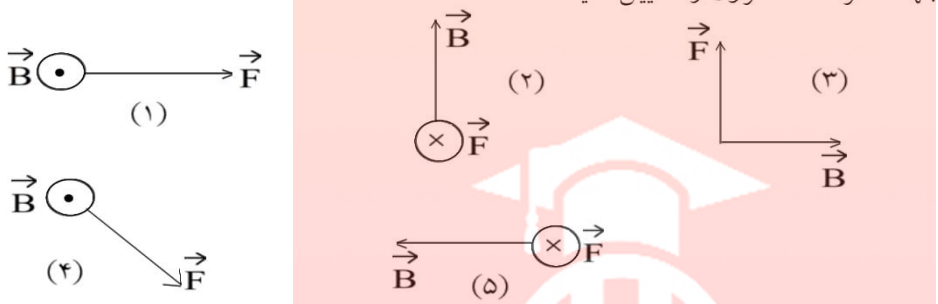
در هریک از شکل‌های فوق جهت نیروی وارد بر بار مثبت با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌گردد، به‌طوری که نوک انگشتان دست راست جهت بردار سرعت، خم چهار انگشت جهت میدان مغناطیسی و انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان می‌دهد.



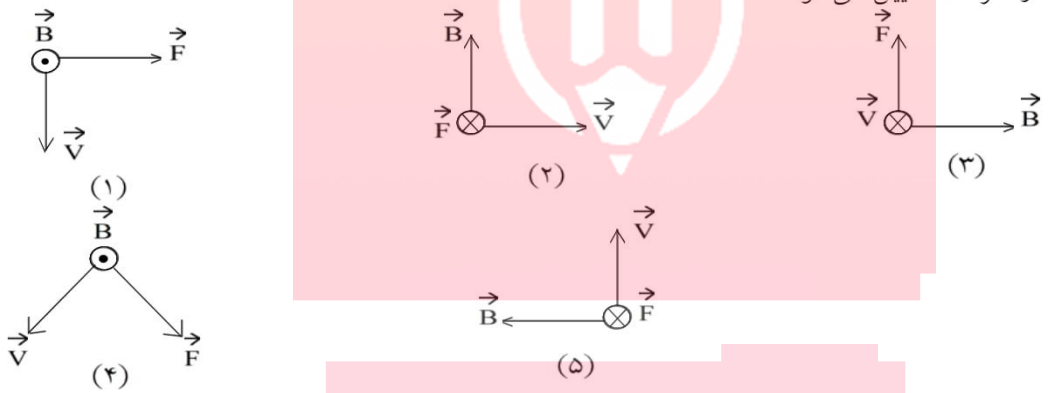
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

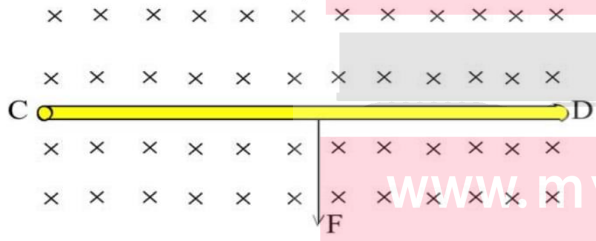
۱۷- نیروی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است در شکل زیر نشان داده شده است. در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



در هریک از شکل‌های فوق بردار سرعت بار الکتریکی منفی با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌شود و در پایان بر خلاف جهت بردار سرعت تعیین می‌شود.



۱۸- سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی با اندازه‌ی ۰/۵T قرار گرفته است. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱N باشد، جهت و اندازه‌ی جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



www.my-dars.ir

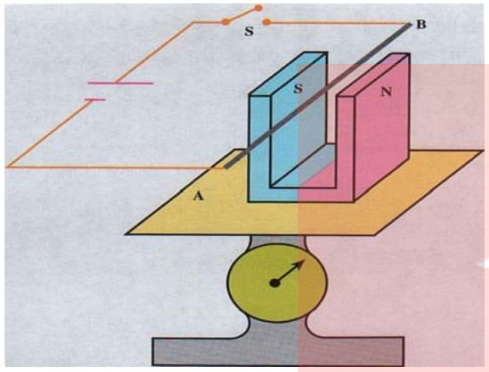
جهت نیروی وارد بر سیم رو به پایین، میدان مغناطیسی درون‌سو، در این‌صورت طبق قاعده دست راست جهت جریان از D به C می‌باشد.

$$\begin{cases} F = ۱N \\ L = ۲m \\ B = ۰/۵T \\ \alpha = ۹۰^\circ \end{cases} \qquad F = ILB\,Sin\alpha$$

$$۱ = I \times ۲ \times ۰/۵ \times ۱ \Rightarrow I = ۱A$$

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۹- یک آهنربای نعلی شکل را روی کفه‌ی یک ترازوی حساس قرار می‌دهیم، سیم AB را که مطابق شکل زیر در میان دو قطب آهنربا قرار دارد به وسیله‌ی یک کلید به دو پایانه‌ی یک باتری وصل می‌کنیم.
آیا با بستن کلید عددی که ترازو نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.



برای پیدا کردن جهت اثر نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی که سیم عمود بر جهت میدان می‌باشد از دستور دست راست استفاده می‌کنیم. بدین صورت که اگر دست راست را باز نگهداریم، انگشت شست جهت نیرو و چهار انگشت جهت جریان را نشان می‌دهد و اگر چهار انگشت را خم کنیم، جهت میدان مغناطیس را نشان می‌دهد به طوری که جهت میدان عمود بر کف دست و در جهت نوک چهار انگشت است. پس اگر کلید مدار بسته شود جریان در سیم از B به A برقرار می‌شود و میدان مغناطیسی از N به S می‌باشد و بر سیم نیرویی وارد می‌نماید که جهت آن به سمت پایین می‌باشد.
با بستن کلید مدار ترازو عدد کمتری را نشان می‌دهد، زیرا جهت نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌شود به طرف پایین بوده و از طرف سیم نیروی عکس‌العمل به سمت بالا به میدان مغناطیسی و از آنجا به آهنربا وارد می‌شود و ترازو مقدار کمتری را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن پروتونی که با سرعت $۴/۴ \times ۱۰^{۶}\ m/s$ تحت زاویه‌ی ۵۳° با میدان مغناطیسی‌ای به بزرگی ۱۸mT در حرکت است.
به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

۲۰- بزرگی نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید. (بار الکتریکی پروتون $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ و $Sin ۵۳^{\circ} = ۰/۸$ است)

$$\begin{cases} V = ۴/۴ \times ۱۰^{۶}\ m/s \\ \alpha = ۵۳^{\circ} \\ B = ۱۸ \times ۱۰^{-۳}\ T \\ q = +e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C \end{cases} \qquad F = qVB\ Sin\alpha$$

$$F = (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}) \times (۴/۴ \times ۱۰^{۶}) \times (۱۸ \times ۱۰^{-۳}) \times (۰/۸)$$

$$\Rightarrow F = ۱۰۱۳۷۶ \times ۱۰^{-۱۹} \cong ۱۰^{-۱۴}\ N$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۱- اگر این نیرو تنها نیرویی باشد که بر پروتون وارد می‌شود، شتاب پروتون را حساب کنید.
(بار الکتریکی پروتون C $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ و جرم آن kg $۱/۷ \times ۱۰^{-۲۷}$ است.)

۲۲- راستای نیروی وارد بر یک الکترون متحرک در میدان الکتریکی را با راستای نیروی وارد بر این الکترون در میدان مغناطیسی مقایسه کنید.

در میدان الکتریکی نیروی وارد بر یک الکترون متحرک همواره در جهت و راستای میدان الکتریکی می‌باشد به‌طوری که راستای میدان الکتریکی با راستای نیروی وارد بر الکترون متحرک در یک امتداد می‌باشد. اما در میدان مغناطیسی نیروی وارد بر یک الکترون متحرک بر راستای میدان مغناطیسی و راستای جهت الکترون عمود است و بزرگی آن از رابطه‌ی روبه‌رو به دست می‌آید. $F = qVB\,Sin\theta$

۲۳- از پیچه‌ی مسطحی به شعاع $۵cm$ که از ۲۰۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان $۱۲A$ می‌گذرد. میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه حساب کنید.

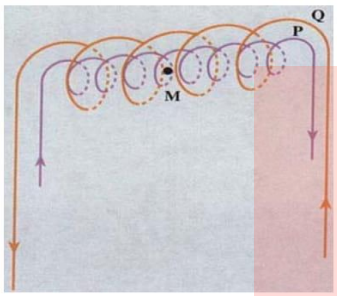
$R = ۰/۰۵m$
$N = ۲۰۰$
$I = ۱۲A$

$$B = \mu_۰ \frac{NI}{۲R}$$
$$B = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times \frac{۲۰۰ \times ۱۲}{۲ \times ۰/۰۵} = ۹/۶\pi \times ۱۰^{-۳}\,T$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۴- دو سیملوله P و Q هم محور دارای طول برابر ولی تعداد دور متفاوت هستند(شکل مقابل). تعداد دور سیملوله P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملوله‌ی Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان $1A$ از سیملوله Q عبور کند، از سیملوله‌ی P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه‌ی M (روی محور دو سیملوله) برابر صفر شود؟



وقتی میدان مغناطیسی در نقطه M صفر باشد، بزرگی میدان مغناطیسی سیملوله‌ها با هم برابر است.

$$\begin{cases} \vec{B}_M = \vec{B}_Q + \vec{B}_P \\ 0 = B_Q - B_P \Rightarrow B_Q = B_P \end{cases}$$

$$\mu_0 \frac{N_1 I_1}{L} = \mu_0 \frac{N_2 I_2}{L} \Rightarrow N_1 I_1 = N_2 L_2$$

$$\begin{cases} N_2 = 200 \\ N_1 = 300 \\ I_1 = 1A \end{cases} \quad \begin{cases} N_1 I_1 = N_2 I_2 \\ 200 \times I_1 = 300 \times 1 \Rightarrow I_1 = 1/5A \end{cases}$$

الکترونی با سرعت $2/4 \times 10^5 \ m/s$ در یک میدان مغناطیسی در حرکت است. نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی بیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۲۵- اگر این نیروی بیشینه بالاسو و برابر $6/8 \times 10^{-14} \ N$ باشد، بزرگی و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

بیشترین مقدار نیروی وارد بر الکترون زمانی است که راستای حرکت الکترون عمود بر راستای میدان مغناطیسی باشد، یعنی $\theta = 90^\circ$ باشد.

$V = 2/4 \times 10^5 \ m/s$

$F = 6/8 \times 10^{-14} \ N$

$e = 1/6 \times 10^{-19} \ C$

$$F = e.V.B$$

$$B = \frac{F}{e.V} \Rightarrow B = \frac{6/8 \times 10^{-14}}{1/6 \times 10^{-19} \times 2/4 \times 10^5}$$

$$\Rightarrow B = 1/77T$$

برای به دست آوردن جهت میدان مغناطیسی از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. با توجه به این‌که ذره باردار، الکترون است، اگر حرکت الکترون به سمت جنوب باشد و بیشینه نیرو بالاسو باشد، جهت میدان مغناطیسی به سمت غرب می‌باشد.

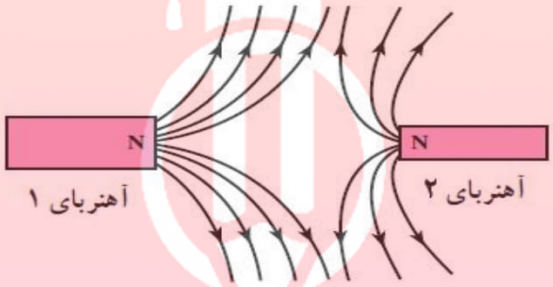
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۶- چه میدان الکتریکی‌ای همین نیرو را ایجاد می‌کند؟ (بار الکتریکی الکترون $-۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ است.)

$$\begin{cases} F = ۶/۸ \times ۱۰^{-۱۴}\ N \\ q = -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C \end{cases} \qquad \begin{cases} E = \dfrac{F}{q} \\ E = \dfrac{۶/۸ \times ۱۰^{-۱۴}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۴/۲۵ \times ۱۰^{۵}\ N/C \end{cases}$$

۲۷- خط‌های میدان مغناطیسی میان دو آهن‌ربا در شکل زیر نشان داده شده است. کدام آهن‌ربا ضعیف‌تر است؟



آهن‌ربای (۲)

۲۸- سیم‌لوله‌ای شامل ۲۵۰ دور حلقه است که دور یک لوله‌ی پلاستیکی توخالی به طول ۰/۱۴ متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیم‌لوله ۰/۸A باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیم‌لوله را حساب کنید.

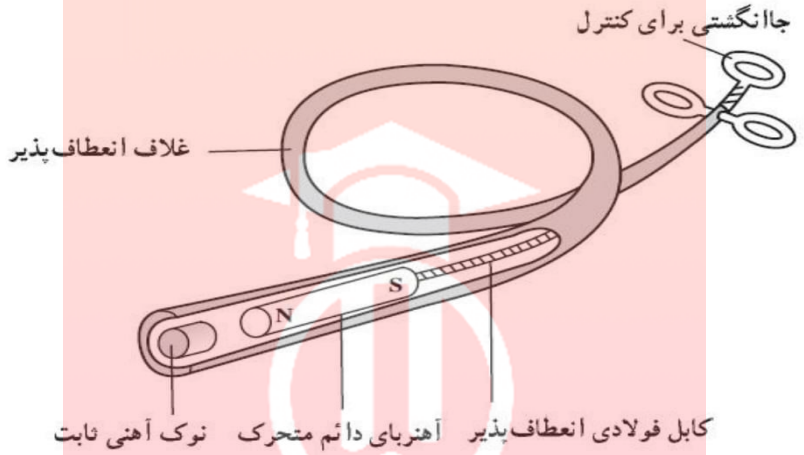
$$n = \frac{N}{l} = \frac{۲۵۰}{\frac{۱۴}{۱۰۰}} = \frac{۱۲۵۰۰}{۷}$$

$$B = \mu_{\circ} nI = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times \frac{۱۲۵}{۷} \times ۱۰^{۲} \times ۸ \times ۱۰^{-۱} = \frac{۴\pi}{۷} \times ۱۰^{-۳} \cong ۱/۷۹ \times ۱۰^{-۳}\ T$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۹- کودکی یک قطعه‌ی کوچک فلز را بلعیده است که در گلوی او گیر کرده است.پزشک بادستگاهی که در شکل زیر دیده می‌شود، می‌خواهد فلز را بیرون بیاورد.



الف) هنگامی‌که آهن‌ربای دائم به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) آهن برای ساختن نوک ثابت چه مزیتی دارد؟

پ) این وسیله را باید به درون گلوی کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد. چرا غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟

ت) پزشک می‌خواهد یک گیره‌ی آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلوی کودک بیرون بیاورد. کدام‌یک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟

الف) به دلیل میدان آهن‌ربا، آن هم آهن‌ربا می‌شود.

ب) با تضعیف میدان (جدا شدن آهن‌ربا) خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهد و جسم راحت از آن جدا می‌شود.

پ) به دلیل این‌که مسیر گلو کاملاً صاف نیست و اگر غلاف انعطاف‌پذیر نباشد، ممکن است به گلو آسیب بزند.

ت) گیره‌ی آهنی، به دلیل این‌که واشر آلومینیومی مغناطیسی نمی‌شود.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه‌ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- **شار مغناطیسی**

وقتی سیم‌پیچ یا مداری که مساحت آن برابر A می‌باشد در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ یا مدار عبور می‌کند طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$\varphi = AB\cos\theta$

φ: شار مغناطیسی سیم پیچ(وبر Wb)، A: مساحت یک حلقه (m^2)، B: میدان مغناطیسی (T)، θ: زاویه ی بین نیم خط عمود بر سطح سیم پیچ و میدان مغناطیسی

۲- **شار مغناطیسی بیشینه**

وقتی سیم‌پیچ عمود بر میدان مغناطیسی است، شار مغناطیسی ماکزیمم می‌باشد.

$\theta = 0^\circ$ یا $180^\circ \Rightarrow |\cos\theta| = 1 \Rightarrow \varphi_{max} = \pm AB$ (سطح سیم پیچ عمود بر میدان)

۳- **شار مغناطیسی صفر**

وقتی سیم‌پیچ موازی میدان مغناطیسی باشد، شار مغناطیسی عبوری برابر صفر است.

$\theta = 90^\circ$ یا $270^\circ \Rightarrow \cos\theta = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ (سیم پیچ موازی میدان)

۴- **قانون فارادی**

هرگاه شار مغناطیسی که از یک مدار بسته می‌گذرد تغییر نماید، در آن نیروی محرکه‌ای القاء خواهد شد و جریانی در آن برقرار می‌شود به‌طوری که بزرگی نیروی محرکه‌ی القا شده متناسب با آهنگ تغییر شار است.

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt}$$

در این رابطه ε بر حسب ولت، $\frac{d\varphi}{dt}$ برحسب وبر بر ثانیه است.

۵- **قانون لنز**

سوی جریان حاصل از نیروی محرکه‌ی القایی به گونه‌ای است که به‌وسیله‌ی آثار مغناطیسی‌ای که به‌وجود می‌آورد با عامل به‌وجود آورنده خود (تغییر شار) مخالفت می‌کند.

۶- **محاسبه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط و لحظه‌ای**

از ترکیب دو قانون فارادی و لنز، فرمول‌ها از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}$ (نیروی محرکه ی خودالقایی لحظه ای) $\Rightarrow$ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ (نیروی محرکه ی خودالقایی متوسط)

N = تعداد حلقه های پیچه ، $\Delta\varphi$ = تغییر شار برحسب وبر (Wb) ، Δt = زمان تغییر شار برحسب ثانیه (S)

$\bar{\varepsilon}$ = نیروی محرکه ی القایی متوسط در پیچه بر حسب ولت (V) ، $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ = آهنگ تغییر شار در پیچه بر حسب $\left(\frac{wb}{s}\right)$

۷- **نکته:** در مواردی که حرکت باعث تغییر شار می‌شود، قانون لنز مانند نیروی اصطکاک عمل کرده و در مقابل حرکت مقاومت نشان می‌دهد.

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۸- **روش‌های ایجاد تغییر شار در یک مدار**

طبق رابطه‌ی $\varphi = BA\cos\theta$ با تغییر هریک از عوامل میدان مغناطیسی، شدت میدان مساحت حلقه (A)، و زاویه‌ی بین سوی میدان مغناطیسی و نیم‌خط عمود بر صفحه (θ)، شار تغییر نموده و باعث ایجاد نیروی محرکه‌ی القایی در یک مدار بسته‌ی رسانا خواهد شد.

تغییر شار $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \Rightarrow$
- تغییر شار به روش تغییر میدان $\Delta\varphi = A(\Delta B)\cos\alpha$
- تغییر شار به روش تغییر مساحت $\Delta\varphi = (\Delta A)B\cos\alpha$
- تغییر شار به روش تغییر زاویه $\Delta\varphi = AB(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$

۹- **تشریح قانون لنز**

وقتی شار مغناطیسی به هر دلیلی تغییر کند، نیروی محرکه‌ی القایی و به دنبال آن جریان الکتریکی القایی تولید می‌شود. جریان الکتریکی القا شده، در اطراف مدار، میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آورد که آن را میدان مغناطیسی القایی نامیده و با B_L نشان می‌دهیم.

طبق قانون لنز، نیروی محرکه‌ی القایی با آثاری که از خود به‌وجود می‌آورد، با تغییرات شار مخالفت می‌کند. به این ترتیب که اگر شار افزایش یابد با ایجاد میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی، با افزایش شار مخالفت می‌کند و اگر شار کاهش یابد با ایجاد میدان القایی در جهت میدان اصلی، با کاهش شار مخالفت خواهد کرد.

میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی $\Rightarrow$ شار افزایش می یابد $\Rightarrow$
- قطب آهن ربا به سیم پیچ نزدیک شود
- مساحت حلقه افزایش یابد
- شدت جریان در مدار دارای مولد افزایش یابد

میدان القایی در جهت میدان اصلی $\Rightarrow$ شار کاهش می یابد $\Rightarrow$
- قطب آهن ربا از سیم پیچ دور می شود
- مساحت حلقه کاهش می یابد
- شدت جریان در مدار دارای مولد کاهش می یابد

۱۰- **حرکت سیم رسانا در میدان**

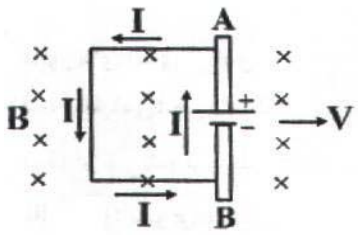
وقتی میله‌ای رسانا به‌طول l در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت B با سرعت V و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی به حرکت درآید، نیروی محرکه‌ای در دو سر آن القا خواهد شد.

$$\varepsilon = LVB$$

۱۱- **سوی جریان القایی در میله**

اگر چهار انگشت دست راست، سوی حرکت میله (V) و جمع شدن انگشتان به سمت میدان باشد، انگشت شست سوی جریان القایی را نشان خواهد داد.

نکته: در این پدیده، میله به‌عنوان مولد عمل می‌کند که همانند درون یک مولد، جریان از انتهای منفی (پتانسیل کم‌تر) به انتهای مثبت (پتانسیل بیشتر) جریان خواهد یافت.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۲- نیروی محرکه‌ی خود القایی

هرگاه جریان الکتریکی از یک سیم‌پیچ عبور می‌کند در حال تغییر باشد در سیم‌پیچ تغییر شار مغناطیسی رخ می‌دهد که باعث ایجاد نیروی محرکه‌ای در سیم‌پیچ می‌شود که به آن نیروی محرکه‌ی خودالقایی می‌گوییم و از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

تغییرات شدت جریان(آمپر)

$\bar{\varepsilon}_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ← نیروی محرکه ی خودالقایی متوسط(ولت)

ضریب خودالقایی

مدت تغییر جریان(ثانیه)

۱۳- جهت نیروی محرکه‌ی خودالقایی

اگر جریان الکتریکی مدار در حال افزایش باشد، نیروی محرکه‌ی خودالقایی در خلاف جهت نیروی محرکه‌ی اصلی مدار (نیروی محرکه‌ی مولدها) ایجاد می‌شود و اگر جریان الکتریکی مدار، در حال کاهش باشد، نیروی محرکه‌ی خودالقایی هم‌جهت نیروی محرکه‌ی اصلی مدار (نیروی محرکه‌ی مولدها) ایجاد می‌شود.

۱۴- ضریب خودالقایی سیم‌لوله

ضریب خودالقایی سیم‌پیچ (L) کمیتی است که فقط به مشخصات ساختمانی سیم‌لوله بستگی دارد و با تغییرات شدت جریان یا شار مغناطیسی مقدار آن ثابت می‌ماند و بر اساس مشخصات ساختمانی سیم‌لوله (تعداد حلقه، مساحت هر حلقه، طول سیم‌پیچ و جنس هسته) از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

تعداد حلقه ها

$L = k\mu_0 \frac{N^2 A}{l}$ ← ضریب خودالقایی(هانری)

مساحت هر حلقه

طول سیملوله

ضریب مغناطیسی مربوط به هسته ی سیم پیچ (بدون واحد)

$k = 1$ هوا و خلا

$k >> 1$ آهن، نیکل و کبالت

۱۵- انرژی مغناطیسی ذخیره شده در یک سیم‌پیچ

هنگامی که جریان الکتریکی در یک سیم‌پیچ از صفر تا I افزایش می‌یابد، انرژی الکتریکی در سیم‌پیچ به‌صورت انرژی مغناطیسی ذخیره می‌شود که طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

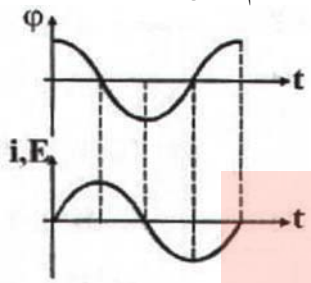
$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow \Delta U = \frac{1}{2}L\left(I_2^2 - I_1^2\right)$ ← انرژی مغناطیسی (ژول)

www.m-ganji-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- **مولد جریان متناوب**

هرگاه سیم‌پیچی را با N حلقه در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با سرعت زاویه‌ای ثابت ω بچرخانیم، شار مغناطیسی که از آن عبور می‌کند به‌طور متناوب تغییر خواهد کرد و در نتیجه نیروی محرکه‌ی القایی و جریان الکتریکی القایی متناوبی در سیم‌پیچ ایجاد می‌گردد که نمودار تغییرات شار و نیروی محرکه و هم‌چنین معادله‌ی آن‌ها به‌صورت زیر می‌باشد.



$$\varphi = BA\cos(\omega t) \Rightarrow \varphi = \varphi_m \cos\omega t \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

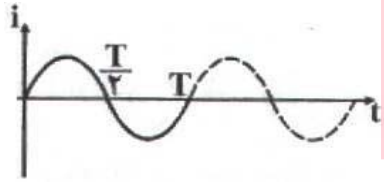
$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt} \Rightarrow \varepsilon = NBA(\omega)\sin(\omega t) \Rightarrow \varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t$$

$$\varepsilon_m = NBA\omega$$

جریان القایی متناوب

طبق رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R}$ در سیم‌پیچ، جریان الکتریکی القا می‌شود که تغییرات آن همانند تغییرات نیروی محرکه‌ی القایی می‌باشد. یعنی وقتی $\varepsilon = 0$ است باید $I = 0$ باشد و وقتی ε ماکزیمم است باید I نیز ماکزیمم باشد.

با دقت به شکل زیر می‌بینید که وقتی شار مغناطیسی عبوری از سیم‌پیچ ماکزیمم است (سطح سیم‌پیچ عمود بر میدان مغناطیسی) نیروی محرکه‌ی القایی و جریان الکتریکی القایی برابر صفر می‌باشد و هنگامی که شار مغناطیسی عبوری برابر صفر است (سطح سیم‌پیچ موازی میدان مغناطیسی) نیروی محرکه‌ی القایی و جریان الکتریکی القایی ماکزیمم می‌شود.



۱۷- **نیروی محرکه القایی در یک پیچه (یا سیم‌لوله)**

اگر در یک پیچه شار مغناطیسی تغییر کند به هر حلقه‌ی آن نیروی محرکه‌ای القا می‌شود. با فرض یکسان بودن حلقه‌ها نیروهای محرکه‌ی القایی نیز یکسان است.

پس نیروی محرکه‌ی القایی کل برابر است با تعداد حلقه‌ها ضرب در نیروی محرکه‌ی القایی هر حلقه.

$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}$$

www.my-dars.ir

۱۸- **یکای خودالقایی (هانری)**

یک هانری ضریب خودالقایی سیم‌لوله‌ای است که اگر جریان آن با آهنگ یک آمپر بر ثانیه تغییر کند، نیروی محرکه‌ی یک ولت در آن القا شود.

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱- حلقه‌ای به مساحت $۵۰\,cm^۲$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد. با فرض این‌که خطهای میدان مغناطیسی $\vec{B}$ عمود بر سطح حلقه باشند، اگر بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت آن به اندازه‌ی $۰/۳\ T$ افزایش یابد، شار مغناطیسی که از سطح حلقه می‌گذرد، چه‌قدر تغییر می‌کند؟

$$A = ۵۰cm^۲ = ۵\times۱۰^{-۴}m^۲$$
$$\theta = ۰$$
$$\Delta B = ۰/۳T$$

$$\begin{cases}\Delta\Phi = (\Delta B)A\cos\theta \\ \Delta\Phi = (۰/۳)\times۵۰\times۱۰^{-۴}\times۱ = ۱/۵\times۱۰^{-۳}wb\end{cases}$$

۲- میدان مغناطیسی عمود بر یک قاب دایره‌ای شکل به قطر ۲۰ سانتی‌متر با زمان تغییر می‌کند و در مدت $۰/۵s$ از $+۰/۲۸$ تسلا به $-۰/۱۲$ تسلا می‌رسد (تغییر علامت نشان می‌دهد که جهت میدان نیز وارون شده است.) نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه را حساب کنید.

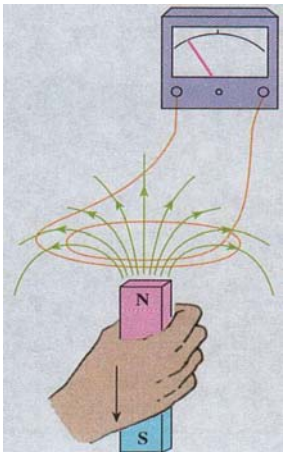
$$N = ۱$$
$$۲R = ۲۰cm \Rightarrow R = ۱۰cm = ۰/۱m$$
$$\Delta t = ۰/۵s$$
$$B_۱ = +۰/۲۸T$$
$$B_۲ = -۰/۱۲T$$
$$\theta = ۰$$
$$A = \pi R^۲ = \pi(۰/۱)$$

$$\begin{cases}|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right| \\ \varphi = AB\cos\theta \\ |\bar{\varepsilon}| = \left|-N\left(\frac{B_۲ - B_۱}{\Delta t}\right)A\cos\theta\right| \\ |\bar{\varepsilon}| = -۱\times\left(\frac{-۰/۱۲ - ۰/۲۸}{۰/۵}\right)\times\pi\times(۰/۱)^۲ = ۸\pi\times۱۰^{-۳}\ \text{ولت}\end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۳- قطب N یک آهنربای میله‌ای را مطابق شکل زیر از پیچه دور می‌کنیم، با استفاده از قانون لنز جهت جریان القایی را در پیچه تعیین کنید.



با توجه به این که آهنربا از پیچه دور می‌شود، آثار مغناطیسی حاصل از جریان القایی، قطب غیرهم‌نام را مجاور آهنربا تشکیل می‌دهد تا با دور شدن آهنربا مخالفت کند. در این‌صورت قسمت پایین پیچه قطب S و بالای پیچه قطب N را تشکیل می‌دهد. پس با توجه به قانون دست راست جریان القایی در پیچه پادساعتگرد است، یعنی جریان از قطب سمت چپ گالوانومتر به قطب سمت راست آن می‌باشد.

۴- دو سیملوله با سطح مقطع و تعداد دور یکسان در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیملوله‌ها دو برابر دیگری باشد، نسبت ضریب خودالقایی آن‌ها را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} L = k\mu_{\circ}\dfrac{N^{۲}A}{l} \\ N_{۱} = N_{۲} \\ A_{۱} = A_{۲} \\ k_{۱} = k_{۲} \end{cases}$$

L ضریب خودالقایی سیم لوله

l طول سیم لوله

$$\Rightarrow \frac{L_{۲}}{L_{۱}} = \frac{l_{۱}}{l_{۲}} = \frac{l_{۱}}{۲l_{۱}} = \frac{۱}{۲}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۵- رابطه‌ای برای انرژی ذخیره شده در یک سیملوله‌ی بدون هسته برحسب ویژگی‌های سیملوله به‌دست آورید.

$$\begin{cases} L = k\mu_{\circ}\dfrac{N^{۲}A}{L} \\ k = ۱ \Rightarrow L = \mu_{\circ}\dfrac{N^{۲}A}{L} \end{cases}$$

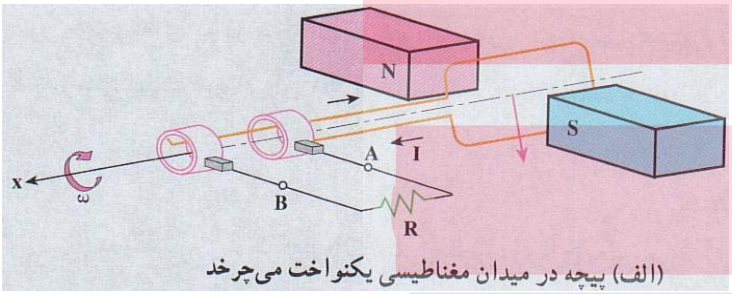
اگر طرفین معادله را در $\mu_{\circ} I$ ضرب کنیم، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} U = \frac{۱}{۲}\mu_{\circ}\dfrac{N^{۲}A}{L}\times I^{۲}\times\left(\dfrac{\mu_{\circ}\times L}{\mu_{\circ}\times L}\right) \\ B^{۲} = \mu_{\circ}^{۲}\dfrac{N^{۲}I^{۲}}{L^{۲}} \end{cases} \Rightarrow U = \frac{۱}{۲}B^{۲}A\left(\frac{L}{\mu_{\circ}}\right)$$

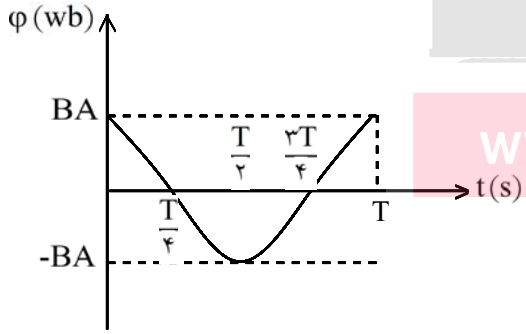
$$\begin{cases} U = \frac{۱}{۲}B^{۲}A\left(\dfrac{L}{\mu_{\circ}}\right) \\ V = AL \text{ حجم سیملوله} \end{cases} \Rightarrow U = \frac{B^{۲}V}{۲\mu_{\circ}}$$

در این رابطه B میدان مغناطیسی و V حجم داخل سیملوله می‌باشد.

۶- نمودار تغییرات شاری که از مدار پیچه در شکل زیر می‌گذرد را بر حسب زمان در طول یک دوره‌ی چرخش پیچه رسم کنید.



(الف) پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد

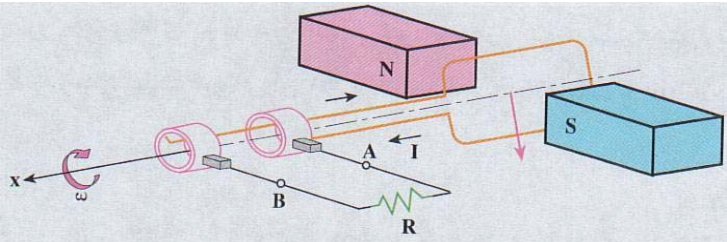


$$\varphi = \varphi_m \cos\omega t$$

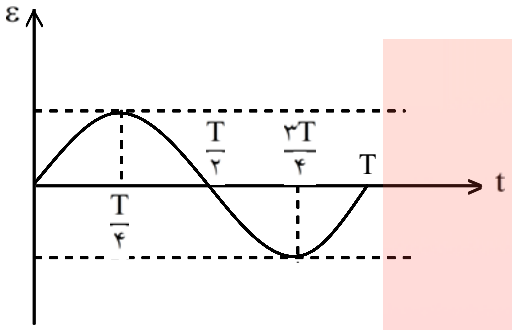
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۷- نمودار تغییرات نیروی محرکه‌ی القا شده در پیچه در شکل زیر را بر حسب زمان و طول یک دوره‌ی چرخش پیچه رسم کنید.

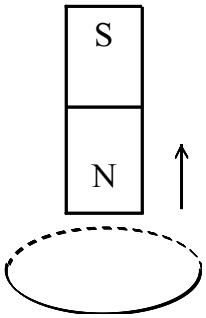


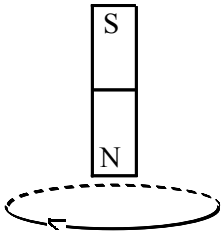
(الف) پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد



$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t$$

۸- قطب شمال یک آهنربا، مطابق شکل زیر از یک حلقه‌ی فلزی دور می‌شود، جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید.





وقتی آهنربا از حلقه دور می‌شود، شار مغناطیسی در حلقه فلزی تغییر می‌کند و در آن نیروی محرکه القایی ایجاد می‌شود که باعث برقراری جریان القایی می‌گردد (قانون فارادی). جهت جریان القایی در جهتی است که آثار مغناطیسی حلقه با دور شدن آهنربا مخالفت می‌کند. هرگاه میدان مغناطیسی حلقه رو به بالا باشد، جهت جریان القایی در حلقه، مطابق شکل مقابل ساعتگرد خواهد بود (از رخ بالا).

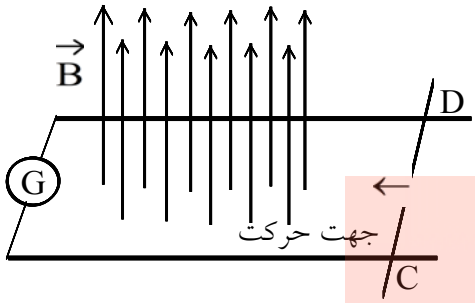
۹- یک آهنربای میله‌ای را به‌طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک زمین رها می‌کنیم. اگر سطح زمین در محل برخورد آهنربا با آن نرم باشد آهنربا در زمین فرو می‌رود. اگر این آزمایش را بار دیگر در وضعیتی تکرار کنیم که آهنربا در حین سقوط از درون حلقه‌های یک پیچه بگذرد، مقدار فرورفتگی آهنربا در زمین چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟ (از اثر مغناطیسی زمین بر روی آهنربا چشم‌پوشی کنید.)

هنگامی که آهنربا را از ارتفاع رها می‌کنیم، زمانی که به پیچه می‌رسد میدان مغناطیسی آهنربا در پیچه، جریان القایی به وجود می‌آورد که آثار آن با حرکت آهنربا به طرف پایین مخالفت می‌کند و هنگام خارج شدن آهنربا نیروی محرکه القایی داخل پیچه با خارج شدن آهنربا به طرف پایین مخالفت می‌کند. در نتیجه نیروی محرکه القایی ایجاد شده در پیچه نیرویی از طرف پایین به بالا به آهنربا وارد می‌کند و سرعت سقوط آهنربا را کاهش می‌دهد و آهنربا به هنگام برخورد با سطح نرم زمین به مقدار کمتری در زمین فرو می‌رود.

www.mrv-cars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

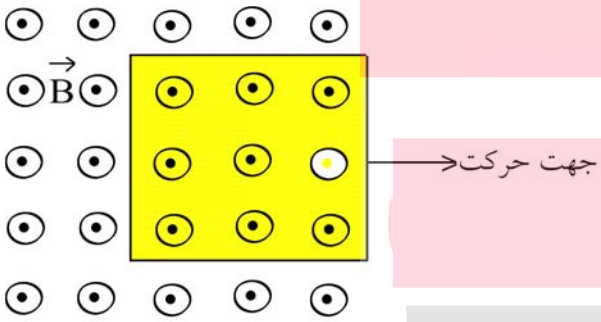
۱۰- دو میله‌ی رسانای موازی در صفحه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارند. این میله‌ها توسط گالوانومتری مطابق شکل زیر به یک‌دیگر بسته شده‌اند. میله‌ی رسانای CD می‌تواند روی دو میله‌ی موازی بلغزد. اگر میله‌ی CD در جهت نشان داده شده در شکل به حرکت درآید جهت القایی در مدار در چه سویی است؟



وقتی میله CD به طرف چپ حرکت می‌کند، خطهای میدان مغناطیسی را قطع می‌کند و سطح قاب رو به کاهش خواهد بود و در نتیجه شار مغناطیسی کاهش می‌یابد در این‌صورت با توجه به قانون لنز جهت جریان القایی در جهتی خواهد بود که آثار مغناطیسی آن با تغییر شار مخالفت می‌کند و میدانی رو به بالا را ایجاد می‌کند. پس جهت جریان القایی از C به D می‌باشد، زیرا میدان مغناطیسی رو به بالا در قاب ایجاد کرده است تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

راه حل دیگر استفاده از قاعده دست راست است، به‌طوری که اگر نوک انگشتان دست راست بردار سرعت و خم چهار انگشت جهت مغناطیسی داخل قاب را نشان دهد، انگشت شست جهت جریان در میله را نشان می‌دهد که از C به D می‌باشد.

۱۱- پیچه‌ی مستطیلی را که در شکل زیر نشان داده شده است به‌طرف راست می‌کشیم و از میدان مغناطیسی برونسو خارج می‌کنیم. جهت جریان القایی در پیچه در چه سویی است؟

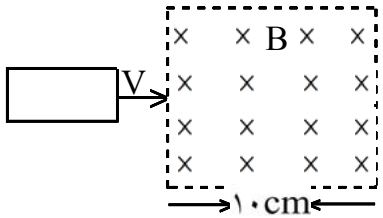


وقتی قاب را به طرف راست می‌کشیم تا از میدان مغناطیسی خارج کنیم، شار مغناطیسی عبوری از سطح قاب رو به کاهش خواهد بود، زیرا تعداد خطهایی که از قاب می‌گذرد رو به کاهش خواهد بود، در این صورت طبق قانون لنز جهت جریان القایی در قاب پاد ساعتگرد است و میدان مغناطیسی برونسو ایجاد می‌کند تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

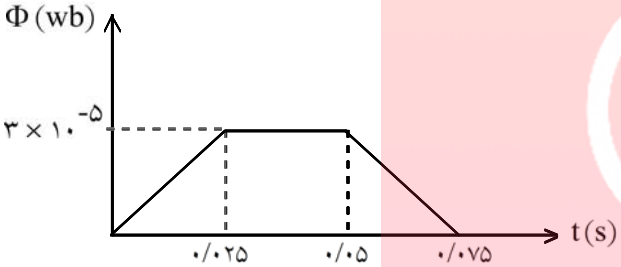
۱۲- حلقه‌ی فلزی مستطیلی شکلی به ابعاد $۳cm \times ۵cm$ مطابق شکل زیر با سرعت ثابت $۲m/s$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $۰/۰۲\ T$ می‌شود و از طرف دیگر آن خارج می‌شود. نمودار تغییرات شاری که از حلقه می‌گذرد و نیروی محرکه‌ی القا شده در آن را بر حسب زمان رسم کنید.



وقتی قاب با سرعت V وارد میدان مغناطیسی می‌شود، در لحظه‌ی اول $\Phi = ۰$ و وقتی به طور کامل وارد میدان می‌شود $\Phi_۲ = BA$ و هنگامی که از طرف دیگر خارج می‌شود شار مغناطیسی کم و به $\Phi_۳ = ۰$ می‌رسد.

$$\Phi_۱ = ۰$$
$$\Phi_۲ = BA\cos\theta$$
$$\Phi_۳ = ۰$$

$$\begin{cases} \Phi_۲ = BA\cos\theta \\ A = ۳\times۵ = ۱۵cm^۲ = ۱۵\times۱۰^{-۴}m^۲ \\ B = ۰/۰۲T \text{ و } \theta = ۰ \Rightarrow \Phi_۲ = ۰/۰۲\times(۱۵\times۱۰^{-۴}) = ۳\times۱۰^{-۵}(wb) \end{cases}$$



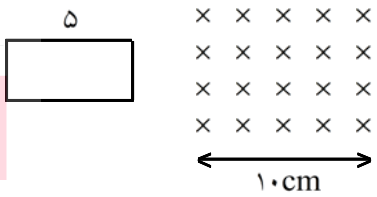
نمودار شار مغناطیسی - زمان

وقتی قاب به‌طور کامل وارد میدان می‌شود، مسافت $۵cm$ را طی می‌کند و این بازه زمانی برابر است با:

$$\begin{cases} x = V.\Delta t \\ x = ۵cm \text{ و } V = ۲m/s \Rightarrow \Delta t = \dfrac{x}{V} = \dfrac{۵\times۱۰^{-۲}}{۲} = ۰/۰۲۵ \end{cases}$$

مدت زمانی که طول می‌کشد تا با سرعت ثابت از میدان مغناطیسی عبور کند، از رابطه زیر به دست می‌آید.

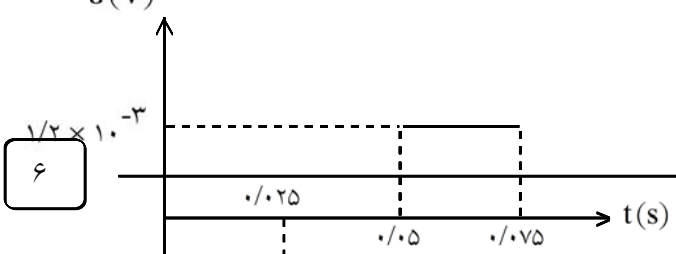
$$\begin{cases} \Delta x = V(\Delta t) \\ x = ۵cm \text{ و } V = ۲m/s \Rightarrow \Delta t = \dfrac{\Delta x}{V} = \dfrac{۵\times۱۰^{-۲}}{۲} = ۰/۰۲۵s \end{cases}$$



www.my-dars.ir

قاب در مدت $۰/۰۲۵$ ثانیه وارد میدان می‌شود و در مدت $۰/۰۲۵$ ثانیه از آن خارج می‌شود و در مدتی که در میدان حرکت می‌کند شار مغناطیسی ثابت و نیروی محرکه برابر صفر خواهد بود.

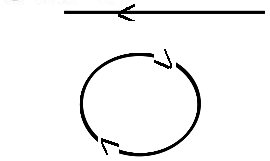
$$\begin{cases} \varepsilon = B.L.V.\sin\alpha \quad \alpha = ۰ \\ \varepsilon = ۰/۰۲\times(۳\times۱۰^{-۲})\times(۲) = ۱/۲\times۱۰^{-۳}V \end{cases}$$



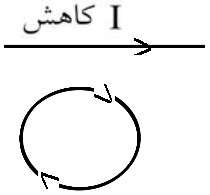
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۳- جهت جریان القایی در هر یک از حلقه‌های دایره‌ای نشان داده شده در شکل زیر در چه سویی است؟

الف) جریان در سیم رو به افزایش است و میدان مغناطیسی اطراف آن در حال قوی شدن است و شاری که از حلقه می‌گذرد در حال افزایش می‌باشد، پس طبق قانون لنز جریان ساعتگرد در حلقه برقرار می‌شود تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند.



ب) جریان در سیم رو به کاهش و میدان مغناطیسی اطراف آن در حال ضعیف شدن است و شاری که از حلقه می‌گذرد در حال کاهش می‌باشد، پس طبق قانون لنز جریان ساعتگرد در حلقه برقرار می‌شود تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.



پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازه‌ی آن ۰/۰۴ T و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۰/۰۱s تغییر کرده و به ۰/۰۴ T در خلاف جهت اولیه می‌رسد.

اگر سطح هر حلقه‌ی پیچه $۵۰cm^{۲}$ باشد، به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۱۴- اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در پیچه را حساب کنید.

$N = ۱۰۰۰$

$\theta = ۰$

$B_{۱} = ۰/۰۴T$

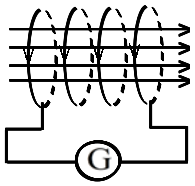
$\Delta t = ۰/۰۱s$

$B_{۲} = -۰/۰۴T$

$A = ۵۰cm^{۲} = ۵۰ \times ۱۰^{-۴} m^{۲}$

$$\begin{cases} |\bar{\varepsilon}| = \left|-N\left(\frac{B_{۲} - B_{۱}}{\Delta t}\right) A\cos\theta\right| \\ |\bar{\varepsilon}| = \left|-۱۰۰۰\left(\frac{-۰/۰۴ - ۰/۰۴}{۰/۰۱}\right) \times (۵۰ \times ۱۰^{-۴})\right| \end{cases} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۴۰V$$

۱۵- جهت جریان القایی را تعیین کنید.

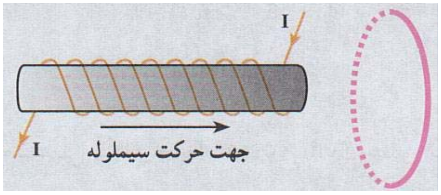


وقتی میدان مغناطیسی از ۰/۰۴T به صفر می‌رسد، جریان القایی در پیچه مطابق شکل در قسمت جلو حلقه رو به پایین از صفر تا I می‌رسد تا آثار مغناطیسی حاصل از آن با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند و وقتی میدان مغناطیسی از صفر تا ۰/۰۴T - می‌رسد، جریان در همان جهت قبلی ادامه خواهد داشت تا آثار مغناطیسی آن با افزایش میدان مغناطیسی در جهت منفی مخالفت کند.

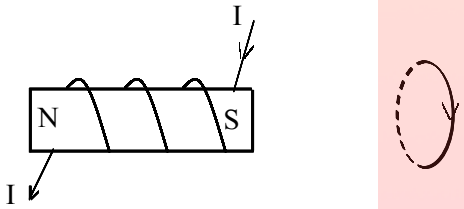
www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۶- در شکل زیر اگر سیملوله را در جهت نشان داده شده در شکل به حلقه نزدیک کنیم جریان القایی در حلقه در چه جهتی است؟



سیملوله حامل جریان است و طبق قانون دست راست طرف راست آن قطب S و طرف چپ آن قطب N است. وقتی سیملوله با سرعت V به طرف حلقه می‌رود، شار مغناطیسی در حلقه تغییر می‌کند و در مدار نیروی محرکه القایی و جریان القایی برقرار می‌شود. جهت جریان القایی در حلقه طبق قانون لنز در جهتی است که آثار مغناطیسی آن با نزدیک شدن سیملوله مخالفت می‌کند. پس در طرف چپ حلقه قطب S و در طرف راست قطب N تشکیل می‌شود تا با نزدیک شدن قطب S سیملوله مخالفت کند. حال با مشخص بودن قطب S و N می‌توان با استفاده از قاعده دست راست جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کرد مطابق شکل می‌باشد.



۱۷- پیچه‌ای با سطح مقطع $۳۰cm^{۲}$ دارای ۱۰۰۰ حلقه است و در ابتدا بر میدان مغناطیسی زمین عمود است. اگر در مدت ۰/۰۲s پیچه بچرخد و موازی میدان مغناطیسی زمین قرار بگیرد، نیروی محرکه‌ی متوسط القایی در آن چه‌قدر است؟ (اندازه‌ی میدان زمین را ۰/۵G در نظر بگیرید.)

$$A = ۳۰cm^{۲} = ۳۰ \times ۱۰^{-۴} m^{۲}$$
$$N = ۱۰۰۰$$
$$\theta_{۱} = ۰$$
$$\theta_{۲} = \frac{\pi}{۲}$$
$$B = ۰/۵G = ۰/۵ \times ۱۰^{-۴} T$$

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon} = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\dfrac{BA(\cos\theta_{۲} - \cos\theta_{۱})}{\Delta t} \\ \Delta t = ۰/۰۲s \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -۱۰۰۰ \times \dfrac{۰/۵ \times ۱۰^{-۴} \times (۳۰ \times ۱۰^{-۴})(۰ - ۱)}{۰/۰۲} = \bar{\varepsilon} = ۷/۵ \times ۱۰^{-۳} V \end{cases}$$

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۱۸- اگر شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ای مطابق رابطه‌ی زیر (درSI) تغییر کند:

$$\Phi_B = (۴t^۲ + ۳t - ۱) \times ۱۰^{-۳}$$

بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در لحظه‌ی $t = ۲s$ چه‌قدر است؟

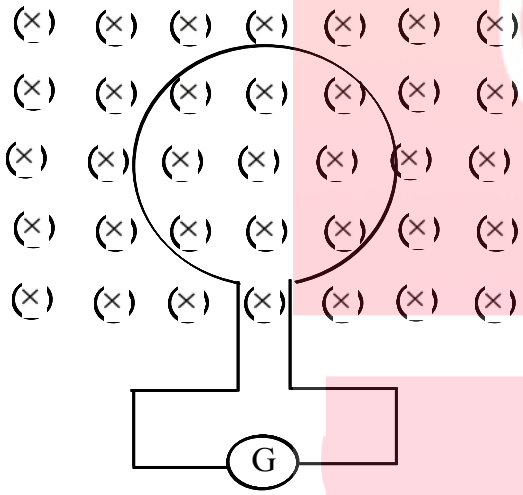
مشتق شار مغناطیسی نسبت به زمان برابر نیروی محرکه القایی لحظه‌ای است، پس:

$$\begin{cases} \varepsilon = \dfrac{d\varphi}{dt} \\ \varphi_B = (۴t^۲ + ۳t - ۱) \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow \dfrac{d\varphi}{dt} = (۸t + ۳) \times ۱۰^{-۳} \end{cases}$$

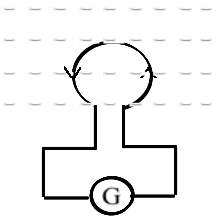
$$\begin{cases} \varepsilon = (۸t + ۳) \times ۱۰^{-۳} \\ t = ۲s \Rightarrow \varepsilon = (۸ \times ۲ + ۳) \times ۱۰^{-۳} = ۱/۹ \times ۱۰^{-۲} V \end{cases}$$

نیروی محرکه در لحظه $t = ۲s$ برابر $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ ولت می‌باشد.

۱۹- حلقه‌ای مطابق شکل زیر درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر اندازه‌ی میدان افزایش یابد، جهت جریان القایی را روی حلقه مشخص کنید.



میدان مغناطیسی درون‌سو و حلقه عمود بر میدان مغناطیسی است. هرگاه میدان مغناطیسی درون‌سو افزایش یابد، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد و در مدار جریان القایی برقرار می‌شود که آثار مغناطیسی آن با افزایش میدان مغناطیسی مخالفت می‌کند، در این‌صورت جریان القایی پادساعتگرد می‌باشد.



www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

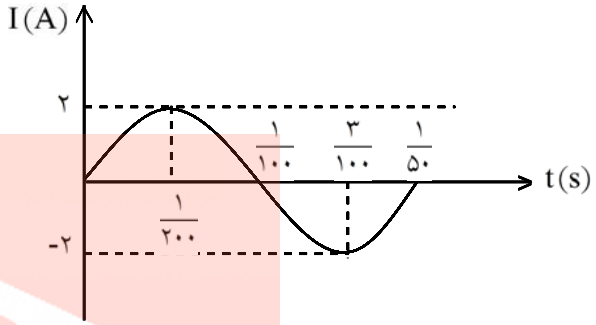
جریان متناوبی که بیشینه‌ی آن $۲A$ و دوره‌ی آن $۰/۰۲s$ است از یک رسانای ۵ اهمی می‌گذرد. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۲۰- در چه لحظه‌هایی شدت جریان بیشینه خواهد بود. در این لحظه‌ها نیروی محرکه‌ی القایی چه‌قدر است؟

ابتدا زمان تناوب را به‌دست می‌آوریم تا بتوانیم نمودار جریان - زمان را رسم کنیم.

$$\begin{cases} I_m = ۲A \\ T = ۰/۰۲s \\ R = ۵\Omega \end{cases} \quad \begin{cases} \omega = \frac{۲\pi}{T} \\ T = ۰/۰۲s \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{۰/۰۲} = ۱۰۰\pi \text{ rad/s} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I = I_m \, Sin\omega t \\ I_m = ۲A \Rightarrow I = ۲Sin۱۰۰\pi t \end{cases}$$



با توجه به نمودار و معادله شدت جریان - زمان در لحظه‌های $\frac{۱}{۲۰۰}$ و $\frac{۳}{۲۰۰}$ شدت جریان ماکزیمم است، یعنی در لحظه $\frac{۱}{۲۰۰}$ برابر $(+۲A)$ و در لحظه $\frac{۳}{۲۰۰}$ $(-۲A)$ می‌باشد. در این مدار نیروی محرکه القایی با شدت جریان الکتریکی هم فاز است و در لحظه‌هایی که شدت جریان ماکزیمم است، نیروی محرکه‌ی القایی نیز ماکزیمم است. در روش دیگر می‌توان گفت وقتی $Sin۱۰۰\pi t$ برابر (± ۱) گردد، شدت جریان و نیروی محرکه‌ی القایی ماکزیمم است.

$$\begin{cases} Sin۱۰۰\pi t = \pm ۱ \\ Sin\frac{\pi}{۲} = ۱ \Rightarrow ۱۰۰\pi t = \frac{\pi}{۲} \Rightarrow t = \frac{۱}{۲۰۰}s \\ Sin\frac{۳\pi}{۲} = -۱ \Rightarrow ۱۰۰\pi t = \frac{۳\pi}{۲} \Rightarrow t = \frac{۳}{۲۰۰}s \end{cases}$$

۲۱- در لحظه‌ی $t = \frac{۱}{۴۰۰}\ s$ ، شدت جریان چه‌قدر است؟

برای به دست آوردن شدت جریان در لحظه $t = \frac{۱}{۴۰۰}s$ مقدار آن را در معادله شدت جریان - زمان قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} I = ۲Sin۱۰۰\pi t \\ t = \frac{۱}{۴۰۰}s \Rightarrow I = ۲Sin\ ۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۴۰۰} \end{cases}$$

$$I = ۲Sin\frac{\pi}{۴} \Rightarrow I = ۲ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = \sqrt{۲}A$$

www.my-dars.ir

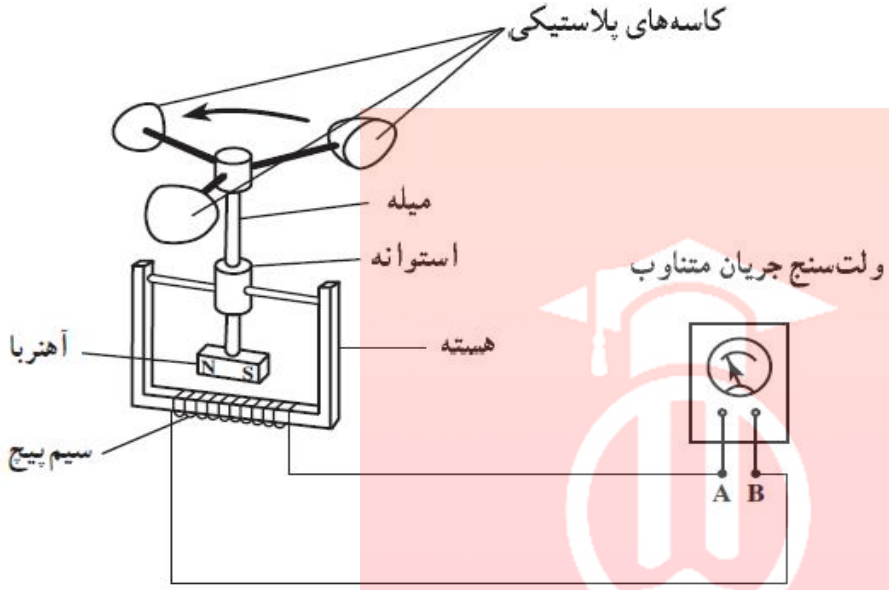
مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com

۲۲- شکل زیر، ساختمان یک بادسنج را نشان می‌دهد. اگر این بادسنج را روی بام خانه نصب کنیم، به هنگام وزیدن باد، میله‌ی آن می‌چرخد و ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد.

الف) چرا چرخش میله سبب انحراف عقربه‌ی ولت‌سنج می‌شود؟

ب) آیا با افزایش سرعت باد، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ چرا؟

پ) برای بهبود و افزایش دقت کار دستگاه، دو پیشنهاد ارائه دهید.



الف) طبق قانون لنز، با چرخش آهن‌ربا، میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ تغییر می‌کند و سیم‌پیچ با ایجاد جریانی (اختلاف پتانسیل القایی) با آن مخالفت می‌کند.

ب) بله، هرچه سرعت چرخش آهن‌ربا بیش‌تر شود، تغییرات میدان به زمان بیش‌تر می‌شود. $\varepsilon = \frac{-d\varphi}{dt}$

پ) استفاده از آهن‌ربای قوی‌تر و خم کردن سر هسته‌ی آهنی به سمت آهن‌ربا.

www.my-dars.ir

مشاور و برنامه ریز کنکور
محمد گنجی
مدرس و مولف کتب فیزیک
www.m-ganji.com