



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

۱- مولد

وقتی دو مخزن غیر هم ارتفاع را به هم ربط می دهیم، آب از مخزن بالایی به مخزن پایینی می رود. 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 انرژی اش را آزاد می کند و می توان از آن استفاده کرد. زمان بالا رفتن نیز آب از پمپ انرژی می گیرد.

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

۲- نیروی محرکه ی مولد

مولدها با روش های مختلفی مانند یک واکنش شیمیایی بین دو پایانه (اتصال) خود اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می کنند (به بار انرژی می دهند).

مقدار اختلاف پتانسیل دو سر مولد بر حسب توان خروجی آن (مصرف کننده) می تواند متغیر باشد.

بیشترین اختلاف پتانسیلی که مولد می تواند ایجاد کند نیروی محرکه مولد نام دارد و با یکای ولت اندازه گیری می شود.

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 رابطه ی زیر به دست می آید:

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

در این رابطه q بر حسب کولن و t بر حسب ثانیه می باشد. در این صورت I بر حسب آمپر به دست می آید.

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

۴- مقاومت الکتریکی

وقتی در دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیل ایجاد می شود، بارها در آن شارش می کنند. بارها در مسیر خود با برخورد به ذرات در حال نوسان برخورد کرده، انرژی خود را از دست می دهند. این انرژی به انرژی درونی تبدیل می شود. در این حالت اصطلاحاً می گویند 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 می شود نوسان های ذرات آن افزایش می یابد. این مسئله سبب افزایش مقاومت الکتریکی آن می شود.



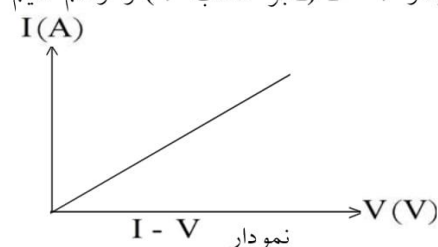
جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

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 $I - V$ (بر حسب V) را رسم کنیم شیب خط حاصل با $\frac{1}{R}$ برابر است.



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

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^2)

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

$$W = RI^2 t$$

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:

$$W = RI^2 t = RI \cdot I \cdot t = VI t$$

$$W = RI^2 t = \frac{R^2 I^2}{R} t = \frac{(RI)^2}{R} t = \frac{V^2}{R} t$$

$$W = RI^2 t = RI \cdot It = V \cdot q$$



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

۷- توان الکتریکی مصرفی در رسانا

به آهنگ مصرف انرژی الکتریکی در رسانا توان الکتریکی گفته می شود.
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:

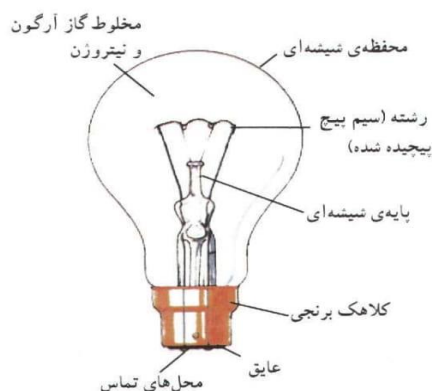
$$P = RI^2$$

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

$$P = VI$$

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

اگر یکی دیگر کمیت ها استاندارد انتخاب شده باشد، یکی 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 می شود و دمای آن را تا حدود $3000^{\circ}C$ بالا می برد. در این دما رشته‌ی درون لامپ بخشی از انرژی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می کند.

۹- توان اسمی

روی هر وسیله‌ی برقی ۲ عدد نوشته می شود که یکی از آن ها اختلاف پتانسیل مناسب کار دستگاه است که به آن ولتاژ اسمی می گویند.

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

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

توان بیش تر یا کم تر برای دستگاه ممکن است زیان بار باشد.



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

۱۰- بهای انرژی الکتریکی مصرفی

شمارگر (کتور) 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:

$$W = Pt$$

معمولاً 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 $\times$ هزینه‌ی هر کیلووات‌ساعت = هزینه‌ی مصرفی کل

تعریف ظرفیت خازن

-۱۱

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.

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

ظرفیت خازن مسطح

-۱۲

ظرفیت خازن به تغییرات بار الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد و ظرفیت خازن مسطح از رابطه‌ی $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$ 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:

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

قرار دادن صفحه‌ی رسانا بین صفحه‌های خازن

-۱۳

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:

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

خازن متصل به مولد

-۱۴

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.

خازن پرشده‌ی جدا از مولد

-۱۵

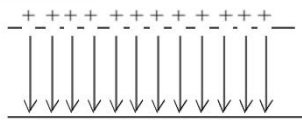
اگر یک خازن پرشده از مولد جدا شود، یا تغییر مشخصات ساختمانی آن بار الکتریکی خازن تغییر نمی‌کند.



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

-۱۶

میدان الکتریکی یکنواخت خازن



هرگاه دو صفحه ی مسطح، موازی هم قرار داشته باشند و دو صفحه دارای بارهای هم اندازه و ناهم نام باشند، بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت بوجود می آید که سوی آن از صفحه ی مثبت به طرف صفحه ی منفی است.

-۱۷

محاسبه ی میدان یکنواخت خازن

برای خازن مسطحی که فاصله ی دو صفحه ی آن برابر d و اختلاف پتانسیل دو صفحه برابر V است، اندازه ی میدان الکتریکی از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow \text{میدان الکتریکی یکنواخت (ولت بر متر یا نیوتن بر کولن)}$$

-۱۸

نیروی وارد بر بار الکتریکی در بین صفحه ی خازن

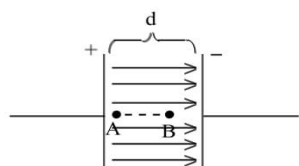
از طرف میدان الکتریکی خازن به بار الکتریکی مثبت نیرویی در جهت میدان (از صفحه دارای بار مثبت به طرف صفحه دارای بار منفی) و به بار منفی نیرویی در خلاف جهت میدان وارد می شود.

$$F = qE \Rightarrow F = q \frac{V}{d}$$

-۱۹

رابطه ی میدان الکتریکی یکنواخت و اختلاف پتانسیل الکتریکی

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



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

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

-۲۰

انرژی ذخیره شده در خازن

وقتی خازنی را با ولتاژ معین پر می کنیم انرژی الکتریکی توسط خازن ذخیره می شود. انرژی ذخیره شده بین دو صفحه ی یک خازن طبق رابطه های زیر قابل محاسبه است:

$$U = \frac{1}{2} q V$$

کولن ژول ولت

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

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

ولت میکروکولن میکروژول



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسته جاری

-۲۱

تغییر مشخصات یک خازن پر شده

هر گاه مشخصات ساختمانی یک خازن پر شده را تغییر می‌دهیم، طبق رابطه ی $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$ می‌توان نحوه ی 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 $U = \frac{1}{2}qV$ تعیین کنید.

-۲۲

به هم بستن خازن‌ها

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

-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.





جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

اثر کلید در مدارهای خازنی (۲)

-۲۵

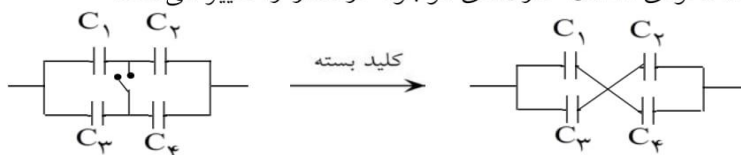
گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را به طور موازی اضافه می کند. در این حالت با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر به دو سر خازنی که در مدار است وصل می گردد.



اثر کلید در مدارهای خازنی (۳)

-۲۶

گاهی بسته شدن یک کلید، نحوه ی اتصال خازن های موجود در مدار را تغییر می دهد.



نیروی محرکه ی مولد

-۲۷

انرژی الکتریکی منتقل شده (ژول) $\rightarrow \varepsilon = \frac{U}{q}$ ← نیروی محرکه ی مولد (ولت)
بار الکتریکی جابه جا شده (کولن) $\rightarrow$

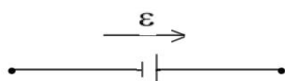
انرژی الکتریکی منتقل شده به بار از طرف مولد (کار انجام شده توسط مولد)

$$\leftarrow U = \varepsilon q \Rightarrow U = \varepsilon It$$

جهت نیروی محرکه ی الکتریکی

-۲۸

می توان برای نیروی محرکه ی مولد، جهتی را از قطب منفی به طرف قطب مثبت تعریف نمود که در واقع همان جهتی است که مولد می خواهد جریان الکتریکی را در مدار برقرار کند.



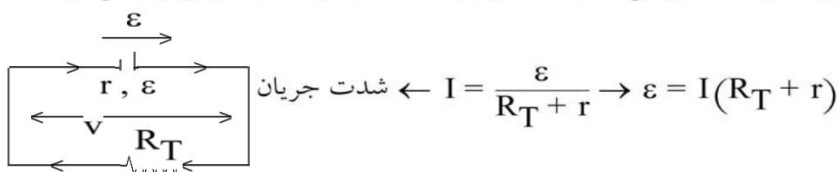


جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

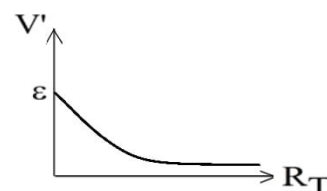
-۲۹

مدار تک حلقه

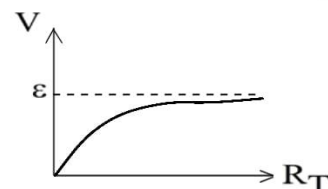
در یک مدار تک حلقه با یک مولد همواره جریان الکتریکی در جهت نیروی محرکه ی مولد در مدار برقرار می شود.



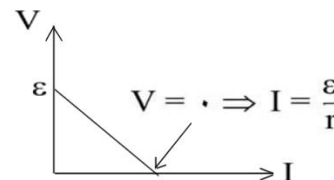
افت پتانسیل در داخل مولد $\leftarrow V' = rI \rightarrow V' = r \left(\frac{\varepsilon}{R_T + r} \right)$



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 رابطه ی $V = \varepsilon - rI$ محاسبه می شود با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت خارجی مدار ($V = R_T I$) برابر است.

-۳۱

بیشینه ی جریان تولیدی توسط مولد

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

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

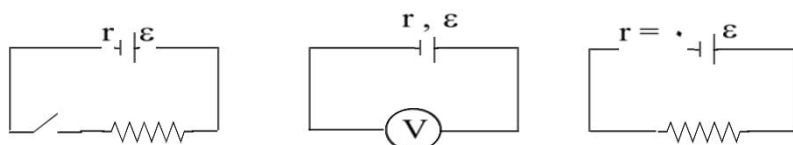


جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

-۳۲

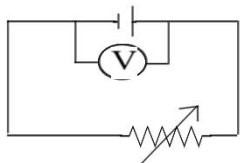
پیشینه ی اختلاف پتانسیل دو سر مولد

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



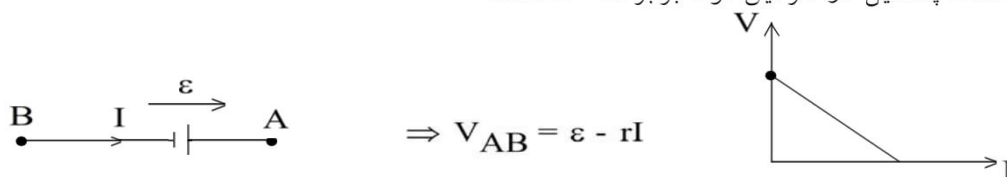
$$\Rightarrow \begin{cases} R = \infty \Rightarrow I = 0 \Rightarrow rI = 0 \Rightarrow V = \varepsilon \\ r = 0 \Rightarrow rI = 0 \Rightarrow V = \varepsilon \end{cases}$$

۳۳- نکته : وقتی مقاومت الکتریکی مدار تغییر می کند و نحوه ی تغییر اختلاف پتانسیل دو سر مولد را بخواهیم، مناسب تر است که از رابطه ی $V = \varepsilon - Ir$ استفاده می کنیم.

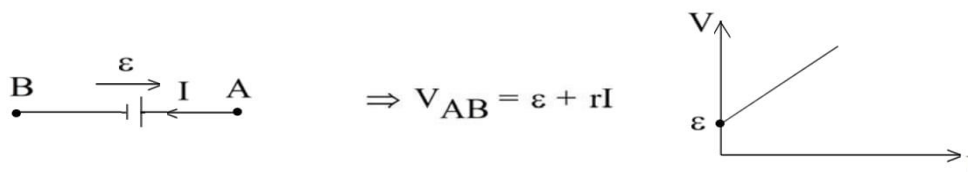


$$R \uparrow \Rightarrow \begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R + r}, R \uparrow \Rightarrow I \downarrow \\ V = \varepsilon - rI, I \downarrow \Rightarrow rI \downarrow \Rightarrow V \uparrow \end{cases}$$

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



۳۵- نکته : اگر از یک مولد جریان الکتریکی در خلاف جهت نیروی محرکه ی 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.



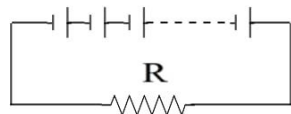


جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتروسیته جاری

-۳۶

مدار تک حلقه با چند مولد مشابه

اگر در یک مدار تک حلقه چند مولد مشابه که نیروی محرکه ی تمام آن ها هم جهت است قرار داشته باشد، می توان فرض کرد که نیروی محرکه کل این مدار برابر $n\varepsilon$ و مقاومت درونی آن ها برابر nr می باشد.



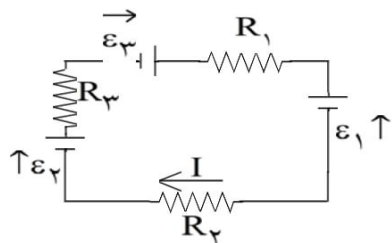
$$\begin{aligned} \varepsilon_T &= n\varepsilon \\ r_T &= nr \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_T}{R + r_T} \Rightarrow I = \frac{n\varepsilon}{R + nr} \end{aligned}$$

-۳۷

مدار تک حلقه با چند مولد متفاوت

در مداری تک حلقه با چند مولد متفاوت که نیروی محرکه هایی در جهت های مخالف دارند، برای مدار جریان الکتریکی در یک جهت دلخواه در نظر بگیرید و سپس نیروی محرکه ی مولدهایی که در جهت جریان الکتریکی هستند با علامت مثبت و آن هایی که در خلاف جهت جریان الکتریکی می باشند را با علامت منفی در رابطه ی زیر بکار ببرند.

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



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

اگر در رابطه ی 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 می باشد.

-۳۸

تغییر پتانسیل در عبور از یک مقاومت

اگر از یک مقاومت الکتریکی در جهت جریان الکتریکی عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه RI کاهش می یابد 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 رابطه ی $U = \varepsilon It$ یا $U = \varepsilon q$ قابل محاسبه است که قسمتی از این انرژی در مقاومت درونی خود مولد به گرما تبدیل می شود.

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

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

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



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

-۴۰

بیشینه ی 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 می کند که به ازای I و R معینی، توان خروجی مولد به بیشترین مقدار می رسد.

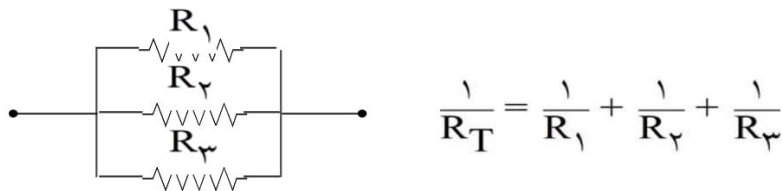
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \rightarrow R = r \quad \text{مقاومت خارجی مدار وقتی توان مفید بیشینه است.}$$

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

به هم بستن مقاومت ها

-۴۱

مقاومت معادل موازی

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.

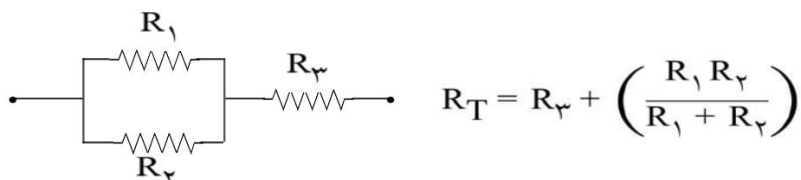
$$R_T = \frac{R}{n}$$

مقاومت معادل سری

حالت خاص: n مقاومت مشابه متوالی شوند.

$$R_T = nR$$

مثال :





جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

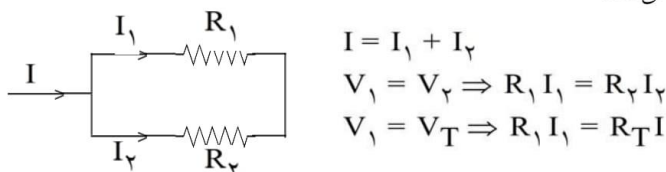
جریان و اختلاف پتانسیل در مقاومت های موازی و متوالی

-۴۲

موازی

۱- اختلاف پتانسیل مقاومت های موازی با یکدیگر برابر است.

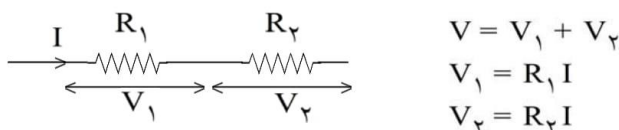
۲- شدت جریان الکتریکی بین مقاومت های موازی متناسب با عکس مقاومت تقسیم می شود در نتیجه از شاخه ی با مقاومت کوچک تر شدت جریان بیشتری عبور می کند.

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

متوالی

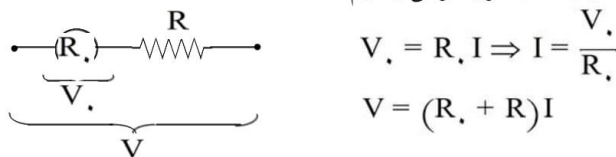
۱- شدت جریان در مقاومت های متوالی با یکدیگر برابر است.

۲- اختلاف پتانسیل بین مقاومت های متوالی متناسب با اندازه مقاومت تقسیم می شود در نتیجه در دو سر مقاومت کوچک تر، اختلاف پتانسیل کمتری ایجاد می شود.

در شکل بالا، اگر $R_1 = 3R_2$ باشد در این صورت $V_1 = 3V_2$ خواهد بود (تقسیم ولتاژ متناسب با اندازه مقاومت ها)

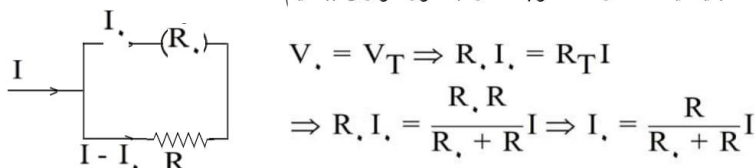
افزایش حدود اندازه گیری ولت سنج

-۴۳

برای تبدیل یک ولت سنج به مقاومت درونی R_s که حداکثر ولتاژ V_s را اندازه گیری می کنند. به ولت سنجی که ولتاژ بالاتری را اندازه گیری کند باید یک مقاومت بزرگ را با آن به طور متوالی ببندیم.

افزایش حدود اندازه گیری آمپرسنج

-۴۴

برای تبدیل یک آمپرسنج به مقاومت درونی R_s که حداکثر شدت جریان I_s را اندازه گیری می کند. به آمپرسنجی که شدت جریان بالاتری را اندازه گیری کند باید یک مقاومت کوچک را به طور موازی ببندیم.

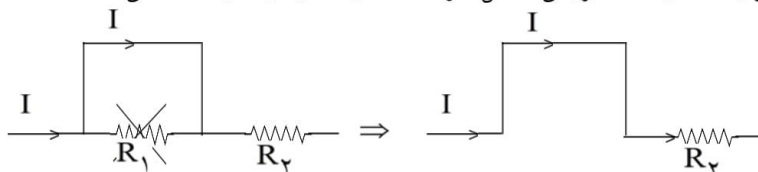


جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسته جاری

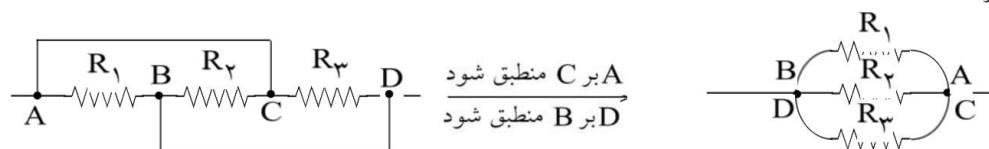
کاربرد سیم اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی

-۴۵

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



۴۶- نکته : یک سیم بدون مقاومت الکتریکی که دو نقطه از مداری را به یکدیگر وصل می کند باعث می شود که پتانسیل الکتریکی آن دو نقطه با یکدیگر برابر شود. لذا با قرار دادن دو نقطه بر یک دیگر می توان شکل ساده تری از مدار را به دست آورد.



انرژی الکتریکی مصرفی در مجموعه ی مقاومت ها

-۴۷

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

$$\begin{array}{c} R_1 \quad R_2 = rR_1 \\ \longrightarrow \end{array} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = R_1 I^2 \\ P_2 = R_2 I^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} = r$$

$$\begin{array}{c} R_1 \\ \text{---} V \text{---} \\ R_2 = rR_1 \end{array} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = \frac{V^2}{R_1} \\ P_2 = \frac{V^2}{R_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{r}$$

$$\begin{array}{c} R_1 = 2\Omega \quad R_2 = 4\Omega \quad R_3 = 18\Omega \\ \longrightarrow \end{array} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = R_1 I_1^2 = 2(2I)^2 = 8I^2 \\ P_2 = R_2 I_2^2 = 4(I)^2 = 4I^2 \\ P_3 = R_3 I_3^2 = 18I^2 \end{cases} \Rightarrow P_3 < P_1 < P_2$$

$$V_2 = V_3 \Rightarrow I_2 R_2 = I_3 R_3 \Rightarrow I_2 \times 4 = I_3 \times 18 \Rightarrow I_2 = 4.5 I_3$$



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

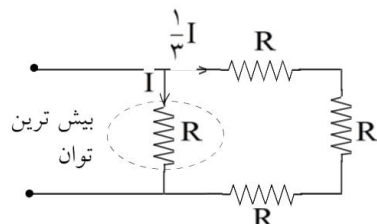
-۴۸

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.

$$P' = RI'^2 = R \left(\frac{I}{3} \right)^2 = \frac{1}{3} RI^2 \Rightarrow P' = RI'^2 = R \left(\frac{I}{3} \right)^2 = \frac{1}{3} RI^2$$

$$P_T = P + P'$$



-۴۹

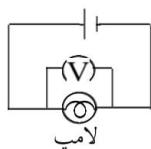
مصرف‌کننده‌های الکتریکی (لامپ‌ها)

روی هر مصرف‌کننده‌ی 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 مصرف‌کننده قابل محاسبه است.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow P_S = \frac{V_S^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V_S^2}{P_S}$$

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^2 کم‌تر از P_S خواهد بود.



$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_S}{P} = \left(\frac{V}{V_S} \right)^2$$



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

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 (V_S ولتاژ دو سر هر لامپ برابر V_S بوده و هر لامپ توان اسمی P_S را مصرف می‌کند. در نتیجه:

$$P_T = P_{1S} + P_{2S} + P_{3S} + \dots$$

توان مصرفی کل لامپ‌های 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 محاسبه ی مقاومت کل مدار، توان الکتریکی کل لامپ‌ها قابل محاسبه است.

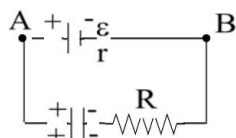
$$P_T = \frac{V_T^2}{R_T} = \frac{V_T^2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{V_T^2}{\frac{V_S^2}{P_1} + \frac{V_S^2}{P_2} + \frac{V_S^2}{P_3}}$$

۵۴-

اتصال مقاومت و خازن در مدار

الف) خازن در شاخه ی اصلی باشد

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



$$q = CV \quad (\text{خازن } V = \varepsilon)$$

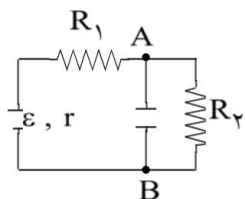
در این شکل پس از پر شدن خازن، جریان مدار صفر می‌شود. چون جریانی از مقاومت عبور نمی‌کند، عملاً مقاومت در مدار بی‌تأثیر است. در نتیجه ولتاژ خازن با ولتاژ دو سر مولد برابر است.

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.



$$q = CV \quad (\text{خازن } V = IR_2)$$



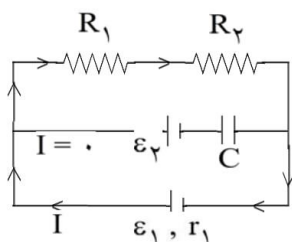
جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسته جاری

-۵۶

اتصال مقاومت و خازن در مدار

(پ) خازن در شاخه ی اصلی نباشد و با هیچ جزییی نیز موازی نباشد

در این حالت ولتاژ دو سر خازن را V_C فرض می کنیم و با حرکت روی حلقه ای از مدار که شامل خازن نیز می شود، تغییر اختلاف پتانسیل های حلقه را می نویسیم. در شکل زیر در شاخه ای که خازن است، شدت جریان برابر صفر می باشد.



$$I = \frac{\epsilon_1}{(R_1 + R_2) + r_1}$$

$$-IR_1 - IR_2 - V_C + E_1 = 0 \Rightarrow V_C = ?$$

-۵۷

قانون های کیرشهف

قانون شدت جریان ها: مجموع جریان های که به هر گره (یعنی نقطه ای که اجزای مدار در آن نقطه به هم متصل شده اند) می رسند برابر مجموع جریان هایی است که از آن نقطه خارج می شوند.

خروجی $I = I$ ورودی

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

$$\sum V = 0$$

-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 می کنیم و قانون شدت جریان ها را برای هر گره می نویسیم.

ب) قانون اختلاف پتانسیل را برای هر حلقه (مسیر بسته) می نویسیم و با داشتن n معادله، جریان های هر شاخه را به دست می آوریم.

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

-۵۹- فروشکست

اگر بار الکتریکی خازن از مقدار معینی بیش تر شود، یک میدان الکتریکی بسیار قوی بین دو صفحه ایجاد می شود. این میدان الکتریکی باعث می شود که دی الکتریک بین دو صفحه به طور موقت رسنا شود. در اثر این پدیده خازن تخلیه می شود. این پدیده را فروشکست دی الکتریک می نامند. پدیده ی فروشکست باعث تغییر ماهیت یا سوراخ شدن دی الکتریک و سوختن خازن می شود.



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

۶۰- عوامل موثر در مقاومت رسانای فلزی

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

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

رابطه ی زیر بستگی مقاومت را به سه عامل مذکور بیان می کند.

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

۶۱- اثر دما بر مقاومت رساناهای فلزی

در رساناهای فلزی افزایش دما سبب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه افزایش مقاومت رسانا می شود. اگر افزایش دما زیاد نباشد مقاومت ویژه ی جسم با رابطه ی زیر به دست می آید.

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

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

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

۶۲- شدت جریان متوسط

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

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

شدت جریان متوسط از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

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

۶۳- جریان مستقیم

اگر در تمام بازه های زمانی شدن جریان متوسط ثابت بماند، جریان را مستقیم می نامیم. در شدت جریان مستقیم شدت جریان لحظه ای و شدت جریان متوسط برابر است. در این صورت رابطه ی شدت جریان به شکل زیر تبدیل می شود.

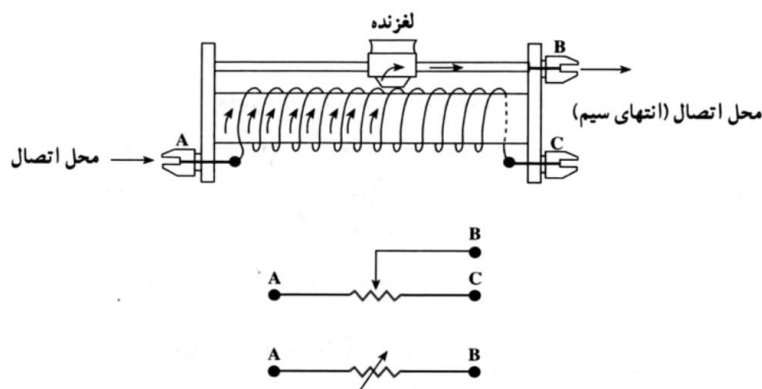
$$I = \frac{q}{t}$$



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

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.



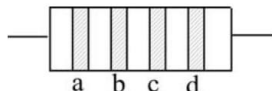
بعضی مواقع برای تولید مقاومت متغیر از جعبه مقاومت استفاده می‌شود.



جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف الکتریسیته جاری

۶۵- کد رنگی مقاومت ها

برای تعیین مقدار مقاومت ساخته به جای نوشتن مقدار مقاومت از ۴ نوار رنگی روی آن استفاده می شود. هر رنگ نماینده ی یک عدد است.



دو نوار اول و دوم از سمت چپ رقم های اول و دوم مقاومت را مشخص می کنند. نوار سوم تعیین کننده ی تعداد صفرهای مقابل این دو رقم است و نوار چهارم نیز درصد خطای مقاومت را مشخص می کند. جدول زیر عددهای مربوط به هر رنگ را مشخص می کند.

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

تذکر: رنگ های خاکستری و سفید در نوار سوم ظاهر نمی شوند.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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.

$$\begin{cases} \Delta q = 60 \text{ ساعت} \\ \Delta t = 10 \text{ ساعت} \\ \bar{I} = \frac{q}{t} \Rightarrow \bar{I} = \frac{60}{10} = 6A \end{cases}$$

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؟

$$\begin{cases} \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho}{\rho} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{\pi r_B^2}{\pi r_A^2} \\ \frac{R_A}{R_B} = 1 \times \frac{2}{1} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \end{cases}$$



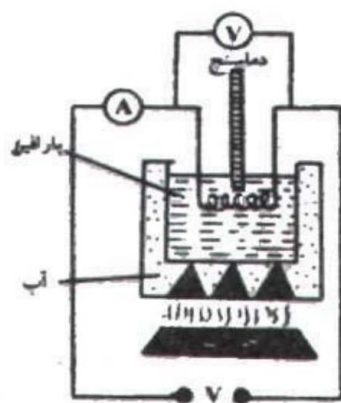
جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

۳- آزمایشی برای اندازه گیری مقاومت ویژه فلز طراحی کنید و توضیح دهید که چگونه می توانید دقت اندازه گیری را افزایش دهید.

در شکل مقابل قطعه ی رسانایی را که می خواهیم مقاومت ویژه ی آن را اندازه گیری کنیم، داخل ظرف حاوی پارافین قرار می دهیم و دو سر آن را به اختلاف پتانسیل V وصل می کنیم و شدت جریان مدار را اندازه گیری می کنیم. سپس با داشتن طول رسانا و سطح مقطع رسانا از رابطه ی $R = \frac{\rho L}{A}$ مقاومت ویژه ی رسانا را در دمای صفر و دمای 20°C درجه سانتی گراد اندازه گیری می کنیم.

$$\begin{cases} V = 12\text{V} \\ I = 0.3 \\ R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{12}{0.3} = 40\Omega \end{cases}$$

مقاومت رسانا 40Ω

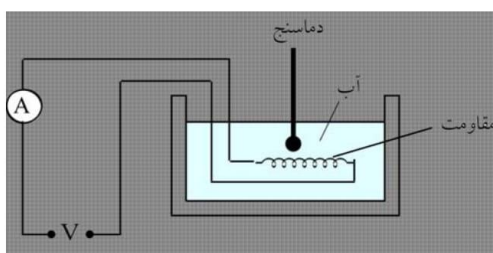


$$\begin{cases} R = \rho \frac{L}{A} \\ A = 0.1\text{ mm}^2 = 10^{-7}\text{ m}^2 \\ L = 4\text{ m} \\ R = 40\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow 40 = \rho \frac{L}{A} = \rho \times \frac{4}{10^{-7}}$$

$$\Rightarrow 4\rho \times 10^7 = 40 \Rightarrow \rho = 10^{-6}\Omega\cdot\text{m}$$

۴- آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوان درستی رابطه ی $U = RI^2 t$ را تحقیق کرد.



در ظرفی مقدار ۴ لیتر آب 20°C درجه سانتی گراد ریخته و یک گرم کن با مقاومت $R = 200\Omega$ را داخل آب قرار می دهیم. اگر تبادل گرمایی با محیط برابر صفر باشد، در مدت ۵ دقیقه آب به جوش می آید. مقدار گرمایی که آب دریافت می کند، تقریباً برابر مقدار انرژی الکتریکی است که مقاومت آزاد می کند. اگر جریان مدار برابر $4/75$ آمپر باشد، می توان نوشت:

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \\ Q = 4 \times 4200 \times 80 = 1/34 \times 10^6\text{ J} \\ U = RI^2 t = 200 \times (4/75)^2 \times 300 = 1/35 \times 10^6\text{ J} \end{cases}$$

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



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

۵- در دو سر یک سیم نیکروم (آلیاژ کروم و نیکل) به طول ۵ متر و سطح مقطع 0.4 میلی مترمربع، اختلاف پتانسیل 200 ولت را برقرار کرده ایم. در هر نیم ساعت چند کیلوژول انرژی الکتریکی در این سیم به انرژی درونی تبدیل می شود؟ مقاومت ویژه ی نیکروم $10^{-6} \Omega m$ است.

$$\begin{cases} R = \rho \frac{L}{A} \\ \rho = 10^{-6} \Omega m \Rightarrow R = 10^{-6} \frac{5}{0.4 \times 10^{-6}} = 12.5 \Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = RI^2 t = \frac{V^2}{R} \times t \\ U = \frac{(200)^2}{12.5} \times (30 \times 60) \Rightarrow U = 576 \times 10^6 J \end{cases}$$

۶- روی یک لامپ الکتریکی رقم های $220V$ و $100W$ ثبت شده است. انرژی الکتریکی مصرفی این لامپ هنگامی که به ولتاژ 220 ولت متصل است، در مدت 10 ساعت چند کیلووات ساعت است؟

$$\begin{cases} P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt \\ P = 100W = 0.1kW \\ t = 10h \Rightarrow U = 0.1 \times 10 = 1kWh \end{cases}$$

۷- روی یک لامپ الکتریکی رقم های $220V$ و $100W$ ثبت شده است. اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل 180 ولت وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت توان مصرفی آن چه قدر می شود؟

$$\begin{cases} P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \times \frac{R_1}{R_2} \\ R_1 = R_2 \Rightarrow \frac{P_2}{100} = \left(\frac{180}{220}\right)^2 \times 1 \Rightarrow P_2 = 67W \end{cases}$$

توان مصرفی لامپ به هنگام کار کردن با اختلاف پتانسیل 180 ولت و با فرض ثابت ماندن مقاومت آن برابر 67 وات خواهد بود.

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

مدار تک حلقه مدار بسته ای است که نیروی محرکه ی پیل ها باعث شارش الکترون ها در مدار می گردد. الکترون های آزاد رسانا در میدان الکتریکی تحت تأثیر میدان الکتریکی شروع به حرکت می کنند. این جریان مانند جریان آب در مسیر بسته ی مدار حرکت می کند و الکترون های آزاد از یک نقطه به نقطه ی دیگر جابه جا می شوند. در این صورت شارش الکترون ها از هر مقطع مدار مقدار ثابتی خواهد بود که این اساس پایستگی بار الکتریکی در مدار بسته می باشد.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسته جاری

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 رابطه ی $V = Ir$ (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 محرکه ی یک باتری اتومبیل ۱۲ ولت و نیروی محرکه ی هر باتری قلمی ۱/۵ ولت است. به نظر شما، اگر ۸ باتری قلمی را به طور متوالی به هم وصل کنیم (یعنی پایانه ی مثبت یکی را به طور پی در پی به پایانه ی منفی دیگری وصل کنیم) تا نیروی محرکه ی 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 وسیله ی 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 وات را با برق ۱۸۰ ولت روشن کنیم. چند عدد از این لامپ‌ها را به طور متوالی به هم ببندیم تا بدون آن‌که بسوزند، توان مصرفی هر کدام همان ۲۶ وات باشد؟

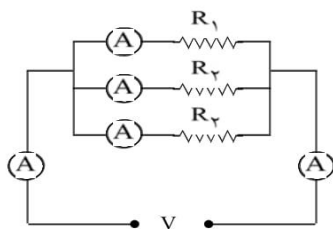
مقاومت لامپ‌ها ثابت و جریانی که از هر لامپ می‌گذرد مقداری ثابت و برابر جریان معادل است، زیرا اتصال لامپ‌ها به صورت متوالی است.

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

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

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

۱۲- آزمایشی طراحی کنید که درستی رابطه ی $I = I_1 + I_2 + I_3$ 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 آمپرترها اعداد ثابتی را نشان می‌دهند که برابر مجموع اعداد نشان داده توسط آمپرترهای ۱ و ۲ و ۳ می‌باشد.



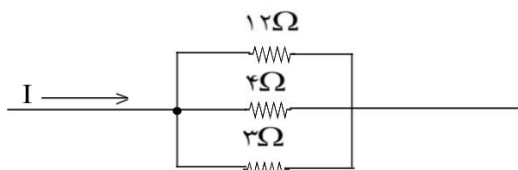
جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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

وقتی دو مقاومت را به صورت موازی به هم اتصال می دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر آنها با هم برابر می شود.

$$\begin{cases} V_1 = V_2 \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \end{cases}$$

۱۴- در شکل زیر قسمتی از یک مدار را مشاهده می کنید. اگر توان مصرفی در مقاومت ۱۲ اهمی ۳ وات باشد، شدت جریان در مقاومت های ۴Ω و ۳Ω و شدت جریان کل چه قدر است؟



ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۱۲ اهمی را به دست می آوریم.

$$\begin{cases} P_1 = \frac{V^2}{R_1} \\ P_1 = 3W \Rightarrow 3 = \frac{V^2}{12} \Rightarrow V = 6V \end{cases}$$

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

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \Rightarrow R_t = 1.5\Omega$$

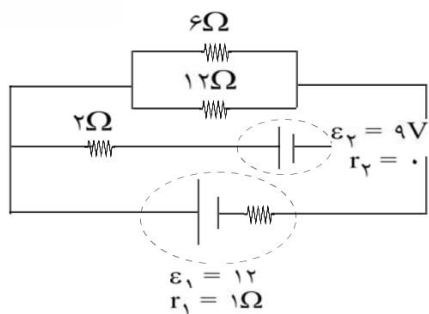
$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{6}{12} = 0.5A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{6}{4} = 1.5A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{6}{3} = 2A$$

$$I_t = \frac{V}{R_t} = \frac{6}{1.5} = 4A \quad \text{و یا} \quad \begin{cases} I_t = I_1 + I_2 + I_3 \\ I_t = 0.5 + 1.5 + 2 = 4A \end{cases}$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری



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 می آوریم.

الف) در چرخه abdea (جریان ساعتگرد)

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

ب) در چرخه fcdef (جریان ساعتگرد)

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

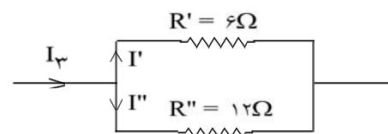
در گره f: با توجه به این که $I_1 = I_2 + I_3$ می توان به جای I_1 مقدار قرار

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 مقاومت های موازی 6Ω و 12Ω به نسبت عکس مقاومت ها می باشد.

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





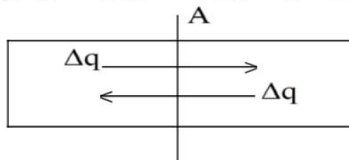
جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسته جاری

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 وضعیت ها چه اثری بر آهنگ شارش بار دارد؟

وقتی دو سر یک رسانا را به اختلاف پتانسیل V وصل می کنیم، داخل رسانا میدان الکتریکی ایجاد می شود. این میدان الکتریکی بر الکترون های آزاد رسانا نیرو وارد کرده و آن ها را وادار به حرکت می کند، الکترون ها در خلاف جهت میدان الکتریکی شروع به حرکت می کنند و این اثر، عامل شارش بار الکتریکی در رسانا می باشد.

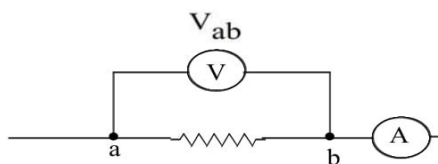


وقتی در رسانا میدان الکتریکی نباشد یعنی رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل نباشد، الکترون های آزاد رسانا به حالت کاتوره ای در رسانا حرکت می کنند و در هر مقطع تعداد الکترون هایی که به سمت چپ می روند برابر تعداد الکترون هایی است که به سمت راست می روند و همواره مقدار بار الکتریکی عبوری از هر مقطع برابر صفر می شود.



وقتی دمای رسانا افزایش می یابد در حالت اول که رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل است مشاهده می کنیم شارش بارهای الکتریکی از مقطع کمتر می شود، زیرا با افزایش دما مقاومت الکتریکی رسانا افزایش می یابد. اما در حالتی که رسانا به اختلاف پتانسیل V وصل نیست، با افزایش دما سرعت جابه جا شدن الکترون های آزاد در رسانا بیشتر می شود، ولی باز هم مقدار بار الکتریکی عبوری از هر مقطع سیم برابر صفر خواهد بود.

۱۷- مناسب ترین ولت سنج برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل در یک مدار چه ویژگی ای باید داشته باشد؟ اگر ولت سنج مناسب نباشد، آن چه اندازه گیری می شود با اندازه ی واقعی چه تفاوتی دارد؟ سؤال بالا را در مورد آمپرسنج مناسب هم بررسی کنید.



ولت سنج به طور موازی در مدار بسته می شود و اختلاف پتانسیل دو سر مدار را اندازه گیری می کند و نباید از آن جریانی عبور کند، در این صورت ولت سنج ایده آل دارای مقاومت الکتریکی بسیار زیادی است که از آن جریانی عبور نمی کند. اگر ولت سنج مناسب نباشد، از آن جریان الکتریکی عبور می کند و اختلاف پتانسیل دو سر مدار را درست نشان نمی دهد. آمپرسنج به طور متوالی در مدار بسته می شود و شدت جریان الکتریکی مدار را اندازه گیری می کند. در این صورت آمپرسنج باید مقاومت الکتریکی بسیار کمی داشته باشد تا در مدار افت پتانسیل ایجاد نکند.

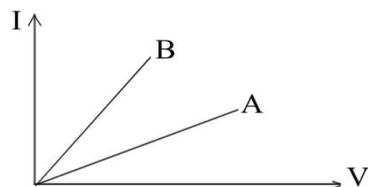
۱۸- قانون اهم رابطه ی مقاومت را با شدت جریان و ولتاژ بیان می کند $R = \frac{V}{I}$. توضیح دهید اگر ولتاژ افزایش یا کاهش یابد مقدار R تغییر می کند؟

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



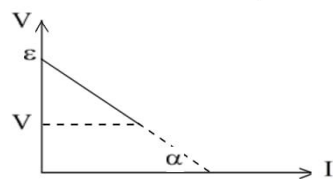
جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

۱۹- شکل زیر نمودار $I - V$ را برای دو نوع رسانا نشان می دهد. مقاومت کدام یک بیش تر است؟



در نمودار تغییرات جریان به اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت با توجه به رابطه ی $I = \frac{V}{R}$ ، شیب نمودار، عکس مقاومت رسانا می باشد. در این صورت 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 می باشد.

۲۰- نمودار تغییرات ولتاژ دوسر مولد را بر حسب شدت جریانی که از آن می گذرد به طور کیفی رسم کنید.



$$V = \varepsilon - Ir \quad (\text{با افزایش جریان مقدار } V \text{ کم می شود})$$

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

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

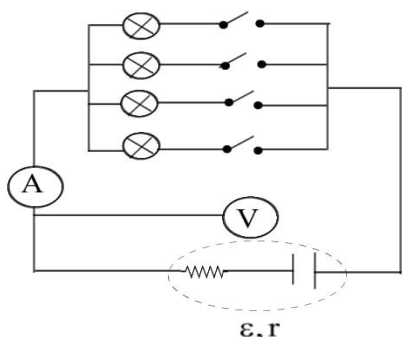
۲۱- لامپ های یک درخت زینتی، به طور متوالی متصل شده اند. اگر یکی از لامپ ها بسوزد، چه اتفاقی می افتد؟

تمام لامپ ها خاموش می شوند، زیرا در اتصال متوالی هرگاه یکی از لامپ ها بسوزد، جریان اصلی قطع می شود و تمام لامپ ها خاموش می شوند.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

۲۲- در شکل زیر تعدادی لامپ مشابه به طور 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 چه قدر است؟

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

۲۴- سه مقاومت مشابه ۱۲ اهمی 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؟

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

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

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



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

۲۵- دو مقاومت موازی ۶ اهمی و ۱۲ اهمی به طور متوالی به یک مقاومت ۲ اهمی وصل شده است. در این حال، شبکه را به دو سر یک باتری ۳۶ ولتی با مقاومت داخلی ناچیز می بندیم. توان مصرفی را در مقاومت ۶ اهمی محاسبه کنید.

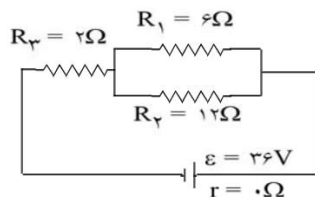
$$\begin{cases} R = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ R = 2 + \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 6\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R} \quad (\text{جریان معادل}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon = 36V \Rightarrow I = \frac{36}{6} = 6A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_1 = V_2 = V_1 \text{ و } 2 = IR_1 \text{ و } 2 = IR_2 = IR_1 \\ R_1 \text{ و } 2 = 4\Omega \Rightarrow V_1 \text{ و } 2 = 6 \times 4 = 24V \Rightarrow V_1 = V_2 = V_1 \text{ و } 2 = 24V \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} \\ V_1 = 24V \Rightarrow P_1 = \frac{24^2}{6} = 96W \end{cases}$$



توان مصرفی مقاومت ۶ اهمی برابر ۹۶ وات است.

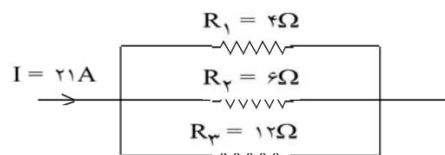
۲۶- از مقاومت های موازی ۴Ω ، ۶Ω و ۱۲Ω جریان کل ۲۱A عبور می کند. جریان عبوری از مقاومت ۶Ω چقدر است؟ ابتدا مقاومت معادل را به دست می آوریم.

$$\begin{cases} \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \Rightarrow R = 2\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} V = IR \\ I = 21A \Rightarrow V = 21 \times 2 = 42V \end{cases} \quad \text{اختلاف پتانسیل معادل}$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V = 42V$$

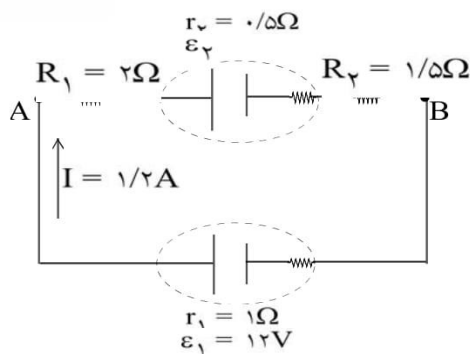
$$\begin{cases} I_2 = \frac{V_2}{R_2} \\ R_2 = 6\Omega \Rightarrow I_2 = \frac{42}{6} = 7A \end{cases}$$



از مقاومت ۶ اهمی جریان ۷ آمپر عبور می کند.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتروسیته جاری



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

۲۷- نیروی محرکه ی ϵ_2 و $V_A - V_B$ چه قدر است؟

$$\begin{cases} I = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \\ I = 1/2 \text{ A} \Rightarrow 1/2 = \frac{12 - \epsilon_2}{1/5 + 2 + 1 + 0.5} \Rightarrow \epsilon_2 = 6 \text{ V} \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} V_A - IR_1 - \epsilon_2 - Ir_2 - IR_2 = V_B \\ V_A - V_B = 1/2 \times 2 + 6 + 1/2 \times 0.5 + 1/2 \times 1/5 = 10.8 \text{ V} \end{cases}$$

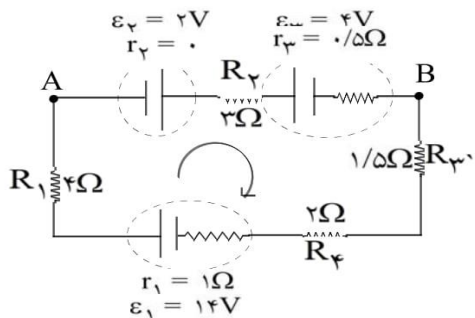
۲۸- انرژی مصرف شده در R_1 و R_2 را در مدت ۵ ثانیه حساب کنید.

$$\begin{cases} U_1 = R_1 I^2 t \\ R_1 = 2 \Omega \Rightarrow U_1 = 2 \times (1/2)^2 \times 5 \Rightarrow U_1 = 14/4 \text{ J} \\ U_2 = R_2 I^2 t \\ R_2 = 1/5 \Omega \Rightarrow U_2 = 1/5 \times (1/2)^2 \times 5 \Rightarrow U_2 = 10/8 \text{ J} \end{cases}$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری



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

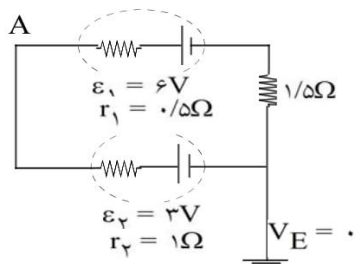


$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_1 + r_2 + r_3} \\ I = \frac{14 + 2 - 4}{4 + 3 + 1/5 + 2 + 1 + 0 + 0/5} \Rightarrow I = 1A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A + \varepsilon_2 - IR_2 - \varepsilon_3 - Ir_3 = V_B \\ V_A + 2 - 1 \times 3 - 4 - 1 \times 0/5 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = +5/5V \end{cases}$$

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

۳۰- در شکل زیر پتانسیل نقطه ی A را محاسبه کنید.



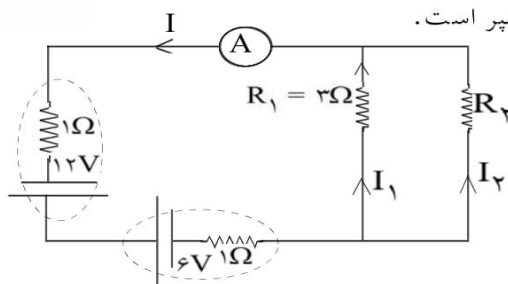
ابتدا جریان الکتریکی در مدار را به دست می آوریم.

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \\ I = \frac{6 - 3}{1/5 + 0/5 + 1} = 1A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A - Ir_2 - \varepsilon_2 = V_E \\ V_E = 0 \Rightarrow V_A - 1 \times 1 - 3 = 0 \Rightarrow V_A = 4 \text{ ولت} \end{cases}$$

پتانسیل نقطه A برابر ۴ ولت است.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسته جاری



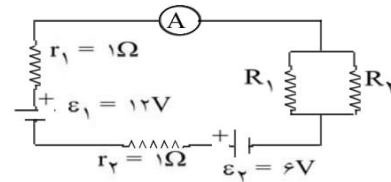
۳۱- شدت جریانی که آمپرسنج در مدار شکل زیر نشان می‌دهد، برابر ۲ آمپر است.

الف- مقاومت R_2 را به دست آورید.

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

$$\text{الف) } \begin{cases} I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \\ I = 2A \Rightarrow 2 = \frac{12 - 6}{R + 1 + 1} \Rightarrow R = 1\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ R_1 = 3\Omega \Rightarrow 1 = \frac{3 \times R_2}{3 + R_2} \Rightarrow R_2 = 1/5\Omega \end{cases}$$



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

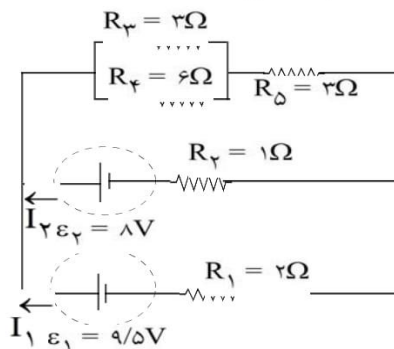
$$\begin{cases} V = V_1 = V_2 = IR = I_1 R_1 = I_2 R_2 \\ V = IR \Rightarrow V = 2 \times 1 = 2V \Rightarrow V_1 = V_2 = V = 2V \\ I = 2A \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{2^2}{3} = \frac{4}{3}W \\ P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{2^2}{1/5} = \frac{20}{1}W \end{cases}$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری



۳۲- در مدار شکل زیر، شدت جریان در هر باتری و توان مصرفی کل مقاومت های R_3 و R_4 و R_5 را به دست آورید.



ابتدا مقاومت معادل سه مقاومت R_3 و R_4 و R_5 را به دست می آوریم.

$$\begin{cases} R' = R_5 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \\ R' = 3 + \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 5\Omega \end{cases}$$

چرخه abdea:
$$\begin{cases} V_a - I_3 R' - I_1 R_1 + \varepsilon_1 = V_a \\ -I_3 \times 5 - I_1 \times 2 + 9/5 = 0 \Rightarrow 5I_3 + 2I_1 = 9/5 \end{cases}$$

چرخه abcfa:
$$\begin{cases} V_a - I_3 R' - I_2 R_2 + \varepsilon_2 = V_a \\ -I_3 \times 5 - I_2 \times 1 + 8 = 0 \Rightarrow 5I_3 + I_2 = 8 \end{cases}$$

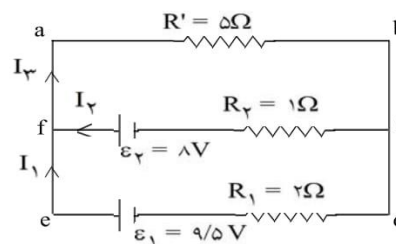
در گره f: $I_3 = I_1 + I_2$

$$\Rightarrow \begin{cases} 5I_3 + 2I_1 = 9/5 \\ 5I_3 + I_2 = 8 \\ I_3 = I_1 + I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 5(I_1 + I_2) + 2I_1 = 9/5 \\ 5(I_1 + I_2) + I_2 = 8 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 6I_1 + 5I_2 = 9/5 \\ 5I_1 + 6I_2 = 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 1A \\ I_2 = 0.5A \Rightarrow I_3 = 1.5A \\ I_3 = I_1 + I_2 \end{cases}$$

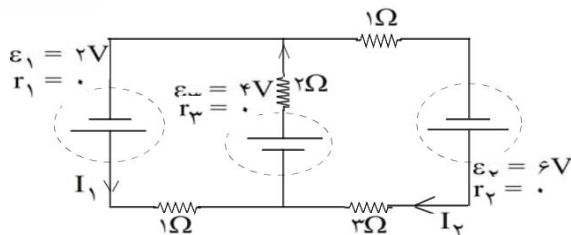
برای محاسبه ی توان مصرفی کل مقاومت های R_3 و R_4 و R_5 چنین می نویسیم:

$$\begin{cases} P = R' I_3^2 \\ R' = 5\Omega \Rightarrow P = 5 \times (1.5)^2 = 11.25 W \end{cases}$$





جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

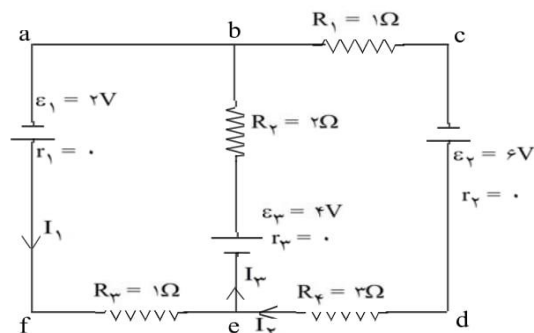
۳۳- در مدار شکل زیر جریان I_1 چند آمپر است؟

چرخه abefa $\begin{cases} V_a + \varepsilon_1 - I_1 R_1 + \varepsilon_3 - I_3 R_3 = V_a \\ 2 - I_1 + 4 - 2I_3 = 0 \\ \Rightarrow I_1 + 2I_3 = 6 \end{cases}$

چرخه bcdeb $\begin{cases} V_b - I_3 R_1 + \varepsilon_2 - I_2 R_2 + \varepsilon_3 - I_3 R_3 = V_b \\ -I_3 + 6 - 2I_2 + 4 - 2I_3 = 0 \\ \Rightarrow 4I_3 + 2I_2 = 10 \Rightarrow 2I_3 + I_2 = 5 \end{cases}$

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

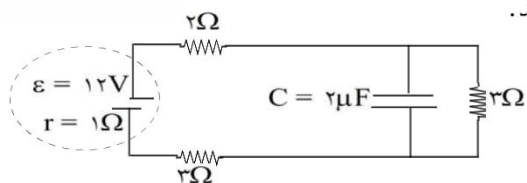
$$\begin{cases} 3I_1 + 2I_2 = 6 \\ I_1 + 3I_2 = 5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{4}{5} A \\ I_2 = \frac{9}{5} A \end{cases}$$



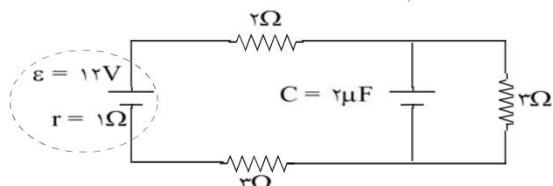
جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری



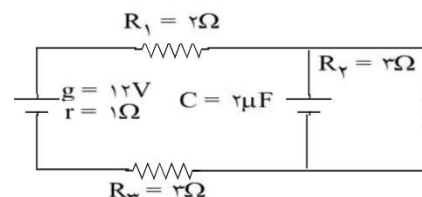
۳۴- در شکل زیر، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در خازن C را محاسبه کنید.



اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_3 = 3\Omega$ می باشد. ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر R_3 را به دست می آوریم.



$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R + r} \\ R = 2 + 2 + 3 = 7\Omega \\ V_3 = IR_3 \\ R_3 = 3\Omega \Rightarrow V_3 = \frac{4}{3} \times 3 = 4V \Rightarrow V_3 = V_C = 4V \\ q = CV = 2 \times 4 = 8\mu C \\ U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (4)^2 \Rightarrow U = 1/6 \times 10^{-5} J \end{cases} \Rightarrow I = \frac{12}{7+1} = \frac{4}{3} A$$



در شکل زیر تصویر چند باتری آمده است.



باتری تلفن همراه



باتری قلمی



باتری خودرو

با استفاده از شکل به ۲ سؤال بعدی پاسخ دهید.

۳۵- علاوه بر این باتری ها، باتری های دیگری را که می شناسید، نام ببرید.

باتری های کتابی، رایانه، ساعت و غیره

۳۶- باتری های معرفی شده را از نظر ولتاژ، طول عمر، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه کنید و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم کنید.

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

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری



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.

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

انرژی وسيله	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 می‌شود، سپس انرژی الکتریکی تلف شده در مقاومت به دلیل عبور جریان از آن، به صورت 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 می‌کنند و انرژی خود را از دست می‌دهند که باعث گرم شدن رسانا می‌شود.

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

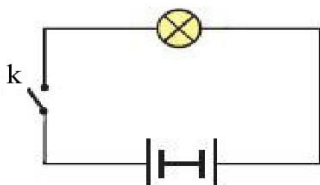
$$P = VI = V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

هر دو



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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



$$I = \frac{V}{R} = \frac{4 - 4}{R} = 0$$

دو باطری یک‌دیگر را خنثی کرده و لامپ روشن نمی‌شود.

۴۱- الف) کدام یک از توان‌های ۶۰ W ، ۲۵۰ W ، ۸۵۰ W و $۳/۵\text{ kW}$ 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 وات با اختلاف پتانسیل ۲۳۰ ولت چند آمپر است؟

۳- ۲ KW

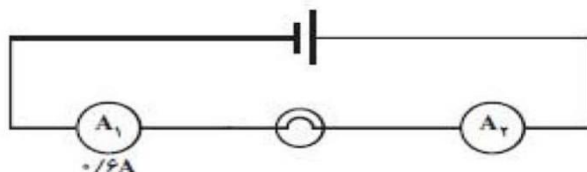
۲- ۶۰ W

الف) ۱- ۲۵۰ W

ب)

$$P = VI \Rightarrow ۹۲۰ = ۲۳۰ I \Rightarrow I = ۴\text{ A}$$

۴۲- در مدار شکل زیر آمپرسنج A_1 ، مقدار $۰/۶\text{ A}$ را نشان می‌دهد. آمپرسنج A_2 ، چه جریانی را نشان می‌دهد؟

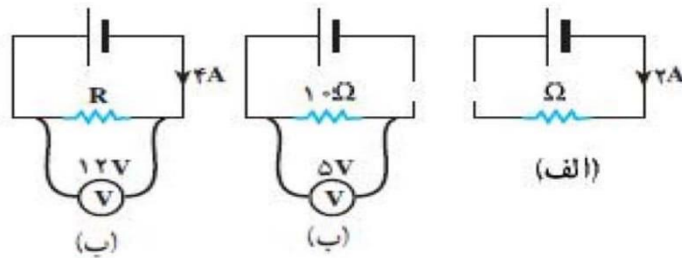


$$I_1 = I_2 = ۰/۶$$



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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



$$P = RI^2 = R \times 4W$$

(الف)

$$P = \frac{V^2}{R} = 2/5W$$

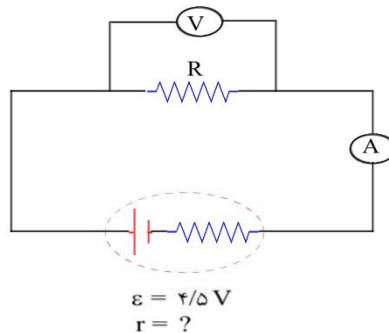
(ب)

$$P = VI = 48W$$

(پ)

۴۴- تمرین:

در مدار شکل زیر، آمپرسنج $0.5A$ و ولت سنج 4 ولت را نشان می دهد.
 (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.



$$R = \frac{V}{I} = \frac{4}{0.5} = 8\Omega$$

(الف)

$$P_R = RI^2 = 8 \times \frac{1}{4} = 2W$$

(ب)

$$P = 4/5I = 2/25W$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow 0.5 = \frac{4/5}{8 + r} \Rightarrow r = 1\Omega$$

(پ و ت)

$$\text{افت پتانسیل} = rI = 0.5V$$



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتروسیته جاری

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 $2/5$ دقیقه از لامپ می‌گذرد چند کولن است؟

$$q = It = 0.2 \times (2/5 \times 60) = 30 \text{ C}$$

۴۷- اختلاف پتانسیل دو سر لامپ چند ولت است؟

$$V = I \cdot R = 0.2 \times 200 = 40 \text{ V}$$

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

$$P_{\text{کل}} = P_1 + P_2 + P_3 = 10 + 110 + 100 = 220 \text{ W}$$

$$E = P \cdot t = 220 \times (8 \times 30) = 52800 \text{ Wh} = 52.8 \text{ kWh}$$

هزینه ی واحد $\times$ مصرف = هزینه

$$= 52.8 \times 100 = 5280 \text{ ریال}$$

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، $2/5$ میلیون خانواده (خانه) وجود دارد.

$$P = 100 \times 2/5 \times 10^6 = 2/5 \times 10^8 \text{ W} = 2/5 \times 10^2 \text{ kW}$$

$$W = P \cdot t = 2/5 \times 10^8 \times (3 \times 30) = 22/5 \times 10^6 \text{ kWh}$$

$$\text{ریال} = 22/5 \times 10^6 \times 200 = 4/5 \times 10^9$$

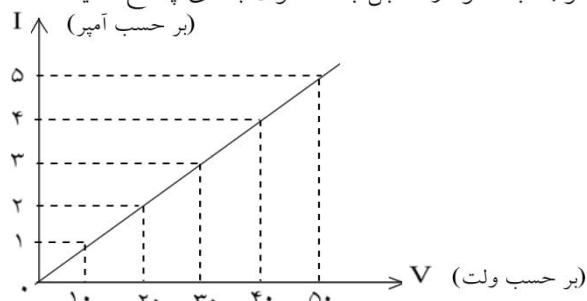
این هزینه برای کارهایی مانند مدرسه‌سازی، ... قابل استفاده است.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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؟

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{V}{I} = 10 \Rightarrow V = 10I$$

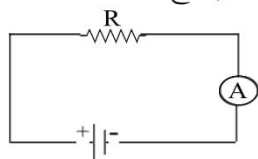
۵۱- به کمک نمودار، مقاومت لامپ را پیدا کنید.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{50}{5} = 10\Omega$$

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

$$V = IR = 2/5 \times 10 = 25\Omega$$

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 $800W$ و $220V$ نوشته شده است. این آسیاب برقی را به اختلاف پتانسیل 220 ولت وصل می‌کنیم. حساب کنید و به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

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

$$P = VI \Rightarrow 800 = 220 \times I \Rightarrow I = \frac{800}{220} = \frac{40}{11} A$$



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده الکتریسیته جاری

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

یک ماه چهار هفته است.

$$W = P \cdot t = ۸۰۰ \times (۴ \times ۲ \times ۲۰ \times ۶۰) = ۷۶۸۰۰۰ J$$