به نام خداوندی که نامش آرام بخش دل هاست

پاورپوینت آموزشی فیزیک(۳) وآزمایشگاه

فصل سوم

جریان الکتریکی
و
مدارهای جریان مستقیم

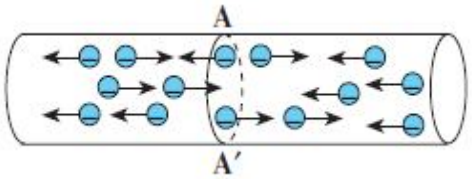
تهیه وتنظیم : رضازارع دبیرفیزیک ناحیه ۲

شارش بار در رسانا سبب انتقال انرژی در آن می‌شود.

جریان الکتریکی

رسانایی فلزها به‌دلیل وجود الکترون‌های آزاد است که در داخل آن‌ها با سرعت‌های متفاوت به‌طور کاتوره‌ای درحرکت‌اند.

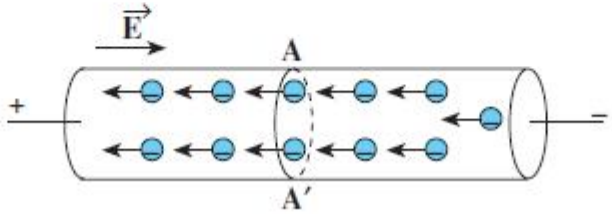
تا زمانی که اختلاف پتانسیل الکتریکی به دو سر رسانا اعمال نشده باشد، الکترون‌های آزادی که در بازه‌ی زمانی Δt از مقطع AA' از راست به چپ در حرکت‌اند، با الکترون‌های آزادی که در همان بازه‌ی زمانی از همان مقطع از چپ به راست حرکت می‌کنند، برابرند



یعنی، به‌طور متوسط بارخالصی که از مقطع AA' یا هر مقطع عرضی دیگر رسانا می‌گذرد، در یک بازه‌ی زمانی صفر است.

هنگامی که دو سر رسانا را به باتری وصل و به این وسیله به دو سر آن اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، یک میدان الکتریکی در داخل رسانا ایجاد می‌شود.

این میدان به الکترون‌های آزاد درون رسانا نیرو وارد می‌کند و آن‌ها را به خلاف جهت میدان سوق می‌دهد $(\vec{F}=q\vec{E})$

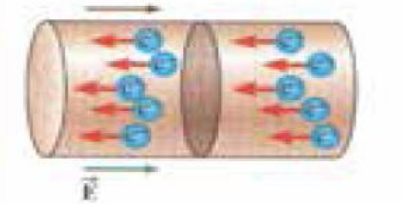


در این حالت، بار خالصی که از هر مقطع عبور می‌کند صفر نیست و می‌گوییم در رسانا شارش بار وجود دارد. به عبارت دیگر، در آن جریان الکتریکی برقرار شده است.

جریان الکتریکی در خلاف جهت شارش الکترون‌ها است یعنی جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی است

و چون پتانسیل در جهت میدان کاهش می‌یابد:

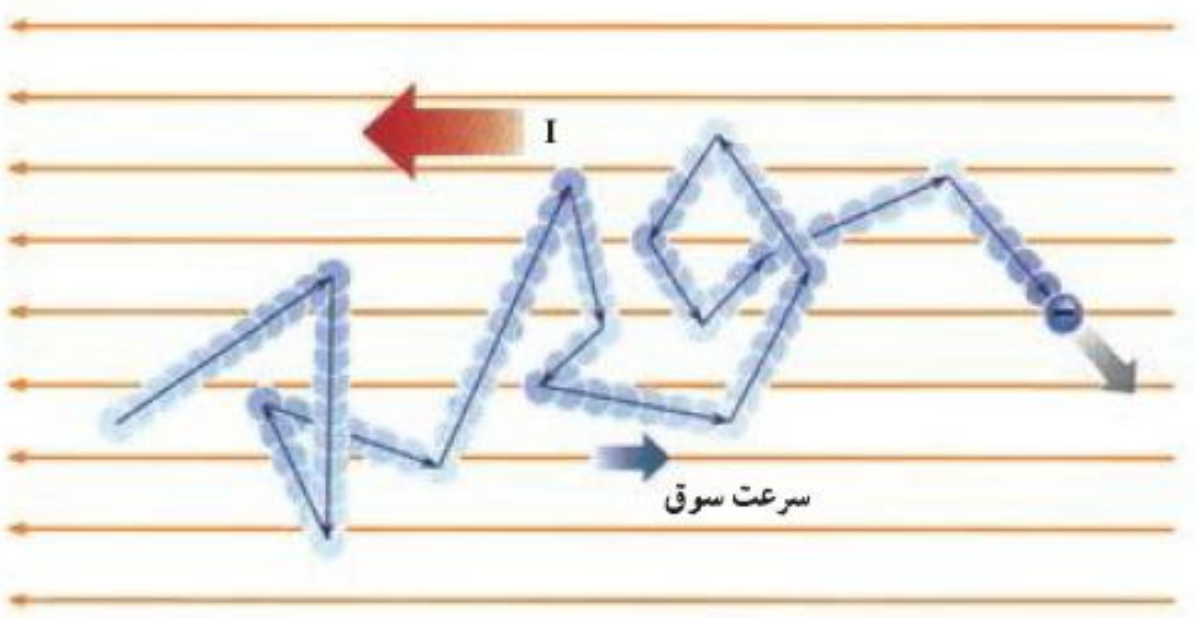
جهت جریان الکتریکی از پتانسیل بیش‌تر به پتانسیل کم‌تر است.



بار q در مدت زمان t از مقطع سیم می‌گذرد.
جهت جریان در سیم، خلاف جهت شارش الکترون‌ها است.

در واقع وقتی میدان الکتریکی را به فلز اعمال می‌کنیم، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را قدری تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق[1] در خلاف جهت میدان به‌طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند که این موجب جریان الکتریکی در رسانا می‌شود

سرعت سوق در یک رسانای فلزی معمولاً کمتر از ۱mm/s است.



توجه : در رساناهای فلزی، حاملان بار الکترون‌ها، هستند؛ جریان الکتریکی در فلز چیزی جز جریان الکترون‌ها نیست، در الکترولیت‌ها مانند نمک و آب، حاملان بار یون‌های مثبت و منفی هستند؛ جریان در چنین رسانایی جریان یون‌هاست.

اما جهت جریان قراردادی به گونه‌ای است که به موجب آن جهت جریان الکتریکی جهت شارش بار مثبت فرضی است و براساس این قرارداد، جهت جریان قراردادی عکس حرکت بارهای واقعی در فلزهاست.

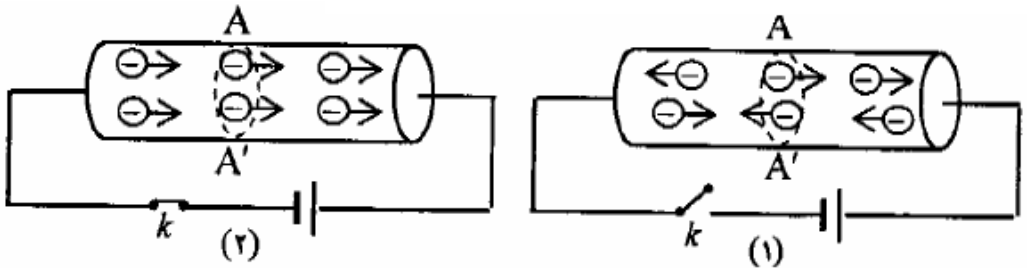
اما انتقال بار منفی در یک جهت معادل است با انتقال بار مثبت در جهت مخالف. ما در قرارداد خود در مورد مشخص کردن جهت جریان از این هم‌ارزی استفاده می‌کنیم.

مثال : شکل الکترون‌های رسانش یک سیم را در حال حرکت به‌سمت چپ نشان می‌دهد. جهت میدان الکتریکی و جهت جریان را در سیم مشخص نمایید.

الکترون‌های رسانش در حال حرکت

پاسخ : جهت حرکت خالص بارهای منفی به سمت چپ است. پس نیروی $\vec{F}=q\vec{E}$ بر الکترون به سمت چپ وارد می‌شود، بنابراین میدان الکتریکی به سمت راست می‌باشد زیرا به بارهای منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود. از طرفی جهت جریان قراردادی نیز به سمت راست است. زیرا جهت جریان قراردادی جهت حرکت بارهای مثبت (به صورت فرضی) می‌باشد.

خرداد۸۹



از مقایسه ی شکل های (۱) و (۲) چه نتیجه ای می گیرید ؟

پاسخ

در شکل (۱) ، بار خالص شارش یافته از مقطع AA' رسانا صفر است

در شکل (۲) ، چـون در دو سر رسانا اختلاف پتانسیل اعمال شده است ، بار خالـص شارش یافته از مقطـع AA' ، صفـر نیست

فعالیت ۳ـ۱

سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندیِ سرعت حرکت یک حلزون باشد. اگر سرعت سوق الکترون‌ها این‌قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟

راهنمایی : شیلنگ شفافی را در نظر بگیرید. وقتی شیر را باز می‌کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می‌شود؛ ولی اگر لکه‌ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می‌بینیم این لکهٔ رنگی به آهستگی در آب حرکت می‌کند.

وقتی کلید را می‌زنیم، میدان الکتریکی با سرعتی نزدیک به سرعت نور برقرار می‌شود و الکترون‌ها در سرتاسر سیم به‌طور هم‌زمان شروع به حرکت می‌کنند. توجه کنید که این ربطی به زمانی ندارد که طول می‌کشد تا یک الکترون از کلید به لامپ برسد. برای آنکه به درکی از موضوع برسید، یک مثال خوب آن است که یک گروه سرباز (در تشابه با الکترون‌ها) را در نظر بگیرید که به حالت خبردار ایستاده‌اند. وقتی دستور قدم‌رو صادر می‌شود (در تشابه با زده‌شدن کلید) این دستور با سرعت صوت (در تشابه با سرعت نور در مسئلهٔ ما) به گوش سربازان (الکترون‌ها) می‌رسد و آنها هم‌زمان گام برمی‌دارند؛ زیرا این سرعت بسیار سریع‌تر از سرعت حرکت سربازان (الکترون‌ها) است و به همین علت است که سربازان (الکترون‌ها) تقریباً هم‌زمان شروع به حرکت می‌کنند.

شدت جریان متوسط

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

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

$\bar{I}$: شدت جریان متوسط (آمپر)

Δq: بار الکتریکی (کولن)

Δt: مدت زمان (ثانیه)

جریان را مستقیم

اگر در تمام بازه‌های زمانی شدت جریان متوسط تابت بماند، جریان را **مستقیم** می‌نامند.

در جریان **مستقیم** ، شدت جریان لحظه‌ای با شدت جریان متوسط برابر می‌شود.

در این حالت رابطه‌ی $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ به‌صورت زیر نوشته می‌شود :

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

مثال : از سیمی شدت جریان ۰/۰۸ آمپر عبور می‌کند، در یک دقیقه چند الکترون از مقطع سیم عبور می‌کند؟

(اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن است.)

پاسخ :

$$\left.\begin{matrix} q=ne \\ I=\frac{q}{t} \end{matrix}\right\} \Rightarrow I=\frac{ne}{t} \Rightarrow ۰/۰۸\times۶۰=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n=۳\times۱۰^{۱۹}$$

در رابطه‌ی $q=It$ اگر I برحسب آمپر و t برحسب ساعت باشد، مقدار بار برحسب آمپر ساعت **A.h** به‌دست می‌آید.

مثال : 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.

پاسخ : $\Delta q=\bar{I}\Delta t \rightarrow ۶۰Ah=\bar{I}\times۱۰h \Rightarrow \bar{I}=۶A$

تمرین ۳ـ۱

در رابطهٔ $\Delta q=I(\Delta t)$ اگر I برحسب آمپر و Δt برحسب ساعت باشد یکای Δq، *آمپر ـ ساعت* می‌شود. باتری خودروها یا گوشی‌های همراه عموماً با آمپر ـ ساعتِ آنها مشخص می‌شود و هرچه آمپر ـ ساعتِ یک باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به‌طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

باتری استاندارد خودرویی، ۵۰ آمپر ـ ساعت است. اگر این باتری به‌طور متوسط جریان ۵/۰A را فراهم سازد، چقدر طول می کشد تا خالی شود؟

در رابطهٔ $\Delta q = I(\Delta t)$ جایگذاری می‌کنیم :

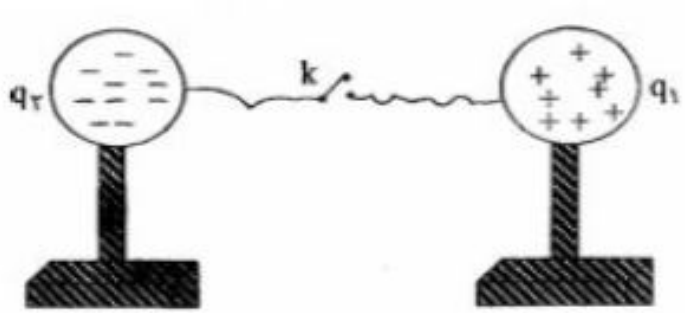
$$(50\text{A.h}) = (5/0\text{A})(\Delta t)$$

و در نتیجه :

$$\Delta t = \frac{50\text{A.h}}{5/0\text{A}} = 10\text{h}$$

مثال : دو کره ی رسانای فلزی کاملاً مشابه ، اولی دارای بار $q_1 = 8\mu C$ و دومی دارای بار $q_2 = -10\mu C$ ، بر روی پایه های عایقی قرار دارند. این دو کره را با بستن کلید توسط سیم فلزی با مقاومت R را به یکدیگر وصل می کنیم . $0/001s$ طول می کشد تا دو کره **هم پتانسیل** شوند.

جریان متوسطی که دراین مدت از سیم می‌گذرد، چه قدراست؟



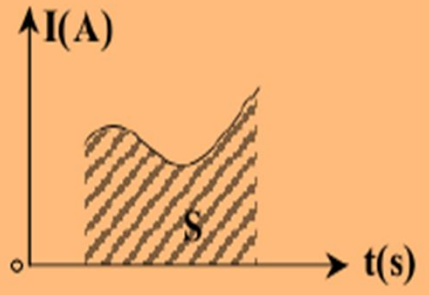
پاسخ

در حالتی که دو کره هم پتانسیل می شوند، بار هر دو یکسان و برابر $q'_1 = q'_2 = -1\mu C$ **می شود.**

پس $\Delta q = 9\times10^{-6}\ C$ **مبادله شده است.**

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \bar{I} = \frac{9\times10^{-6}}{0/001} \Rightarrow \bar{I} = 9\times10^{-3}\ A$$

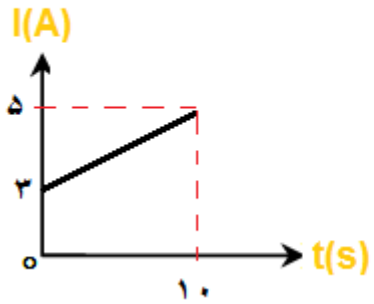
نکته: سطح محصور بین نمودار شدت جریان الکتریکی- زمان $(I-t)$ و محور زمان در یک بـازه‌ی زمانی برابر بار شارش شده در مدار در آن بازه‌ی زمانی است:



$$S = \Delta q = It$$

مثال نمودار جریان گذرا از رسانایی برحسب زمان مطابق شکل است.

درمدت ۱۰ ثانیه چندالکترون از مقطع سیم عبور می کند؟

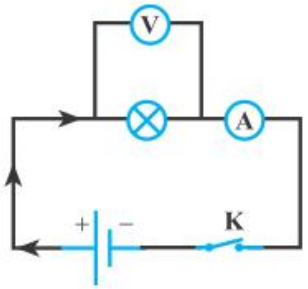


$$q = S = \left(\frac{۳+۵}{۲}\right) ۱۰ = ۴۰\ C$$

$$q = ne \Rightarrow ۴۰ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۲/۵ \times ۱۰^{۲۰}$$

مدار الکتریکی

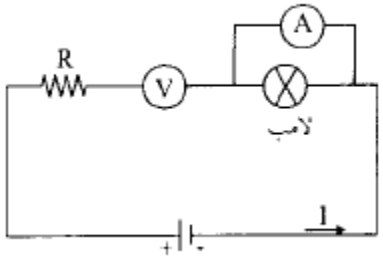
برای آن‌که جریان الکتریکی برقرار شود، باید بار در یک مسیر بسته شارش کند. این مسیر بسته را **مدار الکتریکی** می‌نامیم.



برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم.

برای اندازه‌گیری **ولتاژ** از ولت سنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور موازی در مدار قرار می‌دهیم.

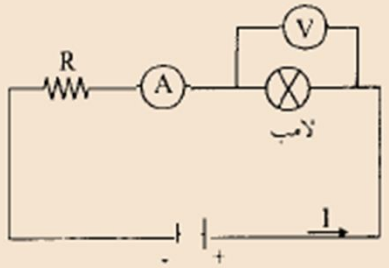
دی ۸۵



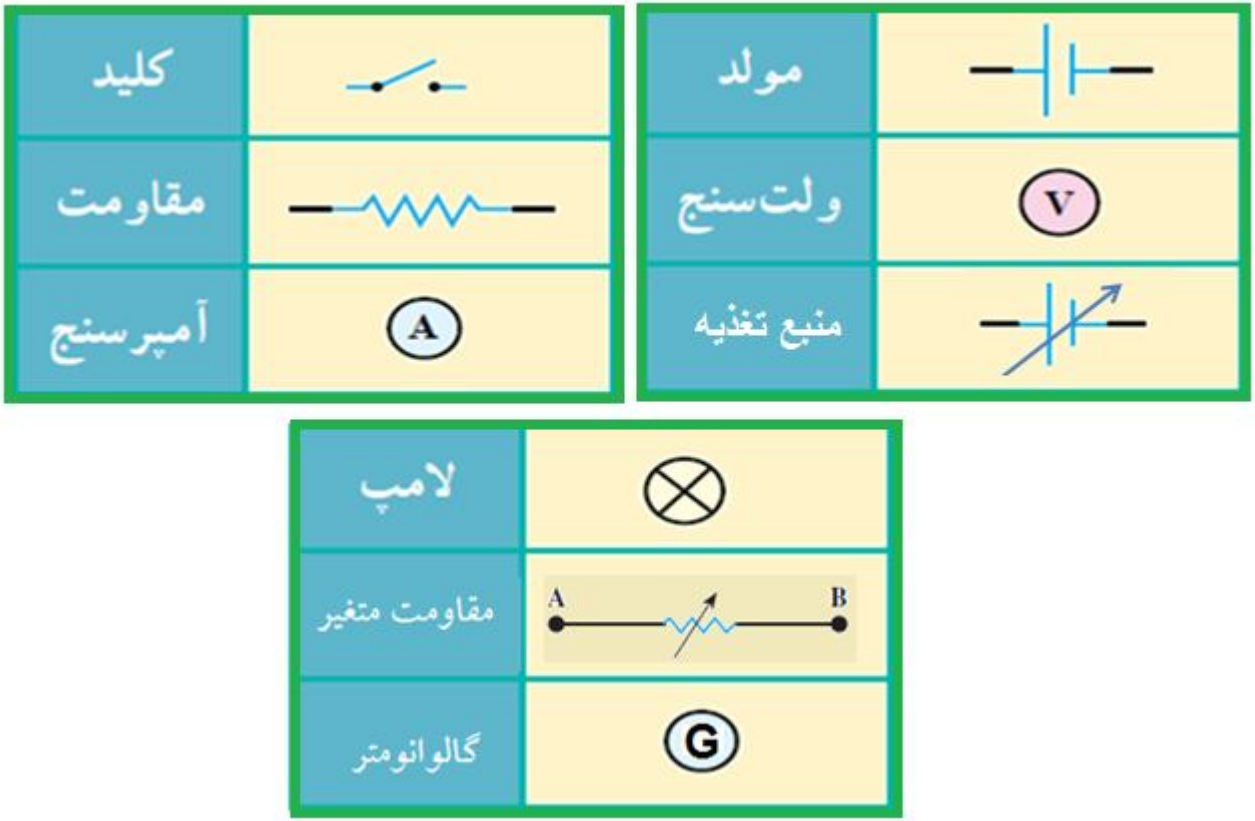
در مدار مقابل ، **اشتباهایی** وجود دارد . با کمترین تغییرات ،
اشتباه ها را **درست** کنید و مدار جدید را در پاسخ نامه **رسم** نمایید .

پاسخ

۱- محل قرار گرفتن آمپرسنج **۲- محل قرار گرفتن ولت سنج** **۳- جهت جریان**



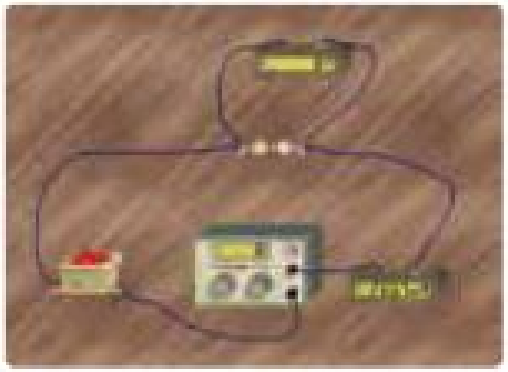
نماد چندقطعه ی الکتریکی

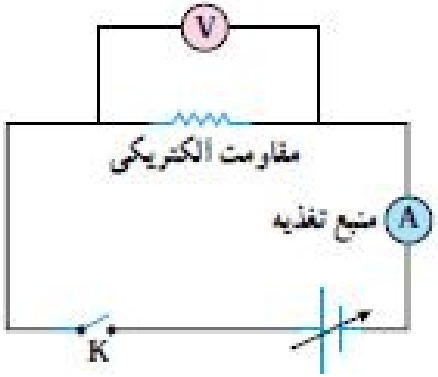


قانون اهم

آزمایش کنید

مطابق شکل یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج ، ولت‌سنج و منبع تغذیه می‌بندیم.

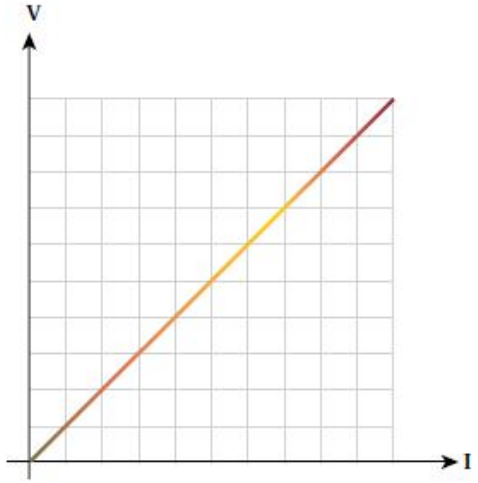




پس از وصل شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می‌گذرد. ولت‌سنج که به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد و آمپرسنج جریانی را که از مقاومت می‌گذرد مشخص می‌کند.

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را به کمک منبع تغذیه تغییر می‌دهیم و در هر نوبت، جریانی که از مقاومت می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج اندازه می‌گیریم و نتیجهٔ آزمایش را وارد می‌کنیم

اختلاف پتانسیلی که ولت‌سنج نشان می‌دهد (V برحسب ولت)	۰/۸	۲/۲	۳/۵	۴/۵
جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد (I برحسب آمپر)	۰/۱۶	۰/۴۳	۰/۷	۰/۸۸
نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریان عبوری از آن $\frac{V}{I}$	۵/۰	۵/۱	۵/۰	۵/۱



بررسی جدول نشان می‌دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش جریان شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریانی که از آن می‌گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش‌ها با تقریب خوبی ثابت مانده است

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \cdots$$

قانون اهم

در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن می‌گذرد مقدار ثابتی است.

این نسبت را **مقاومت الکتریکی رسانا** می‌نامند

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

اختلاف پتانسیل (ولت) ←

جریان الکتریکی (آمپر) ←

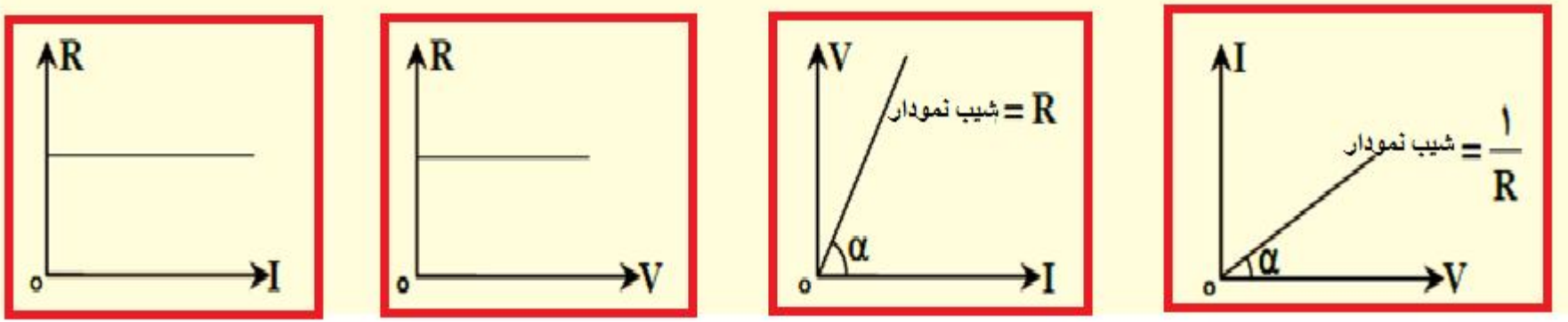
مقاومت الکتریکی، (اهم Ω)

مقاومت را با وسیله‌ای به نام اهم سنج اندازه می‌گیرند. این وسیله همراه با ولت سنج وآمپرسنج یک دستگاه را تشکیل می‌دهند که آوومتر(A،AVOmetre برای آمپر،Vبرای ولت وO برای اهم) نامیده می‌شود.

مثال : در رابطه‌ی $R = \frac{V}{I}$ اگر ولتاژ را دو برابر کنیم، جریان چگونه تغییر می‌کند؟

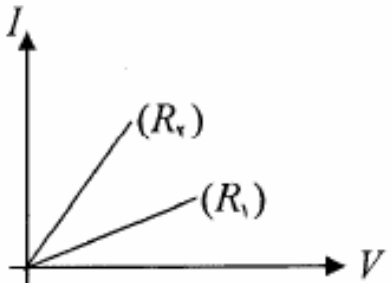
پاسخ : با دو برابر شدن اختلاف پتانسیل، جریان نیز دو برابر می‌شود و مقاومت تغییری نمی‌کند.

نمودارهای (V-I), (I-V), (R-V) و (R-I) برای یک رسانا در دمای ثابت به شکل‌های زیر رسم می‌شود:



خرداد۸۷

در شکل نمودار I-V مربوط به دو نوع رسانا نشان داده شده است .
مقاومت کدام رسا نا بیشتر است ؟ توضیح دهید .



پاسخ

R_1 بیشتر است . زیرا شیب نمودار I-V با مقاومت رسانا نسبت وارون دارد.

عوامل مؤثر در مقاومت رساناهای فلزی در دمای ثابت

مقاومت یک رسانا در دمای ثابت به

- طول (L)
- مساحت مقطع (A)
- جنس (ρ) ← مقاومت ویـژه‌ی رسـانا

بستگی دارد

اگر سطح مقطع سیم در تمام طول آن یکسان باشد، رابطه‌ی مقاومت سیم با سایر ویژگی‌های ان به‌صورت زیر است.

مقاومت ویژه‌ی رسانا (اهم متر)

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

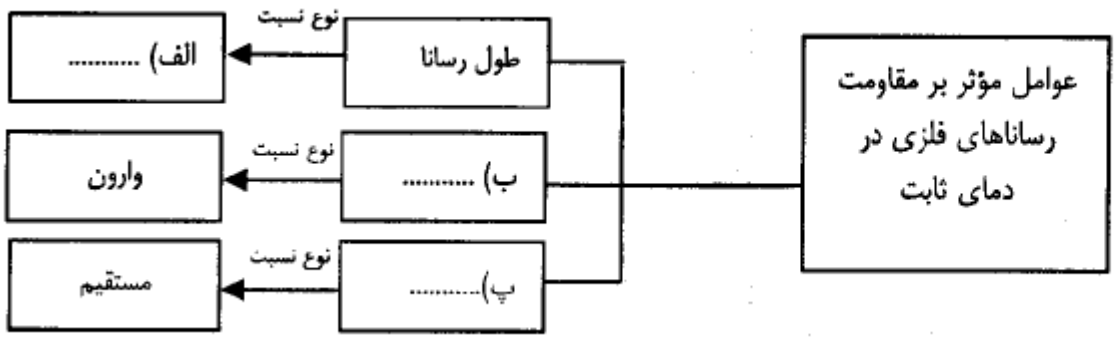
l ↑ → طول رسـانا(m)

A → سـطح مقطـع رسـانا(m^2)

R ↓ مقاومت الکتریکی (اهم)

خرداد۹۲

نمودار مفهومی زیر را کامل کنید :



پاسخ

الف) مستقیم **ب)** سطح مقطع **پ)** مقاومت ویژه

مقاومت ویژه‌ی رسانا

مقاومت ویژه‌ی هر فلز، مقاومت قطعه‌ای از ان فلز است به طول یک متر و به سطح مقطع یک مترمربع.

برای مقایسه‌ی مقاومت الکتریکی هر رسانا با استفاده از مشخصات ساختمانی آن داریم:

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{\rho_2}{\rho_1}\times\frac{L_2}{L_1}\times\frac{A_1}{A_2}$$

طول و قطر سیم مسی A دو برابر طول و قطر سیم مسی B است. مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

$$A=\pi r^2$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{l_A}{l_B}\times\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{A_B}{A_A}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{l_A}{l_B}\times\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

پاسخ:

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{l_A}{l_B}\times\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2=2\times\left(\frac{1}{2}\right)^2=\frac{1}{2}$$

اگر سیمی را بکشیم تا بدون تغییر جرم و حجم، طول آن افزایش یابد، مساحت سطح مقطع آن به همان نسبت کاهش می‌یابد.

در ایـن صـورت می‌توان نوشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1L_1 = A_2L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times (\frac{A_1}{A_2})^2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times (\frac{L_2}{L_1})^2}$$

مثال : طول سیم B دو برابر طول سیم A و مقاومت ویژه‌ی سیم B سه برابر مقاومت ویژه‌ی A است. اگر مقاومت الکتریکی سیم A، $\frac{3}{2}$ برابر مقاومـت الکتریکی سیم B باشد، قطر مقطع سیم B چند برابر قطر مقطع سیم A است؟

پاسخ :

$$L_B = 2L_A, \rho_B = 3\rho_A, R_A = \frac{3}{2}R_B$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{2}{3} = 3 \times 2 \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{1}{9}$$

$$A = \pi(\frac{d}{2})^2 \Rightarrow (\frac{d_A}{d_B})^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{d_B}{d_A} = 3$$

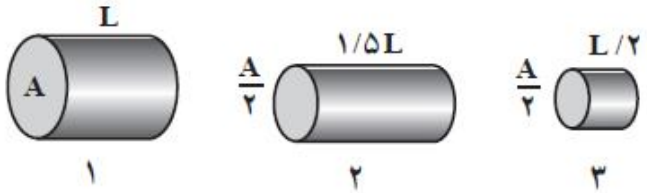
مثال : سیمی را ذوب کرده و تبدیل به سیم دیگری می‌کنیم که قطر مقطع آن $\sqrt{۳}$ برابر حالت اول باشد. اگر حجم سیم ثابت بماند، مقاومت الکتریکی آن چند برابر می‌شود؟

پاسخ :

$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow A_۱L_۱ = A_۲L_۲ \Rightarrow (\frac{d_۱}{۲})^۲ L_۱ = (\frac{d_۲}{۲})^۲ L_۲ \Rightarrow d_۱^۲ L_۱ = d_۲^۲ L_۲ \Rightarrow d_۱^۲ L_۱ = ۳d_۱^۲ L_۲ \Rightarrow L_۲ = \frac{L_۱}{۳}$$

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{A_۱}{A_۲} = \frac{L_۲}{L_۱} \times (\frac{d_۱}{d_۲})^۲ = \frac{۱}{۹}$$

مثال : شکل سه رسانای مسی استوانه‌ای با سطح مقطع و طول‌های متفاوت را نشان می‌دهد. اگر دو سر هر یک از آن‌ها را به اختلاف پتانسیل یکسان V وصل کنیم، آن‌ها را به‌ترتیب بزرگی جریانی که از آن‌ها می‌گذرد، بنویسید.



پاسخ :

$$R_۱ = \rho \frac{l}{A}$$

$$R_۲ = \rho_۲ \frac{۱/۵l}{\frac{A}{۲}} = ۳\rho_۲ \frac{l}{A}$$

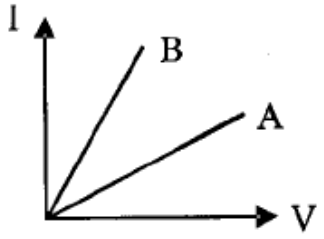
$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I_۱ \text{ و } I_۲ = ۳I_۲$$

$$R_۳ = \rho_۳ \frac{۱/۲}{A/۲} = \rho_۳ \frac{l}{A}$$

$$R_۱ = R_۳ \text{ و } R_۲ = ۳R_۱$$

شهریور ۹۲

شکل روبه رو ، نمودار (I -V) را برای دو نوع رسانای A و B نشان می‌دهد. با ذکر دلیل بیان کنید کـدامیک به عنوان سیم گرماده مناسب تر است ؟



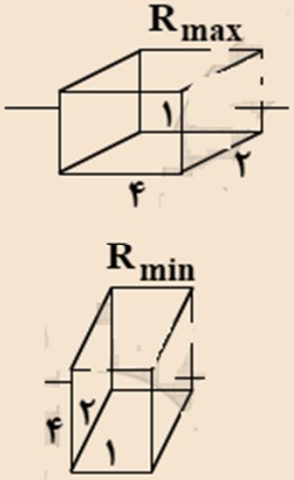
پاسخ

$$\tan\alpha = \frac{1}{R} \rightarrow \alpha_B > \alpha_A \rightarrow R_A > R_B$$

$R \propto \theta \quad \rightarrow$ **رسانای A مناسب تر است**

مثال : ابعاد یک مکعب‌مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی‌متر است. این مکعب‌مستطیل را می‌توان از هریک از دو وجه مقابل آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ‌ترین مقاومت آن به کوچک‌ترین مقاومت آن چند است؟

پاسخ :



$$R=\frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}}=\frac{\frac{\rho L_{max}}{A_{min}}}{\frac{\rho L_{min}}{A_{max}}}=\frac{L_{max}}{L_{min}}\times\frac{A_{max}}{A_{min}} \Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}}=\frac{۴}{۱}\times\frac{۸}{۲}=۱۶$$

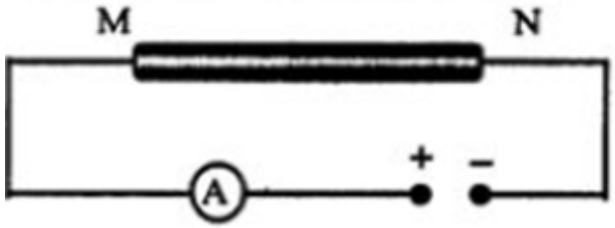
خرداد۹۱

اطلاعات مربوط به دو رسانای A و B با طول یکسان (در یک دمای معین) در جدول رو به رو داده شده است.

رسانا	$\rho(\Omega m)$ مقاومت ویژه	$A(m^2)$ سطح مقطع
A	۵×۱۰^{-۸}	۲×۱۰^{-۴}
B	۸×۱۰^{-۸}	۴×۱۰^{-۴}

الف) مقاومت دو رسانا را با یک دیگر مقایسه کنید .

ب) اگر در مدار شکل رو به رو یک بار رسانای A و بار دیگررسانای B را بین دو نقطه ی M و N قرار دهیم، با ذکر دلیل مشخص کنید مقدار جریانی که آمپرسنج نشان می دهد در کدام حالت بیش تر است ؟ (دما را ثابت فرض کنید.)



پاسخ

الف) $R \propto \frac{\rho}{A} \Rightarrow \frac{۵\times۱۰^{-۸}}{۲\times۱۰^{-۴}} > \frac{۸\times۱۰^{-۸}}{۴\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow R_A > R_B$

ب) براساس قانون اهم ، با وجود رسانای B در مدار، مقدار جریانی که آمپرسنج نشان می دهد بیش تر است.

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

پاسخ

مقاومت سیم رسانای موردنظر را توسط یک اهم‌متر، اندازه‌گیری می‌کنیم و سپس با استفاده از متروکولیس یا زیرسنج، طول سیم و هم‌چنین قطر آن را به‌دست می‌آوریم. با قرار دادن مقادیر اندازه‌گیری شده در رابطه‌ی $R = \rho\frac{l}{A}$، ρ به دست می‌آید.

هر چه ابزار و نحوه‌ی اندازه‌گیری دقیق‌تر، تغییر دما کمتر باشد، دقت اندازه‌گیری بیشتر خواهد بود.

اثر دما بر مقاومت رساناهای فلزی

مقاومت ویژه‌ی رساناهای فلزی تابعی از دمای آن‌ها است. در رساناهای فلزی افزایش دما، موجب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه‌ی آن افزایش مقاومت رسانا می‌شود.

اگر در دمای θ_1 درجه‌ی سلسیوس، مقاومت ویژه‌ی یک رسانا ρ_1 و مقاومت الکتریکی آن R_1 و در دمای θ_2 درجه‌ی سلسیوس، مقاومت ویژه‌ی آن ρ_2 و مقاومت الکتریکی آن R_2 باشد، می‌توان نوشت:

$$\rho_2 = \rho_1(1+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow R_2 = R_1(1+\alpha\Delta\theta)$$

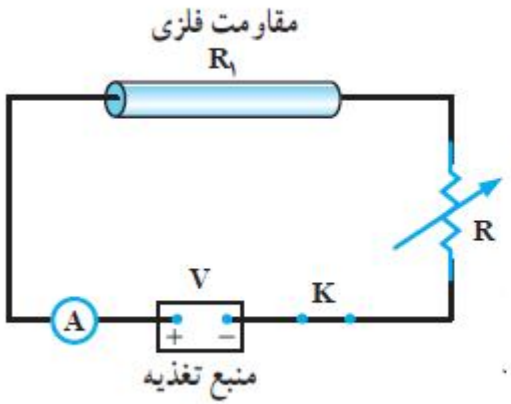
$$\Delta\rho = \rho_1\alpha\Delta\theta \quad \Rightarrow \quad \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta$$

ضریب دمایی مقاومت ویژه

واحددر SI $(\frac{1}{^\circ C})$ یا $(\frac{1}{K})$

افزایش دمای فلز، سبب افزایش ارتعاش و جهندگی اتم‌های شبکه شده و تعداد برخوردهای الکترون‌های آزاد با آن‌ها زیاد می‌شود (آهنگ برخورد الکترون‌های آزاد و اتم‌های شبکه زیاد می‌شود) و در نتیجه مقاومت زیاد می‌شود.

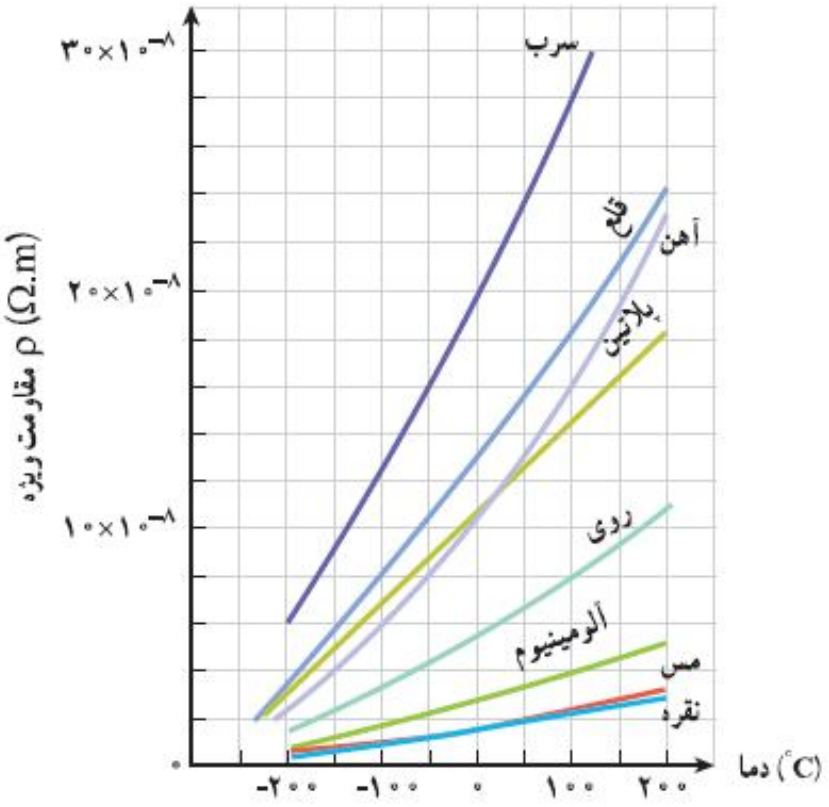
مثال مداری همانند شکل ببندید و جریان را توسط آمپرسنج در مدار اندازه‌گیری کنید و سپس یک شمع روشن را زیر مقاومت فلزی قرار داده و به تغییر جریان توجه کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می گیرید؟



پاسخ : جریان در حالت اول : $I_1=\frac{V}{R+R_1}$ جریان در حالت دوّم : $I_2=\frac{V}{R+R'_1}$

آزمایش نشان می‌دهد جریان $I_2<I_1$ است. با توجه به این که R و V در هر دو آزمایش ثابت هستند، پس مقاومت R_1 در آزمایش حالت ۲ زیاد شده است یعنی در اثر افزایش دمای رسانا، مقاومت آن زیاد شده است.

ضریب دمایی مقاومت ویژه ، برای نیمرساناها منفی است. بنابراین، مقاومت ویژهٔ نیمرساناها با افزایش دما، کاهش می‌یابد.



نمودار تقریبی مقاومت ویژهٔ چند فلز در یک محدودهٔ دمایی

جدول ۳ــ۱ــ مقارمت ویژه در دمای $20^{\circ}C$ و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ برخی از رساناها و نیمرساناها

ماده	مقاومت ویژه $\rho_{\cdot}$ $(\Omega.m)$	ضریب دمایی مقاومت ویژه α (K^{-1})
رسانای فلزی		
نقره	$1/62\times10^{-8}$	$4/1\times10^{-3}$
مس	$1/69\times10^{-8}$	$4/3\times10^{-3}$
طلا	$2/35\times10^{-8}$	$4/0\times10^{-3}$
آلومینیم	$2/75\times10^{-8}$	$4/4\times10^{-3}$
تنگستن	$5/25\times10^{-8}$	$4/5\times10^{-3}$
آهن	$9/68\times10^{-8}$	$6/5\times10^{-3}$
پلاتین	$10/6\times10^{-8}$	$3/9\times10^{-3}$
نیکروم (۵۹ درصد Ni، ۲۳ درصد Cu، ۱۶ درصد Cr)	100×10^{-8}	$4/0\times10^{-4}$
نیمرسانا		
کربن	$3/5\times10^{-5}$	-5×10^{-4}
ژرمانیُم	$0/46$	-5×10^{-2}
سیلیسیم خالص	$2/5\times10^{3}$	-7×10^{-2}

مثال

در دمای $200^\circ C$ مقاومت عنصری به اندازه‌ی ۰/۹ مقاومت آن در دمای صفر است. ضریب تغییر مقاومت با دما (α) برای این عنصر چند $^\circ C^{-1}$ است؟

پاسخ

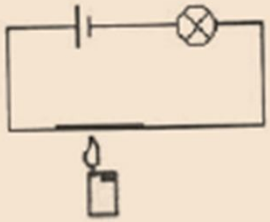
$$R_2 = R_1(1+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta R}{R_1\Delta\theta} = \frac{-0/1R_1}{R_1\times 200} = -0/5\times 10^{-3} = -5\times 10^{-4}\ (\frac{1}{^\circ C})$$

ضریب دمایی مقاومت ویژه برای اکثر فلزها مقداری مثبت است، لذا در اثر افزایش دما مقاومت رساناهای فلزی افزایش می‌یابد. در حالی‌که ضریب دمایی مقاومت ویژه‌ی اکثر غیر فلزها منفی است. بنابراین در اثر افزایش دما مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.

دی ۸۹

با وسایل زیر ، آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد افزایش دما ، بر مقاومت یک سیم فلزی چه اثری دارد .
وسایل : یک سیم نازک از جنس آلیاژ نیکروم ، یک لامپ کوچک چراغ قوه ، یک باتری چراغ قوه ، فندک و سیم رابط

پاسخ



مداری شامل سیم نیکروم ، لامپ و باتری به کمک سیم های رابط می بندیم و روشنایی لامپ را درنظر می گیریم . اکنون توسط شعله ی فندک ، سیم نیکروم را گرم می کنیم و مشاهده می نماییم که روشنایی لامپ کاهش می یابد . نتیجه می گیریم با افزایش دمای سیم ، مقاومت آن نیز زیاد می شود .

شهریور ۹۰

شکل روبه رو نمودار $V-I$ را برای یک رسانا در دو دمای θ_1 ,θ_2 نشان می دهد.

با ذکر دلیل معلوم کنید کدام یک از دماها بیشتر است.

پاسخ

در $V-I$ شیب خط برابر است با مقاومت الکتریکی از طرفی با افزایش دما مقاومت الکتریکی بیشتر می شود پس θ_1 دمای بزرگتری دارد

شهریور ۸۹

مقاومت سیمی از آلیاژ کُرم و نیکل در دمای $۱۰۰^\circ C$ برابر $۱۰/۳۲\Omega$ است. مقاومت این قطعه در دمای $۲۰^\circ C$ چند اهم است؟

$$\alpha = ۴\times ۱۰^{-۴}\ K^{-۱}$$

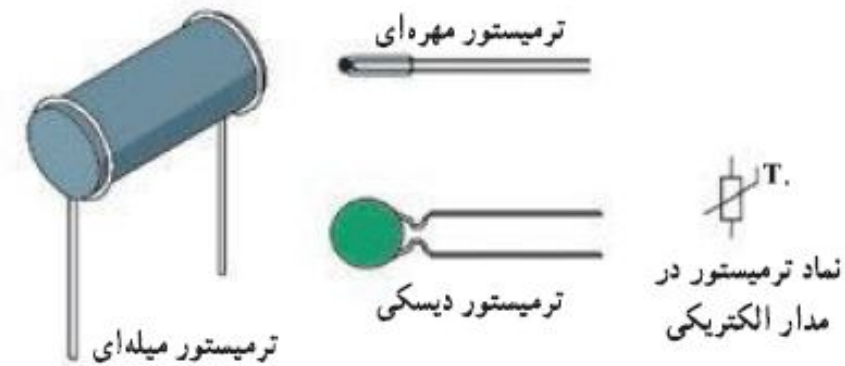
پاسخ

$$R_۲ = R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)$$

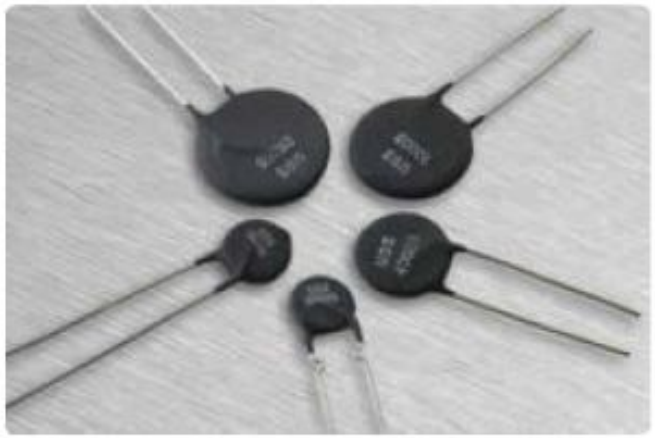
$$۱۰/۳۲ = R_۱(۱+۴\times ۱۰^{-۴}\times ۸۰) \Longrightarrow R_۱ = ۱۰\Omega$$

دماسنج‌های مقاومتی می‌توانند در دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین که دماسنج‌های معمولی کار نمی‌کنند، دما را اندازه بگیرند. در واقع از تغییر مقاومت الکتریکی با دما برای ساختن این دماسنج‌های دقیق استفاده می‌شود. معمولاً در این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌کنند. زیرا پلاتین تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطهٔ ذوب بالایی دارد.

در نوعی دیگر از دماسنج‌های مقاومتی از ترمیستور[1] استفاده می‌شود که شامل یک نیمرسانا یا اکسید فلزی است که مقاومت آن با دما تغییر می‌کند. ویژگی آنها این است که می‌توانند در ابعاد بسیار کوچکی ساخته شوند و به تغییرات دما به سرعت واکنش نشان دهند.



الف) طرحی از چند ترمیستور و نماد آن در مدارهای الکتریکی



ب) تصویری از چند ترمیستور دیسکی واقعی

برخی از استانداردهای مهندسی سیم‌ها

در استانداردهای مهندسی، سیم‌ها را برحسب قطر و مساحت مقطع آنها نمره‌بندی می‌کنند و اندازهٔ مقاومت‌های الکتریکی را با حلقه‌هایی رنگی کدگذاری می‌نمایند.

جدول ۳ــ۲ــ نمره‌بندی سیم‌های توپُر مسی براساس استاندارد AWG*

نمرهٔ سیم	قطر سیم (اینچ **)	جریان بیشینهٔ مجاز (آمپر)	نمرهٔ سیم	قطر سیم	جریان بیشینهٔ مجاز
۰۰۰۰	۰/۴۶	۳۸۰	۲۱	۰/۰۲۸۴۶	۹
۰۰۰	۰/۴۰۹۶۵	۳۲۸	۲۲	۰/۰۲۵۳۵	۷
۰۰	۰/۳۶۴۸	۲۸۳	۲۳	۰/۰۲۲۵۷	۴/۷
۰	۰/۳۲۴۸۵	۲۴۵	۲۴	۰/۰۲۰۱	۳/۵
۱	۰/۲۸۹۳	۲۱۱	۲۵	۰/۰۱۷۹	۲/۷
۲	۰/۲۵۷۶۳	۱۸۱	۲۶	۰/۰۱۵۹۴	۲/۲
۳	۰/۲۲۹۴۲	۱۵۸	۲۷	۰/۰۱۴۲	۱/۷
۴	۰/۲۰۴۳۱	۱۳۵	۲۸	۰/۰۱۲۶۴	۱/۴
۵	۰/۱۸۱۹۴	۱۱۸	۲۹	۰/۰۱۱۲۶	۱/۲
۶	۰/۱۶۲۰۲	۱۰۱	۳۰	۰/۰۱۰۰۲	۰/۸۶
۷	۰/۱۴۴۲۸	۸۹	۳۱	۰/۰۰۸۹۳	۰/۷
۸	۰/۱۲۸۴۹	۷۳	۳۲	۰/۰۰۷۹۵	۰/۵۳
۹	۰/۱۱۴۴۳	۶۴	۳۳	۰/۰۰۷۰۸	۰/۴۳
۱۰	۰/۱۰۱۸۹	۵۵	۳۴	۰/۰۰۶۳	۰/۳۳
۱۱	۰/۰۹۰۷۴	۴۷	۳۵	۰/۰۰۵۶۱	۰/۲۷
۱۲	۰/۰۸۰۸	۴۱	۳۶	۰/۰۰۵	۰/۲۱
۱۳	۰/۰۷۱۹۶	۳۵	۳۷	۰/۰۰۴۴۵	۰/۱۷
۱۴	۰/۰۶۴۰۸	۳۲	۳۸	۰/۰۰۳۹۶	۰/۱۳
۱۵	۰/۰۵۷۰۷	۲۸	۳۹	۰/۰۰۳۵۳	۰/۱۱
۱۶	۰/۰۵۰۸۲	۲۲	۴۰	۰/۰۰۳۱۴	۰/۰۹
۱۷	۰/۰۴۵۲۶	۱۹			
۱۸	۰/۰۴۰۳	۱۶			
۱۹	۰/۰۳۵۸۹	۱۴			
۲۰	۰/۰۳۱۹۶	۱۱			

* American Wire Gauge

** ۱ inch = ۲/۵۴cm

تهیه وتنظیم : رضا زارع دبیر فیزیک ناحیه ۲

مثال

سیم‌کشی منازل معمولاً با سیم‌های مسی نمرهٔ ۱۲ (قطر ۰/۰۸۰۸ اینچ یا معادل $۲/۰۵\times۱۰^{-۳}$ متر) صورت می‌گیرد. مقاومت ۱۰۰m از این سیم‌ها در دمای اتاق چقدر است؟

$$۱/۶۹\times۱۰^{-۸}\Omega.m$$

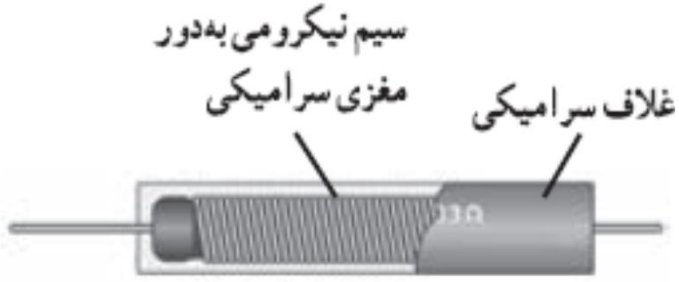
پاسخ

$$A=\pi r^{۲}=\pi D^{۲}/۴=(۳/۱۴)(۲/۰۵\times۱۰^{-۳}m)^{۲}/۴=۳/۳۰\times۱۰^{-۶}m^{۲}$$

$$R=\rho\frac{L}{A}=(۱/۶۹\times۱۰^{-۸}\Omega.m)\frac{(۱۰۰m)}{(۳/۳۰\times۱۰^{-۶}m^{۲})}=۰/۵۱۲\Omega$$

انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی

۱ــ مقاومت‌های پیچه‌ای[۱] که شامل پیچه‌ای از یک سیم نازک هستند که معمولاً جنس آنها آلیاژهایی مانند نیکروم[۲] (آلیاژ نیکل و کرم) یا آلیاژ مس ــ نیکل ــ منگنز (که به آن *منگانین*[۳] می‌گویند) است. این پیچه‌ها عموماً به دور هسته‌ای از جنس سرامیک، پلاستیک یا شیشه پیچیده شده‌اند و در غلافی از جنس سرامیک قرار گرفته‌اند. شکل ۳ــ۱۱ نمونه‌ای از ساختار چنین مقاومت‌هایی را نشان می‌دهد.

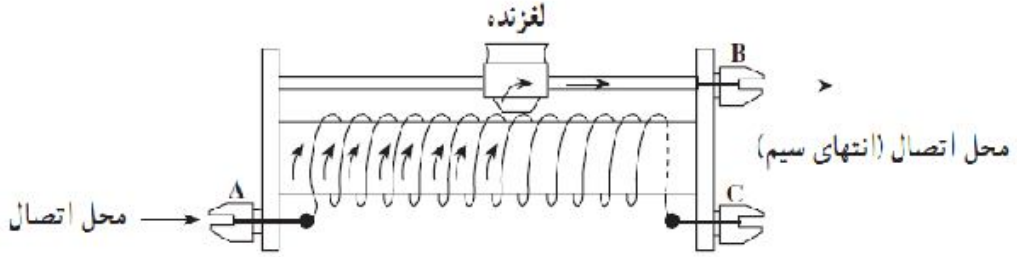


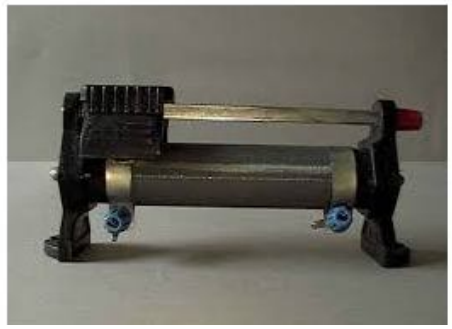
الف) نمونه‌ای از ساختار یک مقاومت پیچه‌ای

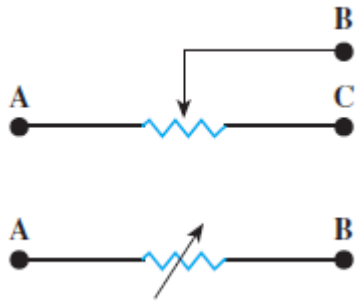
یکی از انواع مشهور این نوع از مقاومت‌ها، رئوستا[۴] نام دارد که در مدارهای الکترونیکی پتانسیومتر[۵] نامیده می‌شود. این نوع مقاومت‌ها، متغیر هستند.

مقاومت متغیر

معمولاً در آزمایشگاه برای تنظیم و کنترل جریان از یک مقاومت متغیر استفاده می‌کنند. این وسیله **رئوستا** نام دارد.





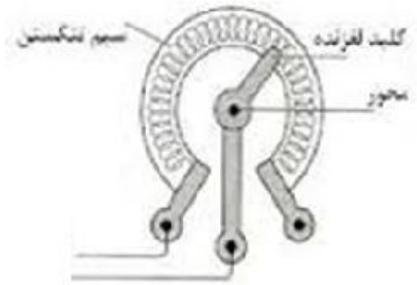


این وسیله از یک سیمِ دراز با مقاومت ویژه‌ی نسبتا زیاد (تنگستن) تشکیل می‌شود.

این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده است. با استفاده از یک دکمه‌ی لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است، می‌توان قسمت‌های دلخواه از سیم را در مسیر جریان قرار داده و مقاومت را به‌دلخواه تغییر داد.

برای استفاده از رئوستا ابتدا آن را با بیش‌ترین مقدار مقاومت در مدار قرار می‌دهند. سپس با لغزنده، مقاومت مناسب را برای جریان مورد نظر تنظیم می‌کنند.

رئوستا به‌صورت‌های دیگری از جمله به شکل دایره‌ای ساخته می‌شود. در این صورت، لغزنده به‌صورت عقربه‌ای در مرکز دایره قرار می‌گیرد.



از جعبه‌ی مقاومت نیز می‌توان به‌عنوان مقاومت متغیر استفاده کرد. ساختمان این جعبه به‌گونه‌ای است که با برداشتن فیش مربوط به هریک از مقاومت‌ها، آن مقاومت در مسیر جریان برق قرار می‌گیرد.

۲ــ مقاومت‌های ترکیبی[1] که معمولاً از کربن، برخی نیمرساناها، و یا فیلم‌های نازک فلزی ساخته شده‌اند که در داخل پوششی پلاستیکی قرار گرفته‌اند.

کدگذاری مقاومت‌ها

از مقاومت الکتریکی در مدارهای مختلف الکتریکی یا الکترونیکی به‌طور گسترده استفاده می‌شود.

برای سهولت شناسایی مقاومت الکتریکی و کاربرد آن‌ها در صنایع الکترونیکی از کدهای رنگی ویژه‌ای استفاده می‌شود. کدهای رنگی اندازه‌ی یک مقاومت الکتریکی را مشخص می‌کنند. این کدها به‌صورت نوارهای رنگی بر روی مقاومت‌ها، طراحی می‌شوند.

در این نوع مقاومت‌ها اغلب از کربن هم استفاده می‌شود ؛ به این دلیل آن‌ها را **مقاومت کربنی** نیز می‌گویند.

مقاومت‌های کربنی معمولاً با توان کم ــ بین ۱ تا ۲ وات ــ کار می‌کنند.

در روی مقاومت کربنی چهار حلقه‌ی رنگی مشاهده می‌شود

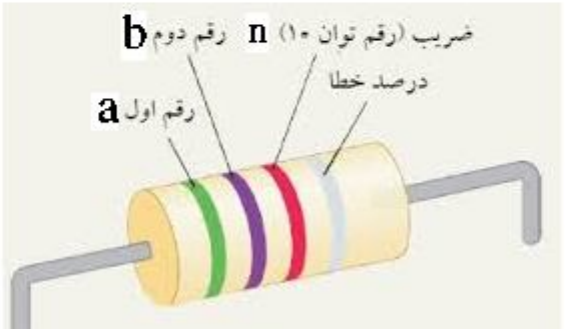
حلقه‌ی طلایی یا نقره‌ای را سمت راست قرار می‌دهیم و حلقه‌ها را از سمت چپ به ترتیبِ رقم اول و رقم دوم و سوم نام‌گذاری می‌کنیم. هر رنگ معرف عددی است

حلقه‌ی طلایی یا نقره‌ای را سمت راست قرار می‌دهیم و حلقه‌ها را از سمت چپ به ترتیبِ رقم اول و رقم دوم و سوم نام‌گذاری می‌کنیم. هر رنگ معرف عددی است

حلقه‌ی اول از سمت چپ رقم اول و حلقه‌ی دوم، رقم دوم مقاومت را نشان می‌دهد. رقم سوم ضریب مقاومت به صورت 10^{n} است .

حلقه‌ی چهارم درصد خطا را درتعیین مقاومت مشخص می‌کند.

رنگ	رقم	درصدخطا
سیاه	۰	---
قهوه‌ای	۱	۱٪
قرمز	۲	2٪
نارنجی	۳	3٪
زرد	۴	4٪
سبز	۵	---
آبی	۶	---
بنفش	۷	---
خاکستری	۸	---
سفید	۹	---
طلایی	---	۵٪
نقره‌ای	---	۱۰٪
بی رنگ	---	۲۰٪



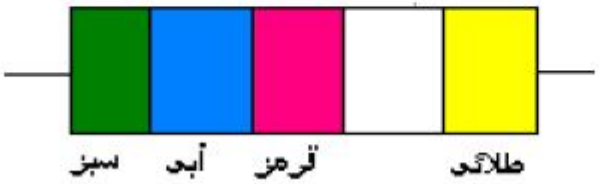
$$R = \overline{ab} \times 10^{n}$$

رقم سوم ← n

رقم اول ← a

رقم دوم ← b

مثال : با توجه به شکل اگر قرمز-۲ و سبز-۵ و آبی-۶ باشد، اندازه ی مقاومت چند اهم است؟

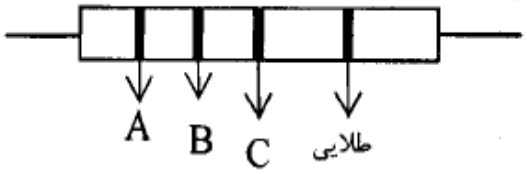


پاسخ

$$۵۶ \times ۱۰^{۲}\ \Omega$$

خرداد۹۲

با توجه به کد رنگ های زیر ، حلقه های مقاومت کربنی را به ترتیب حرف های روی شکل چنان تعیین کنید که اندازه ی مقاومت الکتریکی ۴۳۰۰ Ω باشد.
(قرمز= ۲ ، نارنجی =۳ ، زرد = ٤)



پاسخ

A= زرد **B= نارنجی** **C= قرمز**

$$R = \overline{ab} \times ۱۰^{n} = ۴۳۰۰\ \Omega$$

مثال : کد رنگی : سبز–۵ و زرد–۴ و سیاه– صفر می باشد. مقاومت ۴۵ اهمی طراحی کنید.

پاسخ

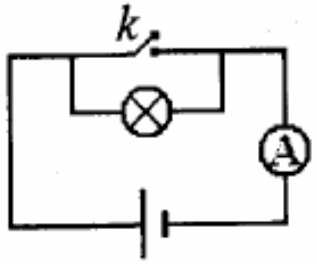
توجه : نوار چهارم درصد خطای مقاومت را مشخص می‌کند. چون مقاومت‌ها به‌وسیله‌ی کارخانه‌های مختلف تولید می‌شوند، تغییرات مواد مصرفی برای تولید آن‌ها می‌تواند سبب تغییراتی در اندازه‌ی مقاومت آن‌ها می‌شود.

وقتی این مقاومت‌ها را در مدارهای مختلف الکتریکی و الکترونیکی به‌کار بریم مقاومت مدار می‌تواند اندکی بیشتر یا کمتر از آن‌چه مورد لزوم است باشد. بنابراین باید درصد خطای آن‌ها با کدهای معین مشخص شده باشد.

مقاومتی که با دقت خوبی محاسبه شده باشد دارای ۵ نوار رنگی است. سه نوار اول نشان‌دهنده‌ی اولین سه شاخص مقاومت، نوار چهارم تعداد صفرها و نوار پنجم درصد خطا را نشان می‌دهد (درصد خطا $\pm$ $\overline{abc} \times 10^{n}$).

خرداد۸۸

درمدار مقابل ، لامپ روشن است و آمپرسنج شدت جریان مدار را نشان می دهد . اگر کلید k بسته شود :



الف) چه تغییری در وضع روشنایی لامپ ایجاد خواهد شد ؟

ب) کدام قسمت مدار ممکن است آسیب ببیند ؟

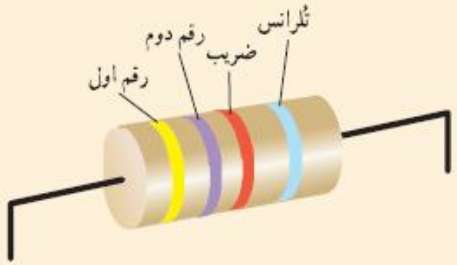
ج) چگونه به کمک یک رئوستا می توانیم از این آسیب جلوگیری کنیم ؟

پاسخ

الف) لامپ خاموش می شود . **ب) آمپرسنج**

ج) رئوستا را به طور متوالی در مدار می بندیم تا از افزایش بیش از حد جریان در مدار ، جلوگیری کند .

تمرین ۳ـ۲



مقدار مقاومت نشان داده شده در شکل چقدر است؟

با استفاده از جدول ۳ـ۳ و دستورالعمل کتاب داریم :

$R = (\text{رقم اول})(\text{رقم دوم}) \times ۱۰^{(\text{رقم سوم})} = (۴)(۷) \times ۱۰^{۲} = ۴۷۰۰\Omega$

بنابراین مقدار مقاومت نشان داده شده $۴/۷k\Omega$ و با تُلرانس ۱۰ درصد است.

نیروی محرکه‌ی مولد

بارهای الکتریکی ضمن شارش در مدار، انرژی جنبشی‌ای را که به‌دست آورده‌اند از دست می‌دهند. کارمولّد این است که این انرژی را دوباره تأمین کند.

بارهای الکتریکی در رسانا از پتانسیل بالاتر به پتانسیل پایین‌تر شارش می‌کنند و وارد مولّد می‌شوند. مولّد با صرف انرژی، بارهای الکتریکی را از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر سوق می‌دهد و سبب شارش آن‌ها در مدار می‌شود.

بارهای الکتریکی هنگام شارش در رسانا، انرژی خود را از دست می‌دهند. برای این‌که شارش بار در مدار تداوم یابد، این انرژی باید به‌وسیله‌ی مولّد تأمین شود

باتری به زنجیره‌ی بارها در مدار انرژی می‌دهد تا با سرعت ثابت حرکت کنند. یعنی باتری مولد انرژی است نه بار!

کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا در مدار جریان یابد

اصطلاحاً نیروی محرکهٔ الکتریکی (emf) نامیده و با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود :

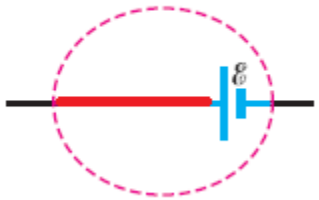
$$\mathscr{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

یکای نیروی محرکه ژول بر کولن $(\frac{J}{C})$ است یا ولت نامیده می‌شود.

منابع نیروی محرکهٔ الکتریکی آرمانی یا واقعی هستند.

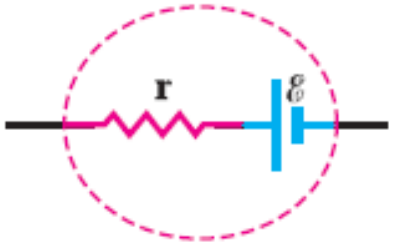
اگر پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با a و b نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکهٔ الکتریکی آن وسیله است :

$$V_a - V_b = \mathscr{E}$$



ولی منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و این منابع دارای مقاومتی داخلی (درونی) هستند.

یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت داخلی بارها وجود دارد.



وقتی جریان از منابع واقعی بگذرد اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکهٔ الکتریکی خواهد شد.

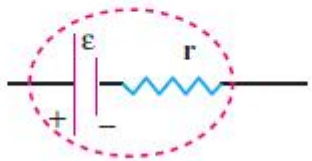
مثال برای مدت کوتاهی دو سر باتری را با سیم رابط به هم وصل کنید. بدنه‌ی باتری را لمس کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

پاسخ

گرم می‌شود.

گفتیم باتری مولد انرژی است. اما آزمایش اخیر نشان می‌دهد که ضمن عبور جریان از باتری دمای آن افزایش یافته است یعنی در باتری مانند یک مصرف‌کننده مقداری از انرژی به انرژي درونی تبدیل شده است. پس می‌توانیم درون باتری یک مقاومت کوچک فرض کنیم که به آن مقاومت درونی می‌گوییم.

در شکل یک مولّد به نیروی محرکه‌ی ε و مقاومت درونی r نشان داده شده است.



افت پتانسیل در مقاومت

اگر شکل معرف یک قطعه رسانا باشد که به دو سر آن اختلاف پتانسیل ثابتی اعمال شده است :

الف) پتانسیل الکتریکی مقطع‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

الف) می‌دانیم که وقتی در جهت میدان حرکت کنیم به طرف نقطه‌هایی با پتانسیل الکتریکی کمتر می‌رویم پس : $V_B<V_A$

ب) اگر مقاومت الکتریکی بین A و B برابر R باشد، با استفاده از قانون اُهم، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B چگونه محاسبه می‌شود؟

ب) طبق قانون اُهم می‌دانیم $\frac{V}{I}=cte$ که مقدار ثابت آن همان مقاومت قطعه است.

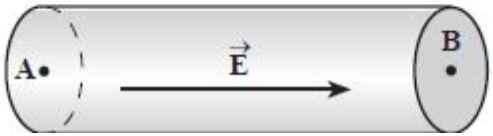
پس : $V=IR$

لازم به یادآوری است که در رابطه‌ی اخیر منظور از V همان اختلاف پتانسیل و یا ΔV است.

پ) با توجه به قسمت‌های الف و ب اختلاف پتانسیل مقطع B نسبت به A را تعیین کنید.

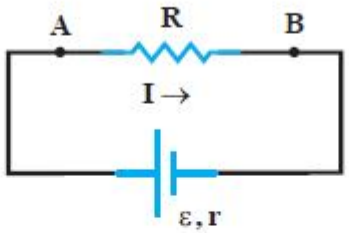
پ) در قسمت الف گفتیم که پتانسیل نقطه‌ی B از A کمتر است پس قطعاً V_B-V_A مقداری منفی و با توجه به قسمت ب برابر با IR است یعنی داریم : $\Delta V=V_B-V_A=(-)IR\Rightarrow V_B=V_A-IR$

چگونه می‌توان در یک رسانا مانند شکل میدان الکتریکی تولید کرد که در نتیجه‌ی آن جریان برقرار شود



باید سرقسمت A را پتانسیل مثبت و سر قسمت B را به پتانسیل منفی وصل کنیم و در این شرایط بارهای مثبت از نقطه‌ی A به سمت B روان می‌شوند.

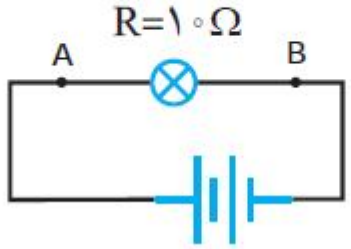
پس می‌توانیم بگوییم که قطعه‌ی نشان داده شده در شکل **بالا** همان مقاومت R در شکل **پایین** است.



یعنی در هر مدار الکتریکی با عبور از قطعه‌های مقاومت‌دار افت پتانسیل الکتریکی به‌وجود می‌آید.

حال اگر مقاومت قطعه ناچیز باشد و بتوان آن را نادیده گرفت طبق رابطه‌ی A پتانسیل دو سر آن یکسان خواهد شد و می‌توانیم از افت پتانسیل آن صرفنظر کنیم.

مثال : هرگاه مدار شکل مربوط به یک چراغ‌قوه باشد و بدانیم مقاومت لامپ آن ۱۰Ω و جریان عبوری از آن ۰/۳A است، $V_B - V_A$ را حساب کنید.



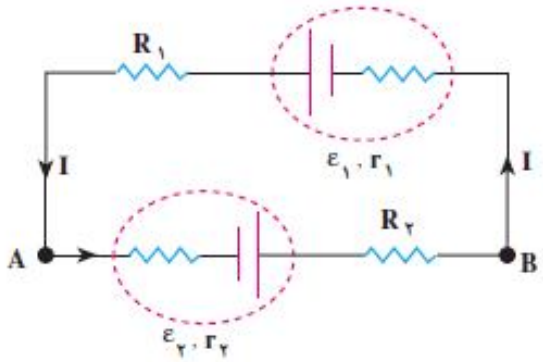
پاسخ :

$I = ۰/۳A \qquad V_B - V_A = -IR$

$V_B - V_A = ? \qquad V_B - V_A = -(۰/۳)(۱۰) = -۳V$

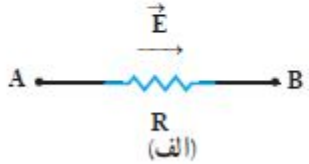
مدارهای تک حلقه

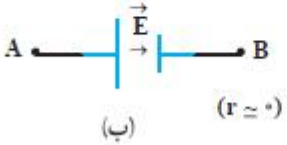
یک مدار الکتریکی ساده‌ی تک حلقه از یک یا چند مولّد و یک یا چند مقاومت تشکیل شده است که یکی پس از دیگری به کمک سیم‌های رابط به دنبال هم بسته شده‌اند. شدت جریان در تمام قسمت‌های مدار یکسان است.



محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار

مثال در هر یک از شکل‌ها ضمن بررسی و مقایسه‌ی پتانسیل الکتریکی نقاط A و B، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبتی را که در شکل الف از A به B و در شکل ب از B به A می‌رود مشخص کنید.





پاسخ

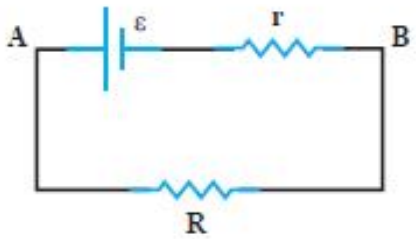
الف) $V_A > V_B$ و جهت جریان از A به B است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه‌ی q (IR) کاهش می‌یابد.

$$U_A - IRq = U_B$$

ب) باز هم $V_A > V_B$ اما جهت جریان از B به A است و بار الکتریکی مثبت در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود و انرژی پتانسیل ان افزایش می‌یابد :

$$U_B + q\varepsilon = U_A$$

مثال در شکل تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبتی را که از یک نقطه در جهت جریان حرکت می‌کند و پس از طی دور کامل به همان نقطه می‌رسد، بررسی کنید.



پاسخ

در این مدار جریان پادساعتگرد است. اگر انرژی بار را در نقطه‌ی A برابر U_A انتخاب کنیم

$$U_A - IRq - Irq - \varepsilon q = U_A$$

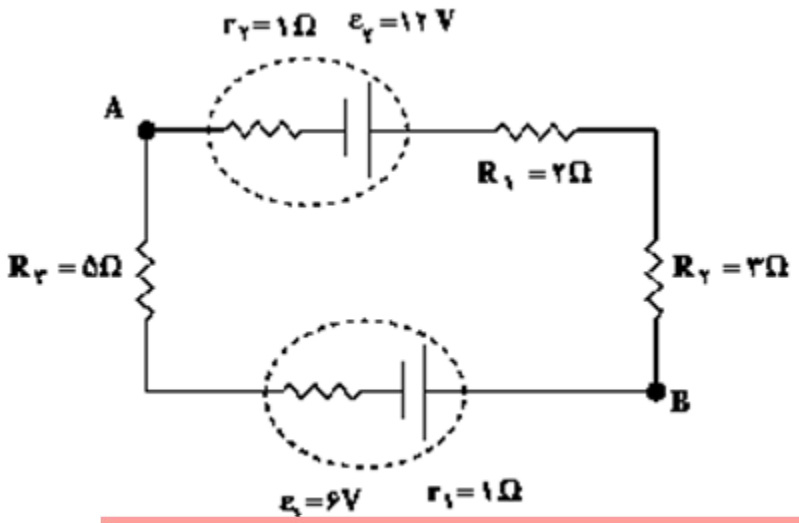
اگر طرفین این رابطه را بر q تقسیم کنیم، رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$V_A - IR - Ir - \varepsilon = V_A$$

قاعدهٔ حلقه یا قانون ولتاژ کیرشهوف : در هر حلقه یا هر مدار بسته، مجموع جبری اختلاف‌پتانسیل‌ها صفر است.

$\sum V = 0$ (این قانون براساس قانون پایستگی انرژی بیان می شود)

استراتژی حل مسائل تک حلقه

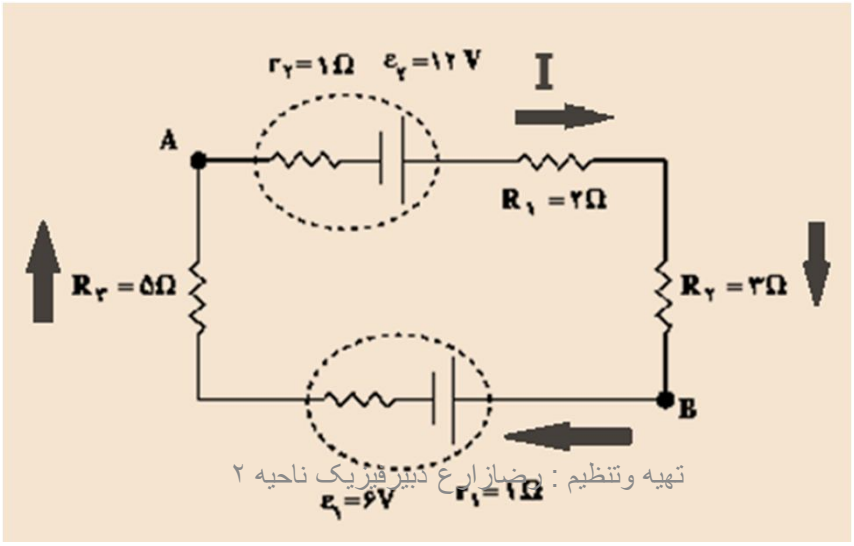


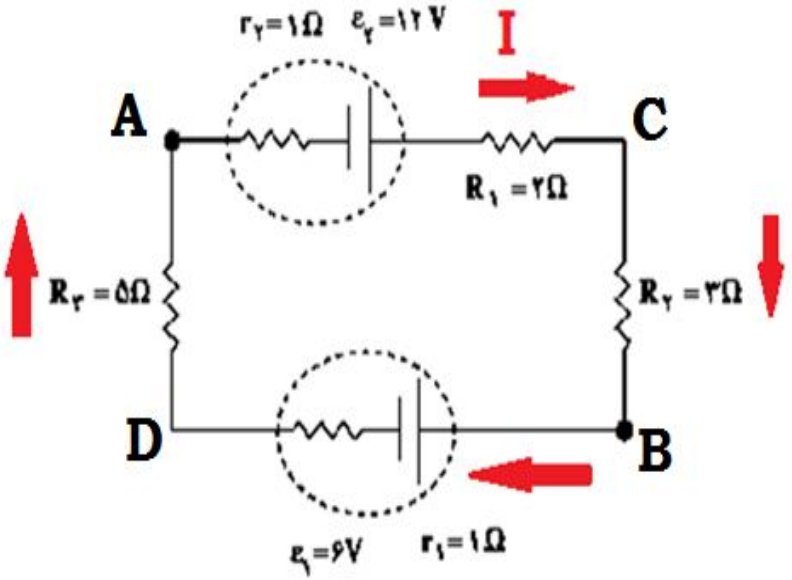
درمدار شکل مقابل مطلوبست

الف) شدت جریان درمدار ؟

۱– جهتی رابرای جریان فرض کرده آن را روی شکل مشخص می کنیم.

غلط یا صحیح بودن فرض جهت جریان در حل مسئله اثری ندارد. اگرفرض ما غلط باشد علامت جریان منفی بدست می ایدواین به ان معنی است که جهت جریان واقعی خلاف جهت فرضی است.





۲ – جهت حرکت روی حلقه را انتخاب کرده قانون اختلاف پتانسیل ها رابرای آن می نویسیم. اگر درجهت جریان فرضی برویم تغییرپتانسیل درIR منفی و اگر درخلاف آن برویم مثبت است.

اگراز پایانه ی مثبت مولدبه پایانه ی منفی ان برویم علامت ε منفی

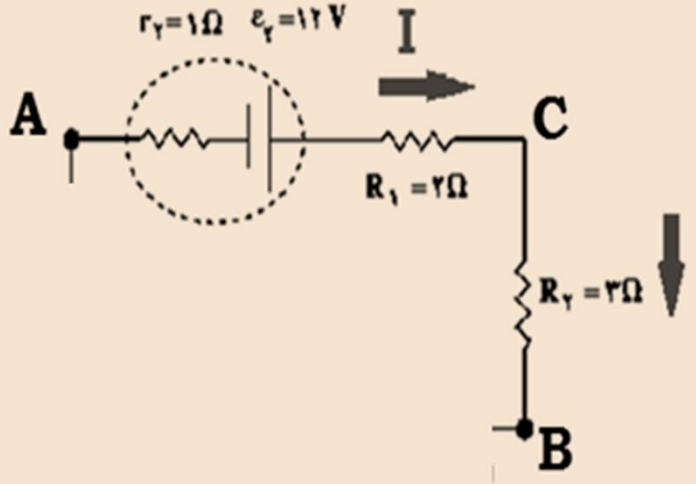
واگر از پایانه منفی به مثبت برویم علامت ε مثبت است.

ACBDA: $V_A - Ir_2 + \varepsilon_2 - IR_1 - IR_2 - \varepsilon_1 - Ir_1 - IR_3 = V_A$

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2} \Rightarrow I = \frac{۱۲-۶}{۲+۳+۵+۱+۱} = ۰/۵A$$

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

ب)اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B؟



$$V_A - Ir_2 + \varepsilon_2 - IR_1 - IR_2 = V_B$$

$$-۰/۵\times۱+۱۲-۰/۵\times۲-۰/۵\times۳ = V_B - V_A$$

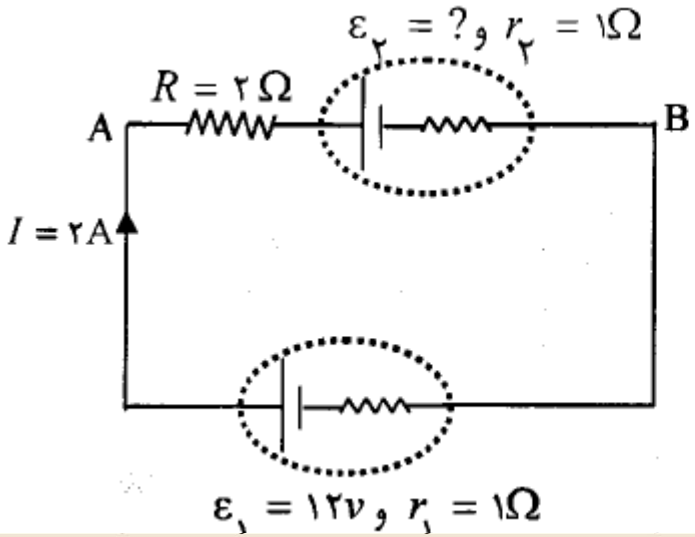
$$V_B - V_A = ۹ \text{ ولت}$$

خرداد۹۱

با توجه به جهت جریان در مدار شکل مقابل ، حساب کنید :

الف) مقدار ε_2

ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ی A و B $(V_B - V_A)$



پاسخ

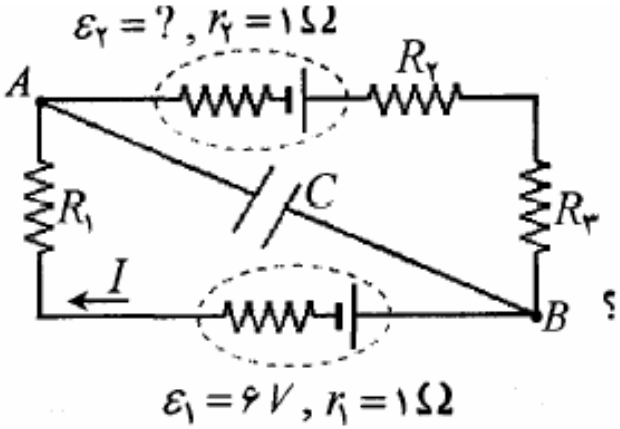
الف)

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \rightarrow 2 = \frac{12 - \varepsilon_2}{2 + 1 + 1} \rightarrow \varepsilon_2 = 4V$$

ب)

$$V_A - RI - \varepsilon_2 - Ir_2 = V_B \rightarrow V_A - 2\times 2 - 4 - 2\times 1 = V_B \rightarrow V_B - V_A = -10V$$

خرداد۸۸



در مدار شکل مقابل ، شدت جریان در جهت نشان داده شده برابر ۰/۵ آمپر است .

الف) ε_2 را حساب کنید .

ب) اختلاف پتانسیل دو نقطه ی A و B ، $(V_B - V_A)$ چه قدر است ؟

ج) انرژی ذخیره شده در خازن چند میکروژول است ؟

$(R_1 = 5\Omega \ , \ R_2 = 2\Omega \ , \ R_3 = 3\Omega \ , \ C = 4\ \mu F)$

پاسخ

الف)

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2} \qquad 0/5 = \frac{\varepsilon_2 - 6}{5+2+3+1+1} \qquad \varepsilon_2 = 12\ V$$

ب)

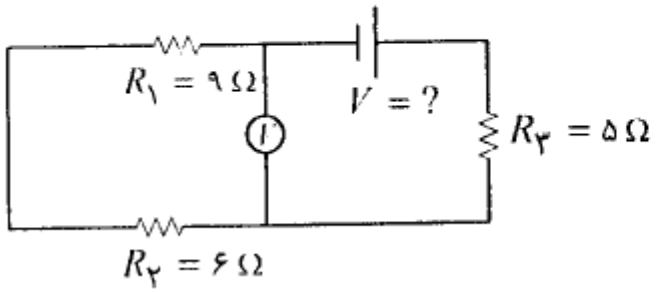
$$V_B - \varepsilon_1 - r_1 I - R_1 I = V_A$$
$$V_B - V_A = 6 + 0/5 + 2/5 = 9\ V$$

ج)

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \qquad U = \frac{1}{2} \times 4 \times 81 = 162\ \mu J$$

خرداد۸۳

در مدار روبه رو ، ولت سنج ۱۵ ولت را نشان می دهد . اختلاف پتانسیل دو سر مولد چند ولت است ؟



پاسخ

$$V = (R_۱ + R_۲)I \qquad ۱۵ = ۱۵I \Rightarrow I = ۱A$$

$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳ = ۲۰\Omega$$

$$V = R_T I = ۲۰ \times ۱ = ۲۰v$$

مثال : باتری‌ای با نیروی محرکه‌ی ۱۲V و مقاومت درونی ۲Ω داریم. اگر جریان در باتری

الف) از پایانه‌ی منفی به مثبت ب) از پایانه‌ی مثبت به منفی پ) صفر باشد،

آیا اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های باتری بزرگتر از، کوچکتر از یا مساوی ۱۲V است؟

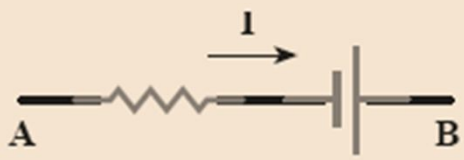
پاسخ

الف)

$V_A - Ir + \varepsilon = V_B$

$V_B - V_A = \varepsilon - Ir$

$V_B - V_A < \varepsilon$

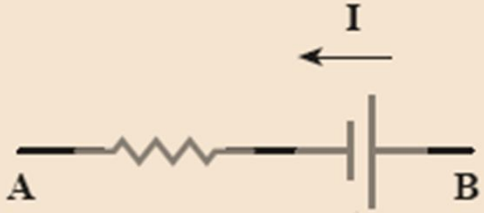


ب)

$V_A + Ir + \varepsilon = V_B$

$V_B - V_A = \varepsilon + Ir$

$V_B - V_A > \varepsilon$



پ)

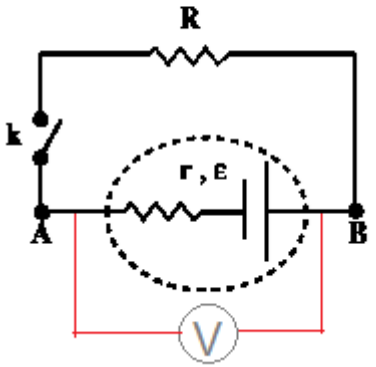
$I = 0$

$V_B - V_A = \varepsilon$

مثال درمدار شکل مقابل ولت سنج چه عددی را نشان می دهد در صورتی که:

الف) کلید k باز است.

ب)کلید k بسته است



پاسخ

الف) در حالتی که کلید باز است، $I = 0$ و داریم :

$$V_A - 0 \times r + \varepsilon = V_B$$

$$V_B - V_A = \varepsilon$$

در حالتی که جریان از مولّد نگذرد ($Ir = 0$) اختلاف پتانسیل دو سر مولّد با نیروی محرکه مولد برابر است ؛

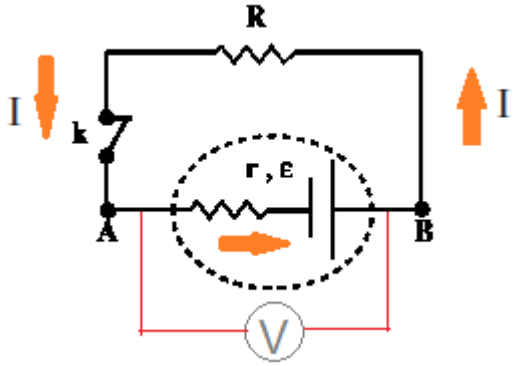
نیروی محرکه‌ی مولّد برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولّد است وقتی که جریانی از آن نگذرد.

اگر پایانه‌های یک مولد را فقط به دو سر یک ولت‌سنج ببندیم، چون عملاً جریانی برقرار نمی‌شود،(ولت‌سنج وسیله ای است با مقاومت زیاد) عددی که ولت سنج نشان می‌دهد، برابر نیروی محرکه‌ی مولد است.

ب) اگر از نقطه‌ی A در جهت جریان به سمت B جلو برویم، می‌توانیم بنویسیم :

$V_A - Ir + \varepsilon = V_B$

اختلاف پتانسیل دو سر مولّد $V_B - V_A = \varepsilon - Ir$

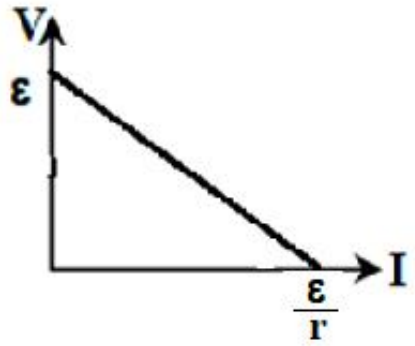


وقتی جریان I از مولّد می‌گذرد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد به اندازه‌ی Ir از نیروی محرکه‌ی مولّد کم‌تر است .

تفاوت بین اختلاف پتانسیل دو سر باتری و نیروی محرکه‌ی آن افت پتانسیل در باتری نامیده می‌شود و آن اختلاف پتانسیل الکتریکی است که برای برقراری جریان در باتری لازم است.

افت پتانسیل در مولد $= Ir = \varepsilon - V_{AB}$

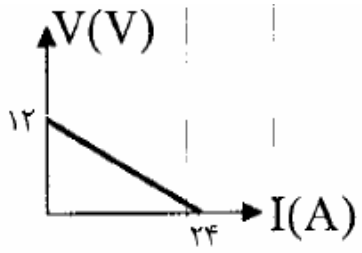
اختلاف پتانسیل دو سر مولد



$I=0 \Rightarrow V=\varepsilon$

$V=0 \Rightarrow Ir=\varepsilon \Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{r}$

شهریور ۸۹

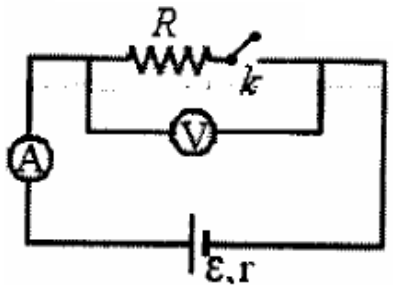


نمودار تغییرات ولتاژ نسبت به جریان برای یک مولد مطابق شکل است . **نیروی محرکه ومقاومت درونی** مولد چه قدر است ؟

پاسخ

$$V_{max} = \varepsilon = ۱۲\ V \quad \Rightarrow \quad r = \frac{\varepsilon}{I_{max}} = ۰/۵\ \Omega$$

خرداد ۸۹

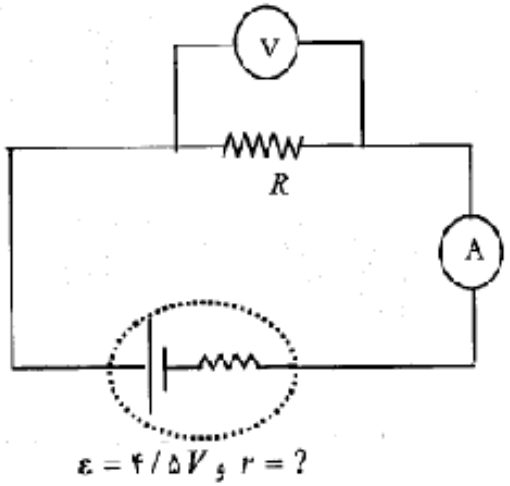


در مدار شکل مقابل ، وقتی کلید را می بندیم ، عدد ولت سنج ، تغییر محسوسی نمی کند در حالی که آمپرسنج عدد جریان را نشان می دهد . علت را بنویسید .

پاسخ

وقتی کلید باز است : $V = \varepsilon$ وقتی کلید بسته است : $V = \varepsilon - Ir$ و چون $I \neq ۰$ است ، نتیجه می گیریم **مقاومت درونی باتری صفر** است .

شهریور ۹۲



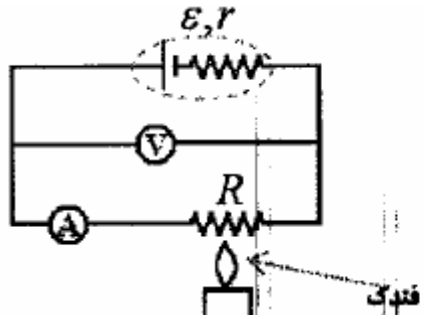
در مدار شکل زیر، ولت سنج ۴ ولت و آمپرسنج ۰/۵A را نشان می‌دهد. مقاومت درونی مولد را محاسبه کنید.

پاسخ

$$V = \varepsilon - Ir$$

$$۴ = ۴/۵ - ۰/۵r \quad \rightarrow r = ۱\Omega$$

شهریور ۸۸

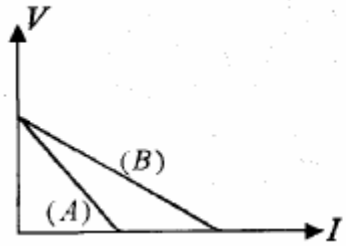


در شکل مقابل ، مقاومت R ، یک رشته ی تنگستن (رشته ی داخل لامپ) است . اگر شعله ی فندک را زیر این رشته قرار دهیم ، عددهای آمپرسنج و ولت سنج چگونه تغییر می کنند ؟ توضیح دهید .

پاسخ

مقاومت R زیاد شده و طبق رابطه ی $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ ، عدد آمپرسنج کاهش می یابد و طبق رابطه ی $V = \varepsilon - Ir$ ، عدد ولت سنج افزایش می یابد

خرداد ۸۸

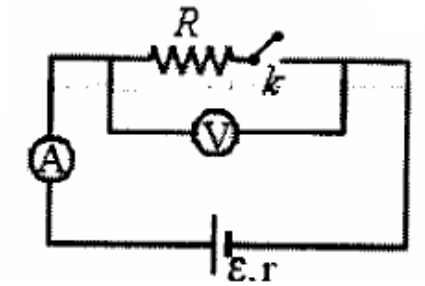


نمودار $V-I$ برای دو سر باتری های A و B مطابق شکل است :
یک مورد **تفاوت** و یک مورد **شباهت** را برای این باتری ها بنویسید .

پاسخ

مقاومت درونی ان ها متفاوت است ، نیروی محرکه ی دو باتری مساوی است

خرداد۸۹



در مـدار شکل مقابل ، وقتی کلیـد را می بنـدیم ، عـدد ولت سنج ، تغییـر محسوسی نمی کنـد در حالی که آمپرسنج عـدد جـریان را نشان می دهـد . علت را بنویسیـد .

پاسخ

وقتـی کلیـد باز است : $V = \varepsilon$

وقتـی کلیـد بسته است : $V = \varepsilon - Ir$ و چون $I \neq 0$ است ، نتیجـه می گیریم **مقاومت درونی باتـری صفر** است .

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

پاسخ

با افزایش مقاومت درونی باتری جریان عبوری کاهش می‌یابد و استارتر خودرو نیاز به جریان کافی دارد.

جالب است بدانید جریان عبوری از موتور استارتر هنگام روشن‌کردن خودرو حدود ۵۰ آمپر است

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 پی در پی به پایانه‌ی منفی دیگری وصل کنیم) تا نیروی محرکه‌ی کل آن‌ها ۱۲ ولت شود، آیا با این مجموعه می‌توان اتومبیل را روشن کرد؟ چرا؟

پاسخ

باتری‌های قلمی نمی‌توانند خودرو را روشن کنند زیرا استارتر خودرو نیاز به جریان زیاد دارد مقاومت درونی باتری‌های قلمی اجازه‌ی برقراری جریان لازم را نمی‌دهند، با اینکه نیروی محرکه‌ی مجموعه‌ی آن‌ها همان ۱۲ ولت است.

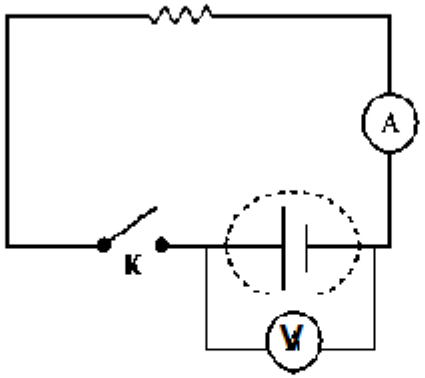
اندازه‌گیری مقاومت درونی مولّد

مقاومت درونی مولد را نمی توان با اهم سنج اندازه گیری کرد

برای اندازه گیری مقاومت درونی مولد می توان به روش زیر عمل کرد.

وسیله‌های آزمایش: باتری ۹ ولت، ولت‌سنج، آمپرسنج و یک مقاومت، کلید قطع و وصل.

۱ــ مدار را مطابق شکل ببندید.



۲ــ در حالتی که کلید باز است، اختلاف پتانسیل دو سر باتری را با ولت‌سنج اندازه بگیرید.($V = \varepsilon$)

۳ــ کلید را وصل کنید و در این حالت، شدت جریان (I) و اختلاف پتانسیل دو سر باتری (V) را بخوانید.

با استفاده از رابطه ی $V = \varepsilon - Ir$ مقاومت درونی باتری را محاسبه کنید.

تمرین ۳ـ۳

مثال ۳ـ۵ را با حرکت در خلاف جهت جریان نشان داده شده حل و نتیجه را با پاسخ مثال مقایسه کنید.

الف) اگر مدار را در خلاف جهت جریانِ نشان داده شده بپیماییم، با استفاده از قاعدهٔ حلقه کیرشهوف داریم :

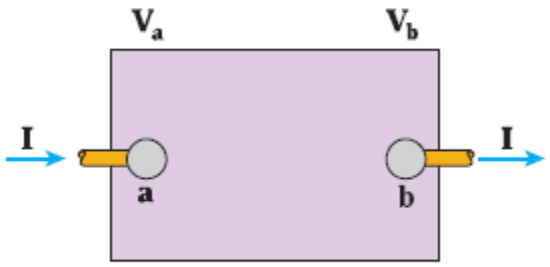
$$-\mathscr{E} + Ir + IR = 0 \quad \Rightarrow \quad I = \frac{\mathscr{E}}{r+R} = \frac{12V}{4/0\Omega + 2/0\Omega}$$

ب) اگر از نقطهٔ b در خلاف جهت جریان I به سمت نقطهٔ a حرکت کنیم، خواهیم داشت :

$$V_b + Ir - \mathscr{E} = V_a \quad \Rightarrow \quad V_b - V_a = \mathscr{E} - Ir$$

توان در مدارهای الکتریکی

جعبهٔ شکل یک عنصر مداری را نشان می‌دهد که می‌تواند باتری، مقاومت و یا هرچیز دیگری باشد که اختلاف پتانسیلی بین پایانه‌های ان برقرار است.



فرض کنید بار Δq در مدت زمان Δt تحت اختلاف پتانسیل $\Delta V = V_b - V_a$ از پایانهٔ a به پایانهٔ b این جزء مدار برود.

کار نیروی خارجی برای چنین انتقالی برابر است با

$$\Delta V = \frac{W}{\Delta q} \Rightarrow W = (\Delta q)(\Delta V)$$

از طرفی توان الکتریکی، آهنگ انجام این کار است

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

$P = I\Delta V$

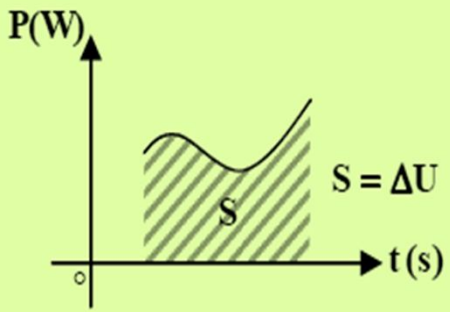
- توان برحسب وات (W)
- جریان برحسب آمپر (A)
- اختلاف پتانسیل برحسب ولت (V)

توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت

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

در برخی از کتاب‌ها، مرسوم است که رابطهٔ $P_{\text{مصرفی}} = \frac{(\Delta V)^2}{R}$ را به‌صورت $P_{\text{مصرفی}} = V^2/R$ می‌نویسند که در آن V همان اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت است.

نکته: سطح محصور بین نمودار $P-t$ و محور زمان برابر انرژی مصرفی در مدار است:



مثال : به دو سر یک قطعه‌ی مداری با مقاومت R، اختلاف پتانسیل V وصل کرده‌ایم و از آن جریان I می‌گذرد و در آن انرژی الکتریکی به انرژی درونی تبدیل می‌شود. تعیین کنید که هر یک از تغییرات زیر چه تأثیری بر توان مصرفی مدار دارد؟

الف) در حالی‌که مقاومت الکتریکی قطعه ثابت است اختلاف پتانسیل دو سر آن را دو برابر کنیم

پاسخ :

الف)

$V'=۲V$

$R'=R$

$$P'=\frac{V'^{۲}}{R'}=\frac{(۲V)^{۲}}{(R)}=\frac{۴V^{۲}}{R}=۴P$$

ب) اگر قطعه‌ی دیگری با مقاومت ۲R را به همان اختلاف پتانسیل اولیه وصل کنیم.

ب)

$R'=۲R$

$V'=V$

$$P'=\frac{V'^{۲}}{R'}=\frac{V^{۲}}{۲R}=\frac{۱}{۲}(\frac{V^{۲}}{R})$$

$$P'=\frac{۱}{۲}P$$

مثال : دو لامپ یکی با مشخصات ۱۰۰W و ۲۲۰V و دیگری ۲۰۰W و ۲۲۰V داریم.

الف) مقاومت کدام لامپ بیشتر است؟

$P_1=100W \quad V_1=220V \quad R_1=? \quad P_2=200W \quad V_2=220V \quad R_2=?$

$$P_1=\frac{V_1^2}{R_1}\Rightarrow R_1=\frac{V_1^2}{P_1}$$

$$R_1=\frac{(220)^2}{100}=484\,\Omega$$

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{P_1}{P_2}$$

$$\frac{R_2}{484}=\frac{100}{200}\Rightarrow R_2=242\,\Omega$$

ب) اگر لامپ ۱۰۰ واتی را به اختلاف پتانسیل ۱۶۷V وصل کنیم توان مصرفی آن چقدر خواهد شد؟

اگر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ تغییر کند، جریان گذرنده و در نتیجه توان مصرفی تغییر می‌کند اما مقاومت ان تغییری نمی‌کند.

$R_1=484\Omega$

$V'_1=167V$

$P'_1=?$

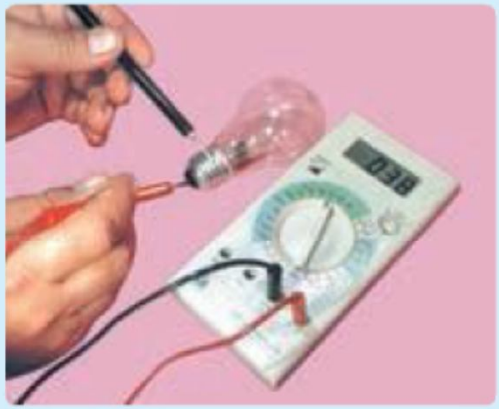
$$P'_1=\frac{V_1'^2}{R_1}=\frac{(167)^2}{484}=57/62W$$

فعالیت ۳ـ۲

تحقیق کنید چرا در خطوط انتقال برق، انرژی الکتریکی به جای اینکه با جریان بالا و ولتاژ پایین انتقال یابد با ولتاژ بالا و جریان پایین منتقل می‌شود.

راهنمایی : به تفاوت توان تولیدی و توان مصرفی بیندیشید.

وقتی برق به یک خطّ انتقال فرستاده می‌شود، بخشی از انرژی الکتریکی هنگام برخورد الکترون‌ها (که جریان را می‌سازند) با اتم‌ها، مولکول‌های موجود در مسیر رسانا به صورت انرژی گرمایی تلف می‌شود. مقدار انرژی الکتریکی تلف شده در این مسیر برابر با حاصل‌ضرب مقاومت خطّ انتقال و مربع جریان است ($P_{\text{مصرفی}} = I^2R$) بنابراین، برای کم نگه‌داشتن اتلاف، انرژی الکتریکی با شدت جریان پایینی انتقال داده می‌شود. این بدان معناست که برای حصول توان مورد نظر، ولتاژ بایستی بالا باشد تا این، کم‌شدن جریان را خنثی کند ($P = I\Delta V$) البته در نقطهٔ توزیع انرژی ــ مثلاً یک خانه ــ مبدّل (ترانسفورماتوری) ولتاژ برق را به مقداری پایین‌تر (که ایمن‌تر است) و جریان برق را به مقداری بالاتر (که البته توسط مدارشکن‌ها و فیوزها محدود می‌گردد) تغییر می‌دهد.



الف) با یک اهم‌متر، مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ ۱۰۰واتی خاموش را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطهٔ ۳ــ۸ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجهٔ محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری مقایسه کنید و نتیجه را پس از بحث گروهی گزارش دهید.

ب) اکنون با استفاده از نتیجهٔ به‌دست آمده دمای رشتهٔ سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشته سیم لامپ از جنس تنگستن است که ضریب دمایی آن در جدول ۳ــ۱ داده شده است).

پاسخ

ردیف	توان اسمی (W)	ولتاژ اسمی (V)	مقاومت اندازه‌گیری‌شده (Ω)	$R=\frac{V^2}{P}$ (Ω)
۱	۰/۷۵	۲/۵	۱	۸/۳
۲	۲۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۹۳۶
۳	۴۰	۲۲۰	۱۰۵	۱۲۱۰
۴	۶۰	۲۲۰	۶۳	۸۰۶/۷
۵	۱۰۰	۲۲۰	۴۰	۴۸۴

شهریور ۸۹

مقاومت الکتریکی یک لامپ رشته ای خاموش را توسط اُهم متر ، اندازه می گیریم . سپس به کمک مشخصات نوشته شده بر روی لامپ ، مقاومت آن را محاسبه می کنیم . کدام یک از دو عدد بدست آمده ، بزرگتر است ؟ چرا ؟

پاسخ

عدد دوم ، زیرا مربوط به زمان روشن بودن لامپ است و در این حالت به علت بالا بودن دمای لامپ ، مقاومت الکتریکی آن بیشتر است .

خرداد۸۵

مقاومت یک لامپ ۱۰۰ وات و ۲۲۰ ولت در حالت خاموش ۴۸/۴ اهم است ، دمای سیم تنگستن لامپ ،هنگام روشن بودن با ولتاژ ۲۲۰ولت ،چند درجه‌ی سلسیوس افزایش می یابد؟ ($\frac{۱}{K}$ $\alpha \approx ۰/۰۰۴$)

پاسخ

$$P = \frac{V^{۲}}{R} \quad \rightarrow \quad ۱۰۰ = \frac{۲۲۰^{۲}}{R} \quad \rightarrow \quad R = ۴۸۴ \ \Omega$$

$$R = R_{۰}(۱ + \alpha.\Delta\theta) \qquad ۴۸۴ = ۴۸/۴ \times (۱ + ۰/۰۰۴ \times \Delta\theta) \quad \rightarrow \quad \Delta\theta = ۲۲۵۰ \ ^{\circ}C$$

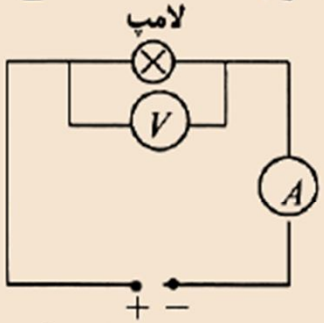
خرداد۸۵

با وسایل ذیل ، آزمایشی **طراحی** کنید که نتیجه ی آن ، بدست آوردن **دمای** رشته ی درونی یک لامپ چراغ قوه در حالت **روشن** باشد. (ضریب دمایی رشته را **معلوم** فرض کنید)

وسایل لازم : اهم سنج ، آمپرسنج ، ولت سنج ، دما سنج ، لامپ چراغ قوه ، باتری چراغ قوه و سیم رابط

پاسخ

مرحله‌ی اول : به کمک اهم سنج ، مقاومت رشته‌ی داخلی لامپ را قبل از بستن در مدار (R_1) و به کمک دماسنج ، دمای محیط (θ_1) را اندازه می گیریم.



مرحله‌ی دوم : با بستن لامپ در مداری مانند شکل ، عددهای ولت سنج(برحسب ولت) و آمپرسنج (برحسب آمپر) را می خوانیم و از رابطه‌ی $R_2 = \frac{V}{I}$ مقاومت رشته (R_2) را در حالت روشن بدست می آوریم.

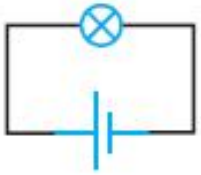
مرحله‌ی سوم : از رابطه‌ی $\Delta R = R_1 \alpha \Delta\theta$ استفاده نموده و $\Delta\theta$ و سپس θ_2 (دمای رشته در حالت روشن) را بدست می آوریم.

مثال اگر دو سر لامپی را به ولتاژ ۱۱۰V وصل کنیم چگونه می‌توانیم توان مصرفی لامپ را در این حالت به‌دست آوریم؟

پاسخ

ابتدا با ولت‌سنج و آمپرسنج مقاومت لامپ روشن را اندازه‌گیری می‌کنیم و با استفاده از رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ می‌توانیم توان مصرفی را محاسبه کنیم.

مثال یک لامپ با سیم‌های رابط به باتری وصل شده است. چرا توان الکتریکی رشته‌ی لامپ بیشتر از سیم‌های رابط است.



پاسخ

جریان در رشته‌ی لامپ و سیم‌های رابط یکسان است. با توجه به $P=I^2R$، چون مقاومت رشته‌ی فیلامان لامپ بیشتر است پس توان مصرفی آن نیز بزرگتر است.

مثال: لامپ‌هایی که در خانه مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً به برق ۲۲۰ ولت وصل می‌شوند. تعیین کنید مقاومت الکتریکی لامپ ۶۰ واتی بیشتر است یا لامپ ۱۰۰ واتی؟

پاسخ

چون هر دو لامپ به اختلاف پتانسیل یکسان ۲۲۰ ولت وصل می‌شوند طبق رابطه‌ی $P=\frac{V^2}{R}$، توان با مقاومت نسبت عکس دارد. پس مقاومت لامپ ۶۰ واتی بیشتر است.

توجه : می‌دانیم روی هر وسیله‌ی برقی دو عدد ثبت می‌شود که یکی معرف ولتاژ اسمی (یعنی اختلاف پتانسیل مطلوب در دو سر وسیله) و دیگری توان اسمی (یعنی آهنگ مصرف یا تبدیل انرژی دستگاه در شرایطی که به ولتاژ اسمی وصل شده باشد) دستگاه است.

روی یک لامپ الکتریکی رقم‌های ۲۲۰V و ۱۰۰W ثبت شده است.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی این لامپ هنگامی که به ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل است، در مدت ۱۰ ساعت چند کیلووات ساعت است؟

ب) اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل ۱۸۰ ولت وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت توان مصرفی آن چه‌قدر می‌شود؟

پاسخ

الف) وقتی به ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل باشد توان مصرفی آن ۱۰۰ وات است :

$U=Pt \qquad U=\frac{۱۰۰}{۱۰۰۰}\times ۱۰ = ۱ kwh$

ب) ابتدا باید توان مصرفی لامپ را در این شرایط به‌دست آوریم :

$$R=cte \Rightarrow \frac{P'}{P}=\left(\frac{V'}{V}\right)^{۲} \Longrightarrow \frac{P'}{۱۰۰}=\left(\frac{۱۸۰}{۲۲۰}\right)^{۲} \Rightarrow P' \simeq ۶۷\ W$$

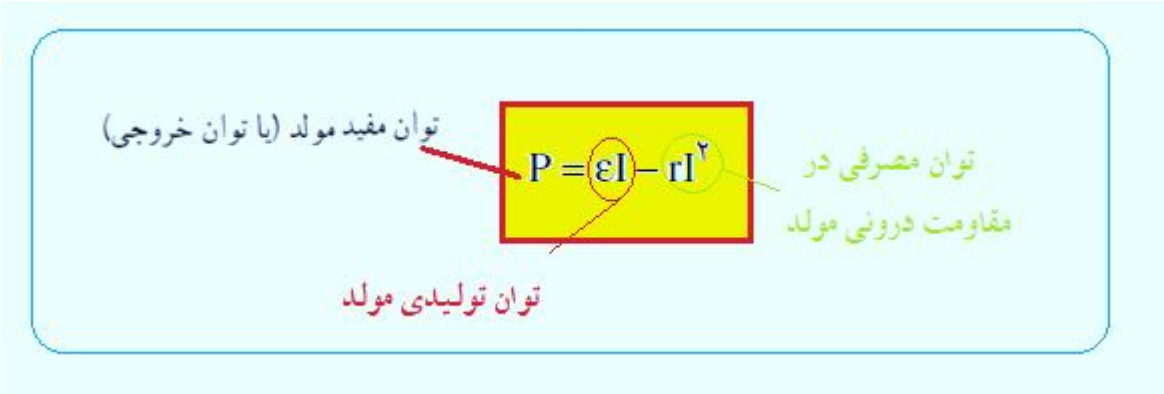
توان خروجی منبع نیروی محرکه

$P = I\Delta V$

$\Delta V = \mathscr{E} - Ir$ ⇨ $P_{\text{خروجی}} = P = I(\mathscr{E} - Ir) = \mathscr{E}I - rI^2$

توان مصرفی در مقاومت داخلی منبع نیروی محرکه

، توان تولیدی منبع نیروی محرکه



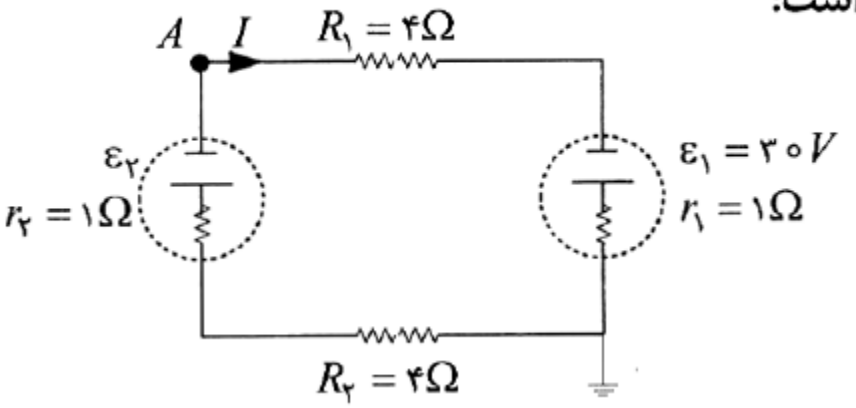
خرداد۸۵

شدت جریان در مدار شکل رو به رو $2A$ است. مطلوب است:

الف) پتانسیل نقطه ی A

ب) نیروی محرکه ی ε_2

ج) توان مصرفی در مقاومت R_1



پاسخ

الف)

$$V_A - R_1 I + \varepsilon_1 - r_1 I = 0 \Rightarrow V_A - 8 + 30 - 2 = 0 \Rightarrow V_A = -20 \ V$$

ب)

$$V_A + \varepsilon_2 + r_2 I + R_2 I = 0 \Rightarrow -20 + \varepsilon_2 + 2 + 8 = 0 \Rightarrow \varepsilon_2 = 10 \ V$$

ج)

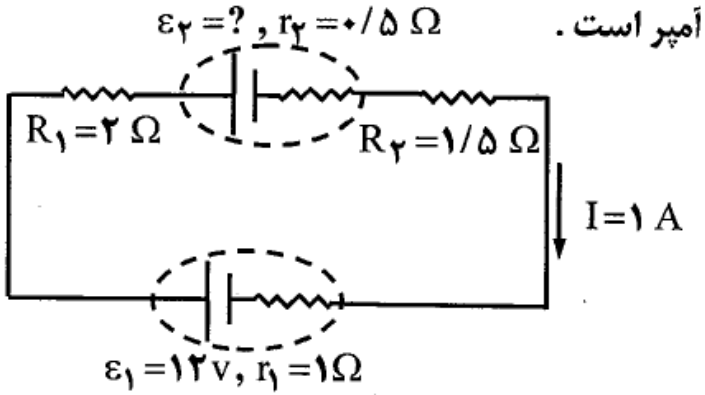
$$P_1 = R_1 I^2 = 4 \times 4 = 16 \ W$$

شهریور ۹۰

در مدار شکل رو به رو ، شدت جریان در جهت نشان داده شده ۱ آمپر است .

الف) نیروی محرکه ی ε_2 چه قدر است ؟

ب) انرژی مصرف شده در R_1 را در مدت ۱۵ ثانیه حساب کنید.



پاسخ

الف)

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \qquad ۱ = \frac{۱۲ - \varepsilon_2}{۲ + ۱/۵ + ۱ + ۰/۵} \qquad \varepsilon_2 = ۷\ v$$

ب)

$$U = R_1 I^2 t$$

$$U = ۲ \times ۱ \times ۱۵ = ۳۰ j$$

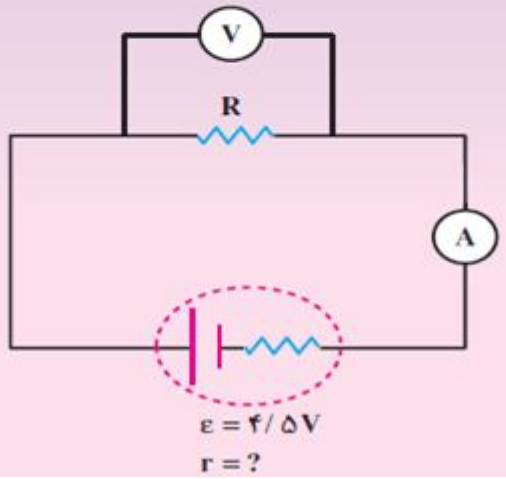
در مدار شکل زیر آمپرسنج ۰/۵A و ولت‌سنج ۴ ولت را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت R را محاسبه کنید.

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

پ)افت پتانسیل در مولّد را محاسبه کنید.

ت) مقاومت درونی مولّد را محاسبه کنید.



پاسخ :

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

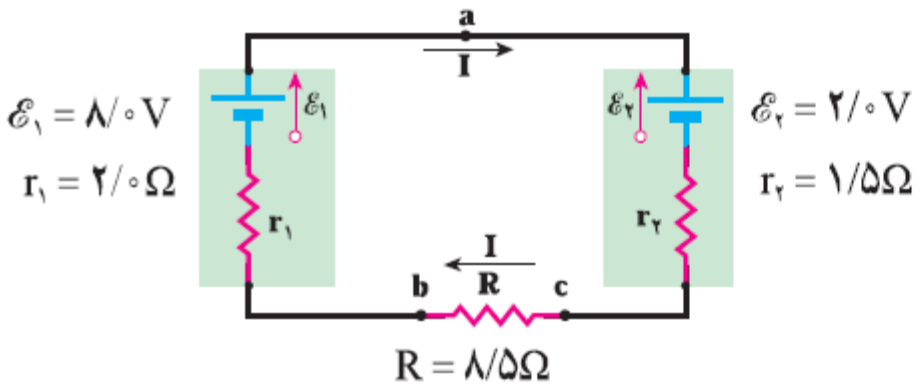
ب) $P=RI^{۲}=۸\times(۰/۵)^{۲}=۲W$

$P=\varepsilon I=۴/۵\times۰/۵=۲/۲۵W$

پ) $Ir=\varepsilon-IR=۴/۵-۰/۵\times۸=۰/۵V$

ت) $Ir=۰/۵\Rightarrow r=\frac{۰/۵}{۰/۵}=۱\,\Omega$

توان هریک از اجزای مدار را محاسبه کنید.



پاسخ

$$I = \frac{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2}{r_1 + R + r_2} = \frac{8/0V - 2/0V}{2/0\Omega + 8/5\Omega + 1/5\Omega} = 0/50A$$

توان خروجی باتری ۱

$$P_{\text{خروجی}} = \mathscr{E}_1 I - r_1 I^2 = (8/0V)(0/50A) - (2/0\Omega)(0/50A)^2 = 3/5W$$

توان باتری ۲

$$P_{\text{ورودی}} = |P| = |I\Delta V| = I(\mathscr{E}_2 + Ir_2) = \mathscr{E}_2 I + r_2 I^2$$
$$= (2/0V)(0/50A) + (1/5\Omega)(0/50A)^2 = 1/4W$$

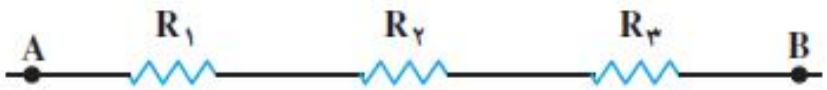
توان مصرفی در مقاومت $R = 8/5\Omega$

$$P_{\text{مصرفی}} = RI^2 = (8/5\Omega)(0/50A)^2 = 2/1W$$

به هم بستن مقاومت‌ها

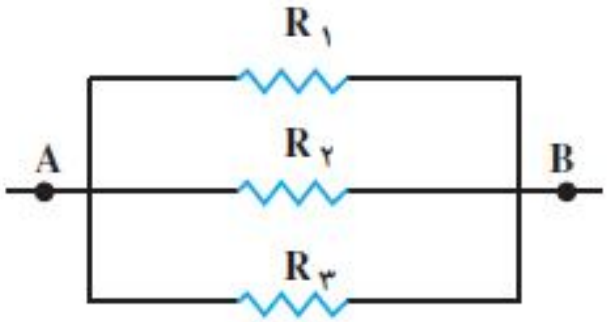
I) به هم بستن متوالی مقاومت‌ها

در این اتصال، هر مقاومت، با مقاومت بعدی در یک سر، مشترک است و از هیچ نقطه‌ای اشتراک انشعابی انجام نشده است.



II) اتصال موازی مقاومت‌ها

در به هم بستن موازی مقاومت‌ها یک سر همه‌ی مقاومت‌ها به یک نقطه (مثلاً نقطه‌ی A) و سر دیگر همه‌ی آن‌ها نیز به یک نقطه (مثلاً نقطه‌ی B) بسته شده است.

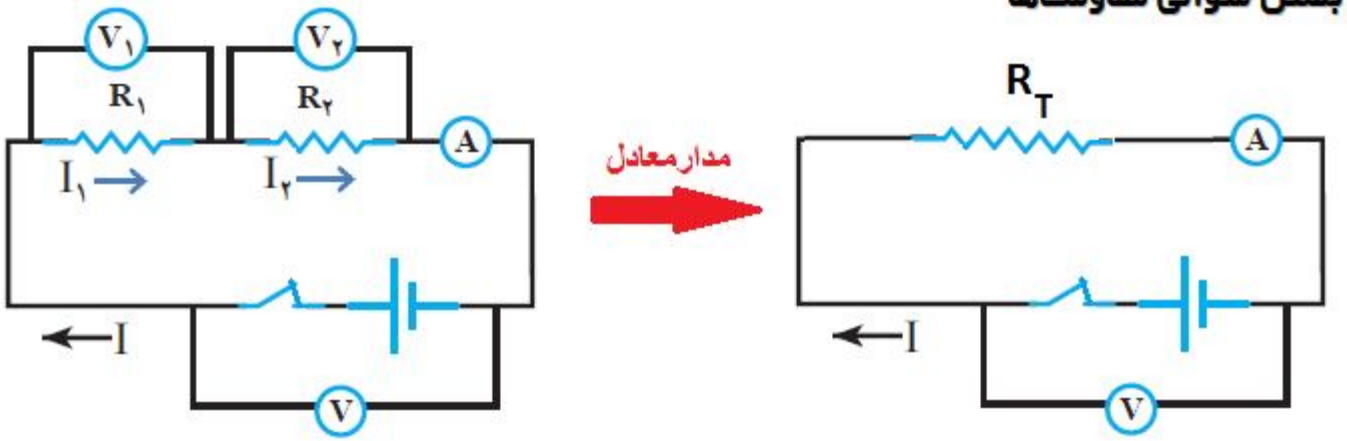


مقاومت معادل

مقاومت معادل مقاومتی است که اگر به‌جای مقاومت‌ها درمدارقراربگیرد وبه همان اختلاف پتانسیلی که به دوسر مقاومت ها اعمال شده بود، متصل شود همان شدت جریان از آن عبور کند

محاسبه ی مقاومت معادل

I) به هم بستن متوالی مقاومت‌ها



$I = I_1 = I_2$

$V_T = V_1 + V_2$

$V = IR$

$IR_T = I(R_1 + R_2)$

$R_T = R_1 + R_2$

- اگر n مقاومت مشابه R را به‌طور سری به هم متصل کنیم، مقاومت معادل آن برابر است با:

$$R_T = nR$$

- در حالت سری مقاومت معادل بیش‌ترین مقدار را در بین کلیه‌ی مقاومت‌ها دارد.
- در حالت سری توان حرارتی با مقاومت الکتریکی رابطه‌ی مستقیم دارد:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 \\ P = RI^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

- اگر n لامپ مشابه که توان اسمی هر کدام P و ولتاژ هر کدام V است را به‌طور متوالی به هم بسته و به ولتاژ V وصل کنیم، توان مجموعه‌ی لامپ‌ها برابر است با:

$$P_T = \frac{\text{توان اسمی هر لامپ} \rightarrow P}{\text{تعداد لامپ‌ها} \rightarrow n} \quad \text{توان مجموعه‌ی سری لامپ‌ها}$$

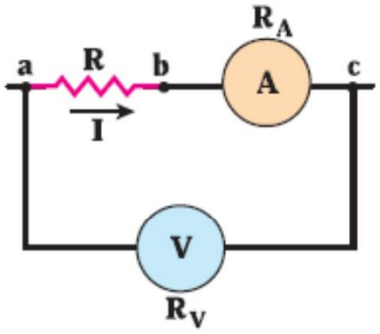
- بر روی تعدادی لامپ نوشته شده (V_1 و P_1) و (V_2 و P_2) و ... (V_n و P_n) اگر این لامپ‌ها را با هم به‌صورت متوالی بسته و به همان ولتاژ V وصل کنیم، توان حرارتی مجموعه‌ی لامپ‌ها از کوچک‌ترین توان اسمی نوشته شده بر روی هر لامپ کم‌تر است و داریم:

$$\frac{1}{P_T} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \ldots + \frac{1}{P_n}$$

- در حالت سری ولتاژ به نسبت مستقیم مقاومت‌ها در مدار تقسیم می‌شود:

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

مثال



شکل روبه‌رو مداری را برای اندازه‌گیری مقاومت مجهول R نشان می‌دهد. توجه کنید که مقاومت یک ولت‌سنج واقعی باید خیلی بزرگ باشد تا قرار گرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به‌طور محسوسی تغییر ندهد. همچنین مقاومت یک آمپرسنج واقعی باید خیلی ناچیز باشد تا قرار گرفتن آن در مدار به‌طور محسوسی جریان اجزای مدار را تغییر ندهد.

فرض کنید در این مدار ولت‌سنج ۱۲/۰ V و آمپرسنج ۰/۱۰۰ A را نشان دهد. مقاومت ولت‌سنج $R_V = ۱/۰۰\times۱۰^{۴}\Omega$ و مقاومت آمپرسنج $R_A = ۲/۰۰\Omega$ است. الف) مقاومت R و ب) توان مصرفی در این مقاومت چقدر است؟

پاسخ

الف) مقاومت‌های R و R_A به‌طور متوالی به هم بسته شده‌اند و اختلاف پتانسیل دوسر آنها برابر با ۱۲/۰ V است. با توجه به اینکه آمپرسنج جریان ۰/۱۰۰ A را نشان می‌دهد و به‌طور متوالی به مقاومت R بسته شده است، جریان عبوری از این دو مقاومت نیز برابر ۰/۱۰۰ A است :

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{۱۲/۰V}{۰/۱۰۰A} = ۱۲۰\Omega$$

با توجه به اینکه $R_{eq} = R + R_A$ و $R_A = ۲/۰۰\Omega$ است مقاومت مجهول برابر با $R = ۱۱۸\Omega$ می‌شود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود اندازهٔ مقاومت آمپرسنج در مقابل مقاومت‌های دیگر بسیار اندک است و به همین دلیل در بسیاری از مدارها از مقاومت آمپرسنج صرفنظر می‌شود.

ب) توان مصرفی در این مقاومت را می‌توان از رابطهٔ $P = RI^{۲}$ به‌دست آورد :

$$P = RI^{۲} = (۱۱۸\Omega)(۰/۱۰۰A)^{۲} = ۱/۱۸W$$

مثال

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؟

پاسخ

برای این که توان مصرفی لامپ ۲۶ وات بماند باید اختلاف پتانسیل دو سر هریک از لامپ‌ها ۱۲ ولت باقی بماند.

در به هم‌بستن متوالی داریم

$$V_T = V_1 + V_2 + \cdots \Rightarrow ۱۸۰ = N(۱۲)$$

$$\Rightarrow N = \frac{۱۸۰}{۱۲} = ۱۵ \quad \text{لامپ}$$

مثال

رشته‌ای شامل دوازده لامپ یکسان را به‌طور متوالی به یک منبع نیروی محرکه‌ی الکتریکی ۱۲۰ ولت بسته‌اند. هر لامپ باید ۱۵ وات توان تلف کند. مقاومت هر لامپ چه قدر باید باشد؟

پاسخ

چون هر لامپ ۱۵ وات تلف می‌کند، کل انرژی که منبع ولتاژ تحویل می‌دهد عبارت است از :

$$P = ۱۲ \times (۱۵) = ۱۸۰\,W$$

پس جریان مدار برابر است با : $I = \frac{P}{\varepsilon} = \frac{۱۸۰}{۱۲۰} = ۱/۵A$

کل افت پتانسیل در دو سر دوازده لامپ ۱۲۰ ولت است، چون لامپ‌ها یکسان‌اند، افت پتانسیل دو سر هریک باید (ولت) $۱۲ \div (۱۲۰) = ۱۰$ باشد پس مقاومت هر لامپ برابر است با :

$$R = \frac{۱۰}{۱/۵} = ۶/۶۷\Omega$$

قاعدهٔ انشعاب یا قاعدهٔ جریان‌های کیرشهوف

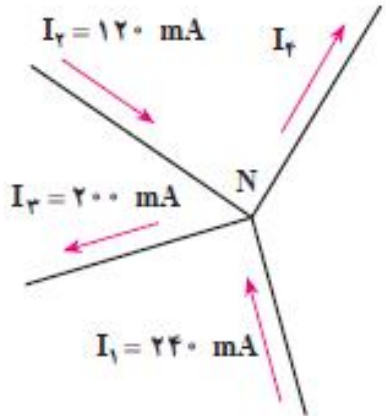
مجموع جریان‌هایی که به هر گره (یعنی نقطه‌ای که اجزای مدار در آن نقطه به هم متصل شده‌اند) می‌رسند، برابر مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه خارج می‌شوند

$$\sum I = 0$$

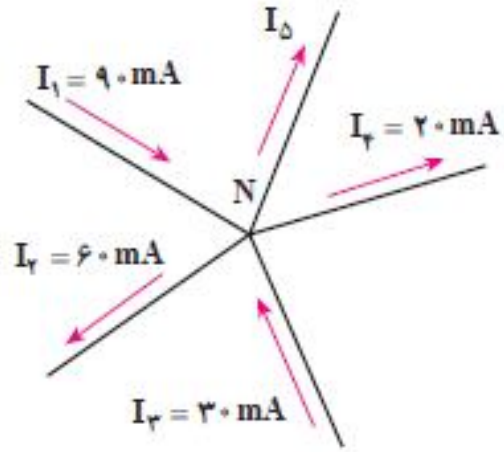
این قانون از اصل پایستگی بار نتیجه می‌شود

گره :نقطه ای از مدار که حداقل سه رسانا به آن نقطه متصل باشد

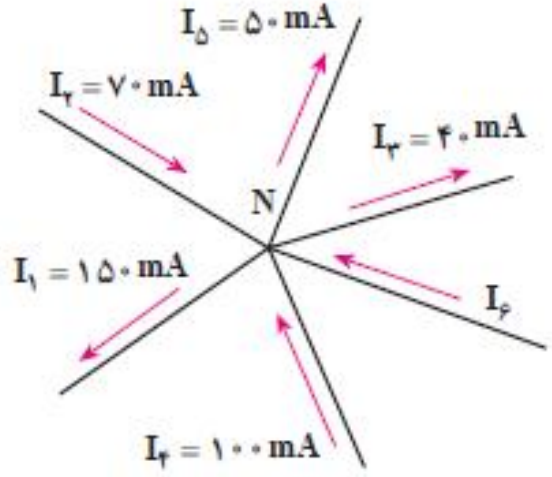
مثال درهریک از شکل‌ها رابطه‌ای برای شدت جریان‌ها در یک گره بنویسید و سپس مقدار شدت جریان مجهول و جهت آن را تعیین کنید.



$I_4 = 160_{mA}$

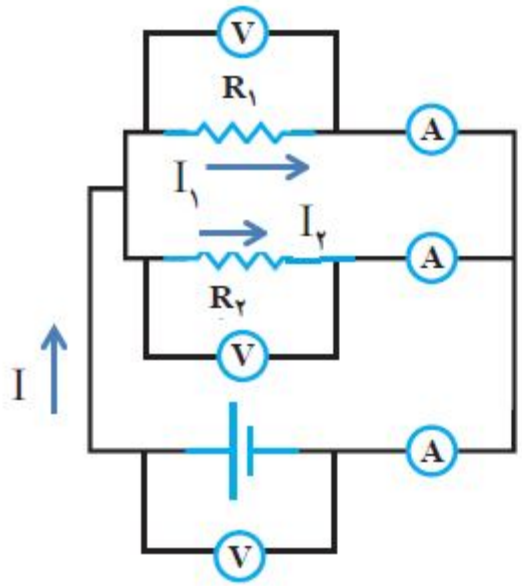


$I_5 = 40_{mA}$

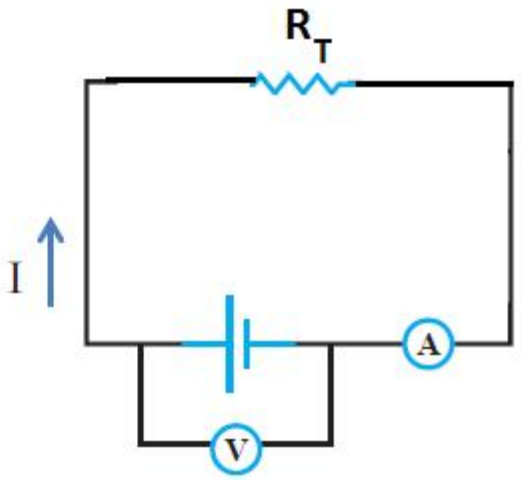


$I_6 = V0_{mA}$:

II) به هم بستن موازی مقاومت‌ها



مدارمعادل



$$V_T = V_1 = V_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{V}{R} \Longrightarrow \frac{V}{R_T} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \Longrightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

- اگر n مقاومت مشابه R را به‌طور موازی به هم وصل کنیم، مقاومت معادل برابر است با:

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

- در حالت موازی مقاومت معادل کم‌ترین مقدار را در بین کلیه‌ی مقاومت‌ها داراست.
- در حالت موازی جریان به نسبت عکس مقاومت شاخه‌ها تقسیم می‌شود:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1R_1 = I_2R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

- در حالت موازی در شاخه‌ای که مقاومت آن کم‌تر است گرمای بیش‌تری به‌وجود می‌آید:

$$\begin{cases} V_1 = V_2 \\ P = \dfrac{V^2}{R} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

- سیمی به‌طول L و مقاومت R مفروض است اگر آن را به n قسمت مساوی تقسیم کنیم و تکه‌های به‌دست آمده را به‌صورت موازی به هم ببندیم، مقاومت معادل مجموعه‌ی موازی به‌وجود آمده برابر است با:

$$R_T = \frac{\text{مقاومت سیم } R}{\text{تعداد تقسیم ها } n^2}$$

- اگر n لامپ مشابه کوچک که بر روی هر کدام نوشته شده (P, V) را با هم به‌صورت موازی به ولتاژ V وصل کنیم توان حرارتی مجموعه‌ی لامپ‌ها برابر خواهد بود با:

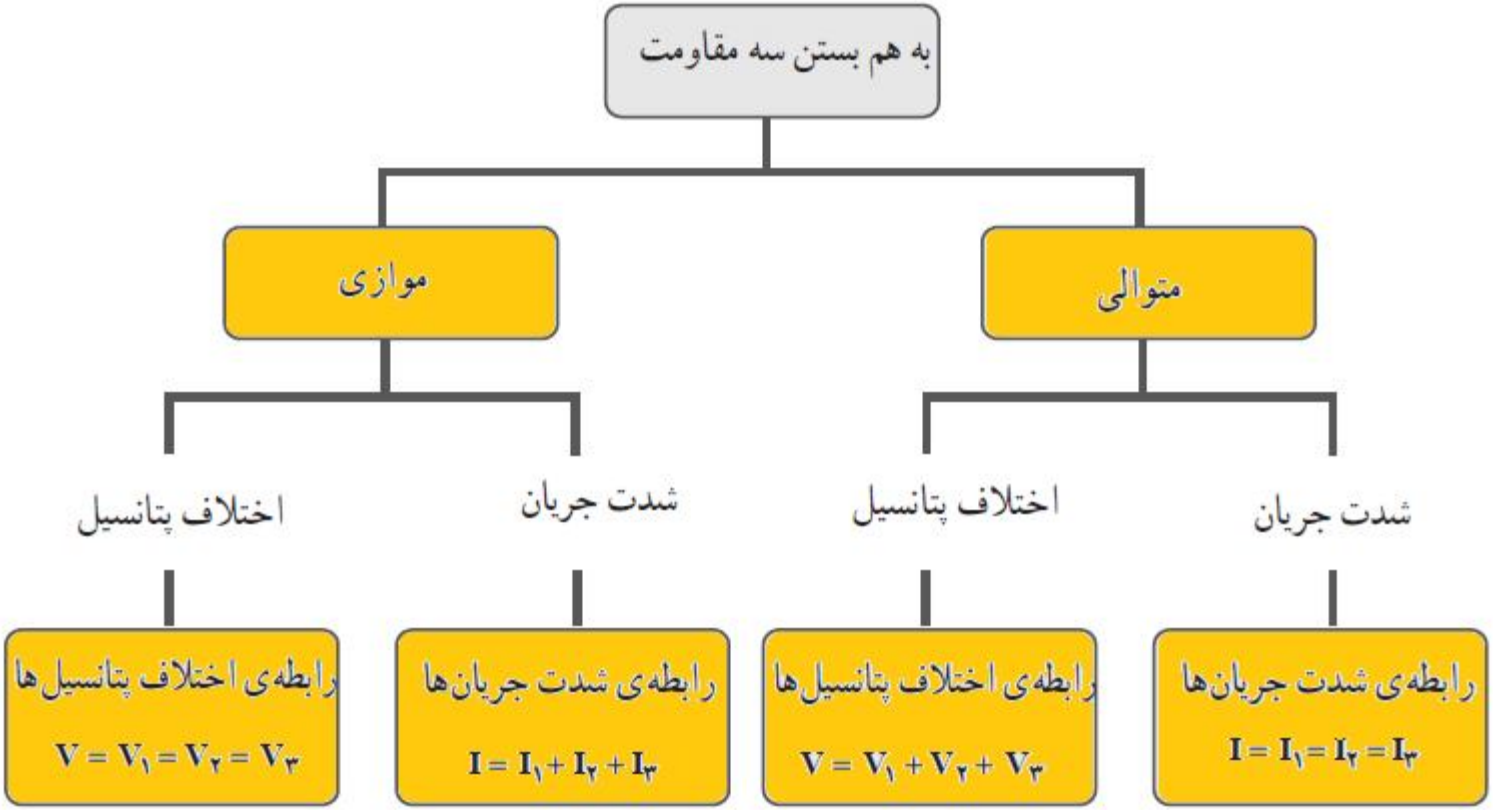
$$P_T = nP$$

P_T: توان حرارتی مجموعه لامپ‌ها

- اگر دو مقاومت R_1 و R_2 به‌صورت موازی به هم متصل شوند، برای مقاومت معادل آن داریم:

$$R_T = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$$

با توجه به مطالبی که در مورد به هم‌بستن مقاومت‌ها خواندید، نقشه‌ی مفهومی **زیر را کامل کنید**



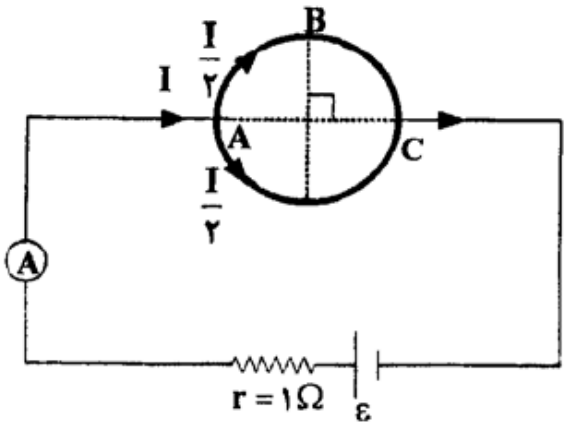
استراتژی حل مسئله: مقاومت های متوال و موازی

۱-بایدبه خاطرسپردکه هرگاه چندمقاومت متوالی باشند اختلاف پتانسیل کل برابرجمع اختلاف پتانسیل های‌هر یک از مقاومت هاست. اگر مقاومت ها موازی باشند اختلاف پتانسیل بین دو سر هریک از مقاومت ها بادیگران ونیز با ولتاژ $\check{T}$ کل $\check{T}$ یکی $\check{T}$ است.

۲- هم چنین در مورد جریان نیز بایدتوجه کرد که دردو یاچند مقاومت متوالی جریان درتمام مقاومت ها یکسان وبا جریان کل یکی است. اگرمقاومت ها موازی باشند جریان کل برابر مجموع جریان هایی است که از هریک از مقاومت ها $\check{T}$ عبور $\check{T}$ می $\check{T}$ کند.

شهریور ۸۶

سیم یکنواختی به مقاومت ۲۰ اُهم را مانند شکل به صورت یک حلقه در می اُوریم و دو سر قطر AC را به کمک سیم های رابط به دو پایانه یک باتری متصل می کنیم :



الف) مقاومت معادل میان دو نقطه‌ی A و C چند اهم است ؟

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

ج) اختلاف پتانسیل دو نقطه ی A و B $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟

پاسخ

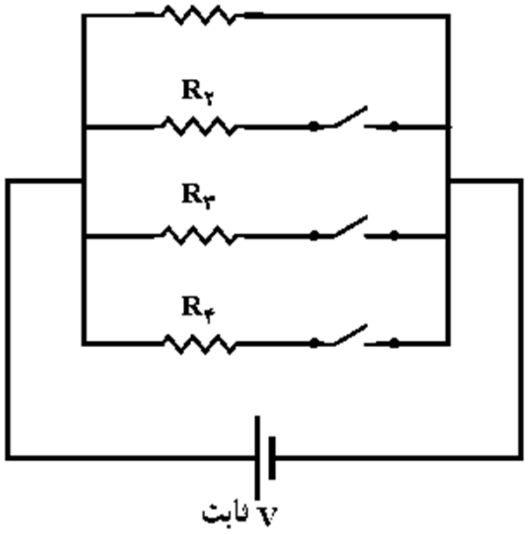
الف) حلقه مانند دو مقاومت موازی ، هر کدام به اندازه ی $\frac{R}{2}$ عمل می کند .

$$R_T = \frac{R}{4} \Rightarrow R_T = 5\Omega$$

ب)
$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \Rightarrow \varepsilon = 2(5+1) = 12V$$

ج)
$$V_A - \frac{R}{4} \times \frac{I}{2} = V_B \Rightarrow V_A - V_B = 5 \times 1 = 5V$$

پرسش در شکل کلیدهای مدار را به‌تدریج می‌بندیم، به نظر شما مقدار مقاومت معادل مدار چه تغییری می‌کند؟ مقدار شدت جریان الکتریکی چه تغییری می‌کند؟



پاسخ

چون مقاومت‌ها موازی هستند، با بستن تدریجی کلیدها مقدار مقاومت معادل کمتر خواهد شد و شدت جریان الکتریکی در شاخه‌ی اصلی، افزایش می‌یابد.

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

پرسش : ــ زیاد شدن تعداد مصرف‌کننده‌های الکتریکی در خانه چه تأثیری روی شدت جریان الکتریکی دارد؟

ــ چه نتیجه‌ای در مورد نوع به هم بستن مصرف کننده‌ها (مقاومت‌ها) در خانه می‌گیرید؟

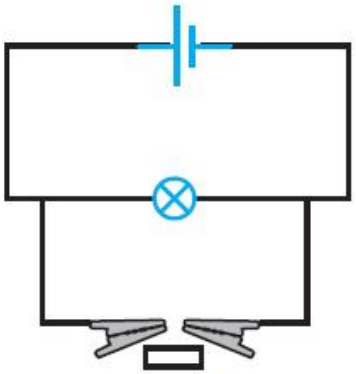
ــ چگونه از افزایش بیش از حد ظرفیت جریان الکتریکی در سیم‌های حامل، در مدار اصلی جلوگیری می‌کنند؟

پاسخ

نهایتاً به قطع شدن برق خانه می‌انجامد. منبع تغذیه با ولتاژ ثابت برق شهر باعث عبور شدت جریان زیادی از مصرف‌کننده‌های خانگی می‌شود که می‌تواند اصطلاحاً به «سوختن» یا «قطع فیوز» انجامد یعنی جریان الکتریکی اصلی زیاد می‌شود و از حد مجاز بالاتر رفته است و یا می‌توان گفت که مقاومت الکتریکی معادل، با افزایش تعداد مقاومت‌ها کاهش یافته است پس مصرف‌کننده‌های خانگی به‌صورت موازی بسته شده‌اند.

ــ برای جلوگیری از افزایش بیش از حد جریان الکتریکی در سیم‌های حامل جریان اصلی از «فیوز» استفاده می‌شود.

مثال در شکل یک مدار الکتریکی را می‌بینید که در آن باتری جریانی را از لامپ می‌گذراند. فکر کنید اگر یک قطعه سیم مسی بین دو گیره قرار دهید چه اتفاقی می‌افتد؟

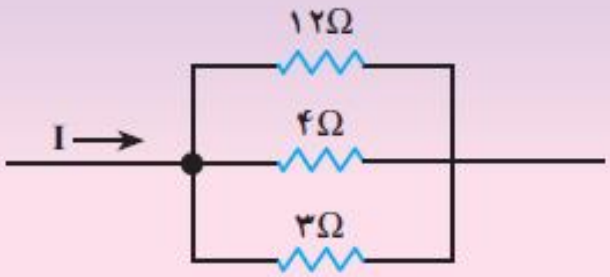


پاسخ

قسمت بیشتر جریان از سیم می‌گذرد و لامپ خاموش می‌شود زیرا طبق رابطه‌ی : $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$ چون با اتصال قطعه‌ی مسی به گیره‌ها مقاومت در این شاخه از مدار نسبت به شاخه‌ی لامپ به‌طور موازی و مقدار کم‌تری است بنابراین شدت جریان عبوری از این شاخه نسبت به شاخه‌ی لامپ بسیار بیشتر است.

مثال

در شکل ۳ـ۲۶ قسمتی از یک مدار را مشاهده می‌کنید. اگر توان مصرفی در مقاومت ۱۲ اُهمی ۳ وات باشد، شدت جریان درمقاومت‌های ۴Ω و ۳Ω وشدت جریان کل چه‌قدر است؟



شکل ۳ـ۲۶

پاسخ

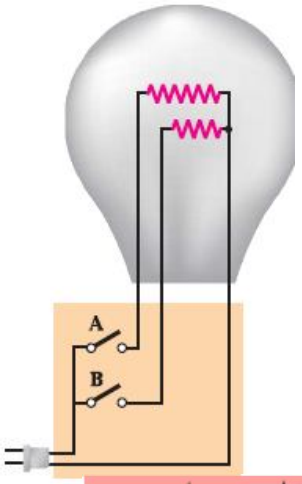
$$P=\frac{V^{۲}}{R}\Rightarrow V^{۲}=PR=۳\times۱۲=۳۶\Rightarrow V=۶V$$

$$V=I_{۲}R_{۲}\Rightarrow ۶=I_{۲}\times۴\Rightarrow I_{۲}=\frac{۳}{۲}A$$

$$\Rightarrow ۶=I_{۱}\times۳\Rightarrow I_{۱}=۲A$$

$$\Rightarrow I_{۱}=\frac{V}{R_{۱}}=\frac{۶}{۱۲}=\frac{۱}{۲}A \quad I=I_{۱}+I_{۲}+I_{۳}=۴A$$

مثال



یک لامپ سه‌راهۀ ۲۲۰V که دو رشتۀ فیلامان دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب ۵۰/۰W و ۱۵۰W است. مقاومت هریک از رشته‌ها را بیابید.

پاسخ

بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است.

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲} \qquad R_{eq}=R_{min}=\frac{V^۲}{P_{max}}=\frac{(۲۲۰V)^۲}{۱۵۰W}=۳۲۳\Omega$$

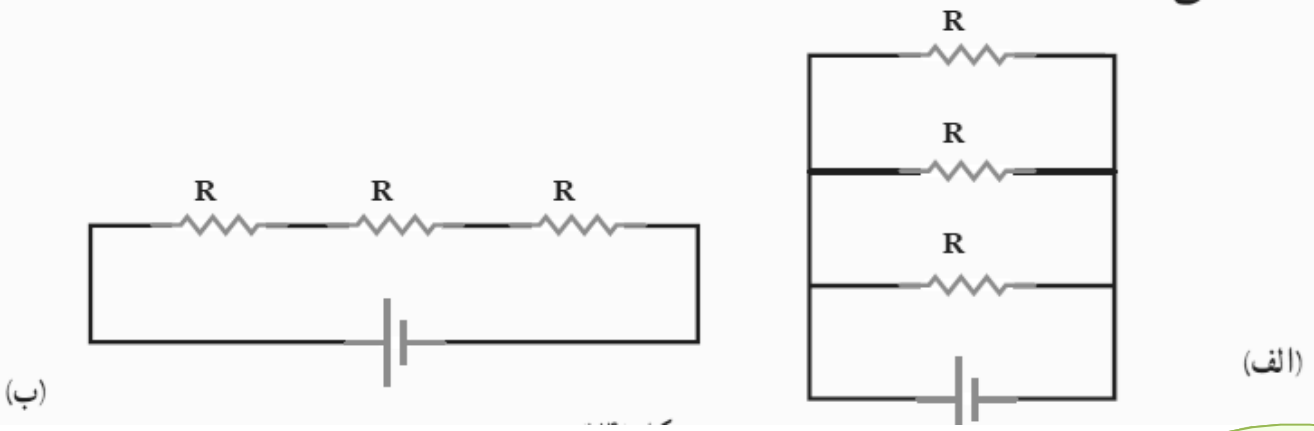
$$R_۱=R_{max}=\frac{V^۲}{P_{min}}=\frac{(۲۲۰V)^۲}{۵۰/۰W}=۹۶۸\Omega$$

$$\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{R_{eq}}-\frac{۱}{R_۱}=\frac{۱}{۳۲۳\Omega}-\frac{۱}{۹۶۸\Omega}=۲/۰۶\times ۱۰^{-۳}\Omega^{-۱}$$

$$R_۲=\frac{۱}{۲/۰۶\times ۱۰^{-۳}\Omega^{-۱}}=۴۸۵\Omega$$

پرسش جریان الکتریکی A از سه مقاومت یکسان، متوالی می‌گذرد و جریان الکتریکی‌ای که در حالت به هم بستن موازی این سه مقاومت یکسان از هریک از مقاومت‌ها می‌گذرد، B باشد، درصورتی که در یک لحظه از هر حالت بالا یک مقاومت از مدار خارج شود جریان‌های الکتریکی A و B چه تغییری می‌کند؟

(**توضیح** : در هر دو حالت A و B، دو سر مجموعه‌ی مقاومت‌ها به باتری با ولتاژ V وصلند)

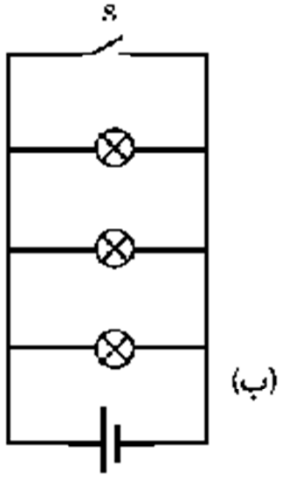


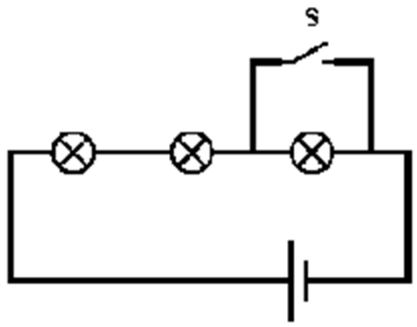
پاسخ

جریان الکتریکی A صفر خواهد شد.

جریان الکتریکی B همان مقدار قبلی خواهد بود. زیرا ولتاژ دو سر هر مقاومت تغییر نکرده بنابراین جریان الکتریکی هر مقاومت ثابت می‌ماند ولی آن‌چه تغییر می‌کند شدت جریان در شاخه‌ی اصلی مدار است که چون مقاومت معادل بیشتر می‌شود، شدت جریان کاهش می‌یابد.

مثال در مدارها سه لامپ یکسان داریم :


(ب)


(الف)

الف) اگر کلید S را ببندیم، (شکل الف) چه تغییری در روشنایی لامپ‌های دیگر پیش‌بینی می‌کنید؟

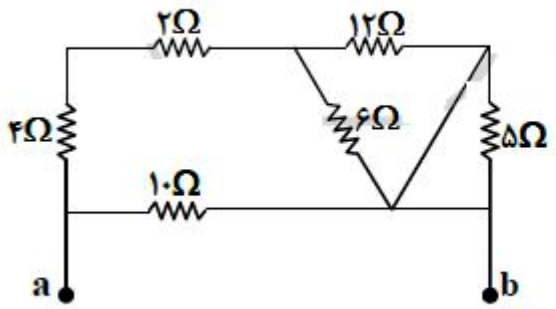
ب) اگر سه لامپ بالا را به صورت موازی ببندیم (شکل ب) با بستن کلید S´ چه تغییری در روشنایی لامپ‌های دیگر پیش‌بینی می‌کنید؟

پاسخ

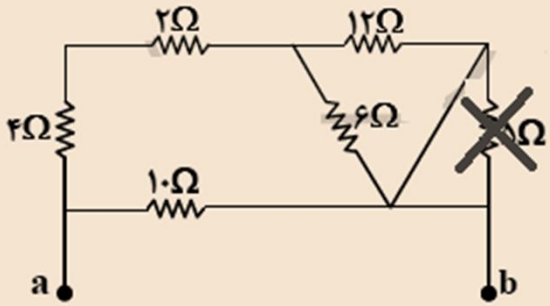
الف) به دلیل اتصال کوتاه، یکی از لامپ‌ها از مدار حذف می‌شود و مقاومت معادل کمتر شده و شدت جریان مدار بیشتر خواهد شد و هر لامپ پرنورتر می شود.

ب) به دلیل اتصال کوتاه، همه‌ی لامپ‌ها خاموش خواهند شد.

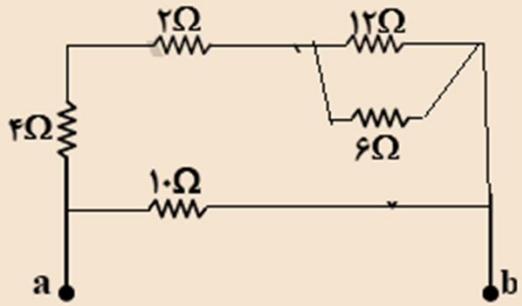
مثال مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی a و b چند اهم است؟



پاسخ

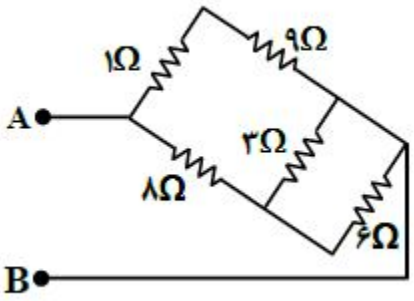


تصال کوتاه و از مدارخارج می شود Ω

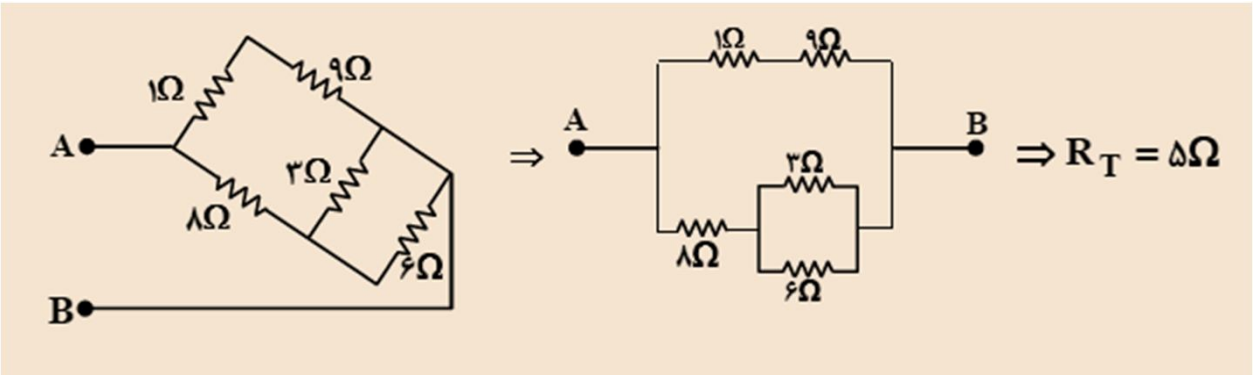


$\cdot R_T = 5\Omega$

مثال در شکل روبه‌رو مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B چند اهم است؟



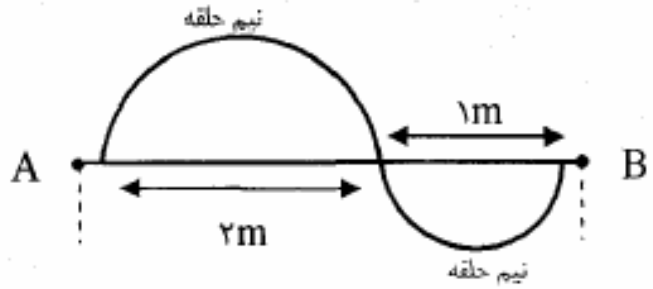
پاسخ



دی۸۷

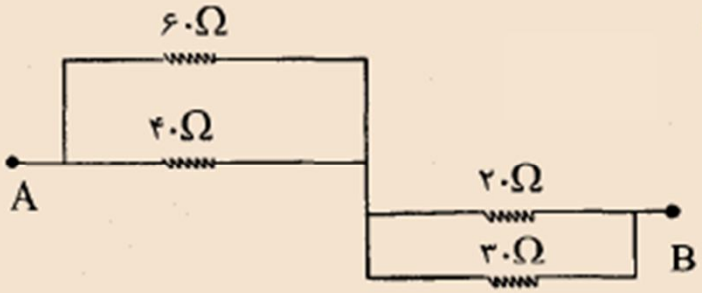
با یک سیم فلزی یکنواخت که مقاومت هر متر آن ۲۰ اهم است مداری مانند شکل مقابل می بندیم. مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را محاسبه کنید.

$(\pi \cong ۳)$



پاسخ

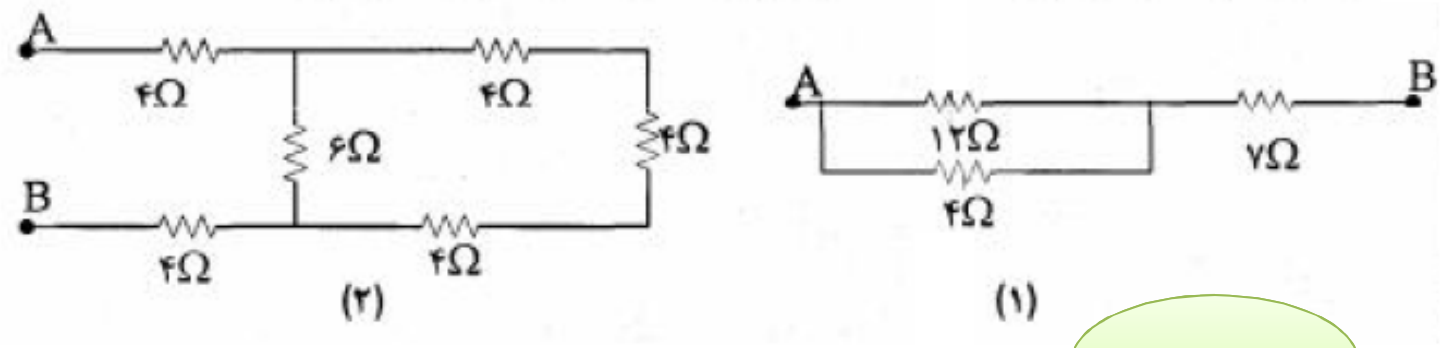
با محاسبه طول هر قسمت ، مقاومت هر قسمت محاسبه می شود و شکل مدار به صورت مقابل می شود.



$$R_T = \frac{۴۰\times۶۰}{۱۰۰} + \frac{۲۰\times۳۰}{۸۰} = ۲۴ + ۱۲ = ۳۶\Omega$$

خرداد۸۸

ا در هر یک از شکل های زیر ، مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B را حساب کنید.

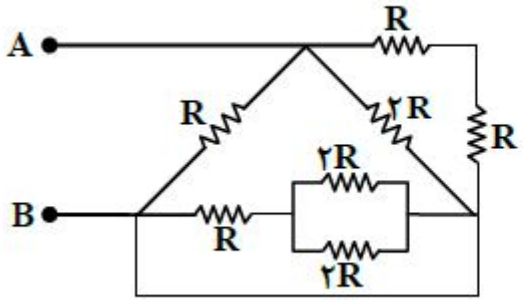


پاسخ

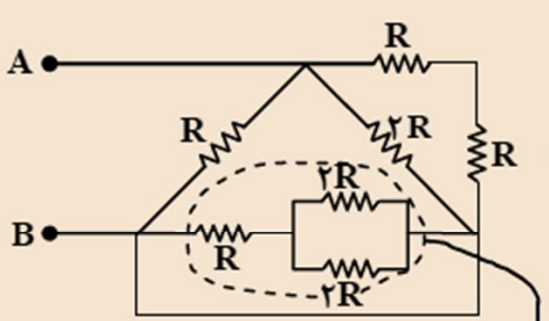
۱) $R_{۱۲,۶}=\frac{۴\times۱۲}{۴+۱۲}=۳\Omega$ $\quad R_T=۳+۷=۱۰\Omega$

۲) $R_{T_1}=۴+۴+۴=۱۲\Omega$ $\quad R_{۶,T_1}=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega$ $\quad R_T=۴+۴+۴=۱۲\Omega$

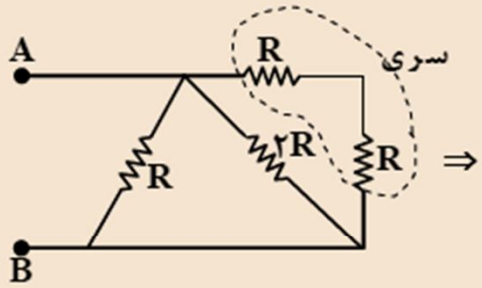
مثال مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B در مدار شکل مقابل چند R است؟

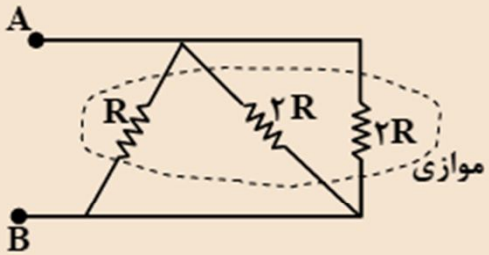


پاسخ



اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند.





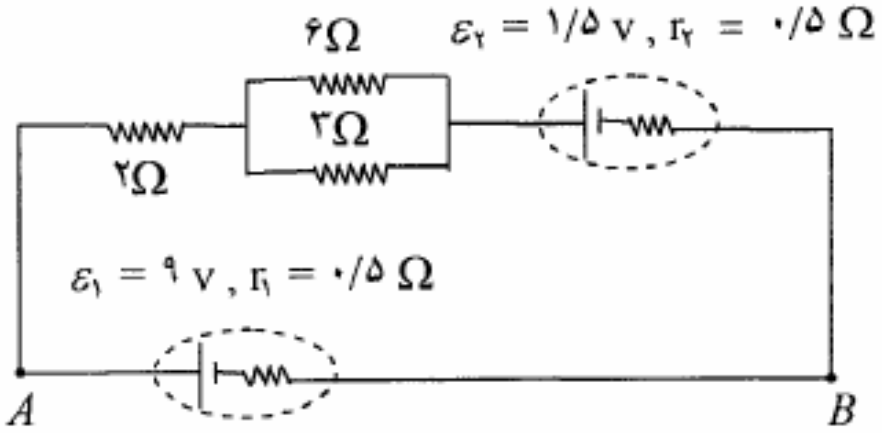
$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۲R}+\frac{۱}{۲R}+\frac{۱}{R}=\frac{۴}{۲R}\Rightarrow R_T=\frac{R}{۲}$$

خرداد۸۷

در مدار مقابل :

الف) شدت جریان در شاخه ی اصلی چه قدر است ؟

ب) اختلاف پتانسیل دو نقطه ی A و B ($V_A - V_B$) را محاسبه کنید.



پاسخ

الف).

$$R_T = ۲ + \frac{۶ \times ۳}{۹} = ۴\Omega$$

$$R_T I - \varepsilon_۱ + r_۱ I + r_۲ I + \varepsilon_۲ = ۰$$

$$۴I - ۹ + ۰/۵I + ۰/۵I + ۱/۵ = ۰ \qquad I = ۱/۵\ A$$

ب)

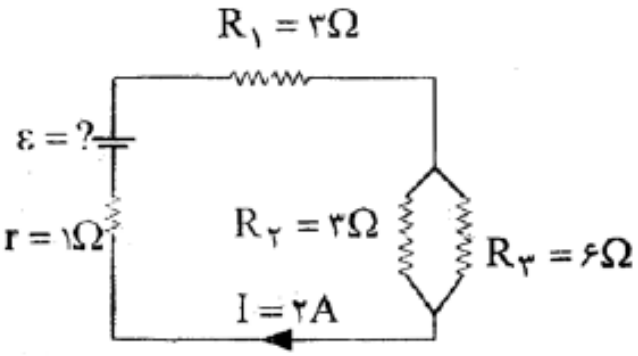
$$V_A - \varepsilon_۱ + r_۱ I = V_B \qquad V_A - V_B = ۹ - ۰/۷۵ = ۸/۲۵ V$$

خرداد۸۶

در شکل رو به رو ، مطلوب است :

الف) نیروی محرکه‌ی باتری

ب) انرژی تلف شده در مقاومت $R_۱$ در مدت ۶۰۰ ثانیه



پاسخ

الف)

$$R_{۲۳} = \frac{۳\times۶}{۳+۶} = R_{۲۳} = ۲\Omega \qquad R_T = ۵\Omega$$

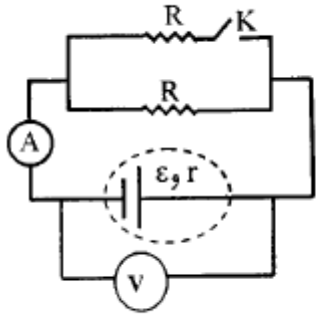
$$\varepsilon = I(R+r)$$

ب)

$$\varepsilon = ۲\times(۵+۱) = ۱۲\ (V)$$

$$u_۱ = I^۲R_۱t \qquad u_۱ = ۲^۲\times۳\times۶۰۰ = ۷۲۰۰J$$

خرداد۹۲

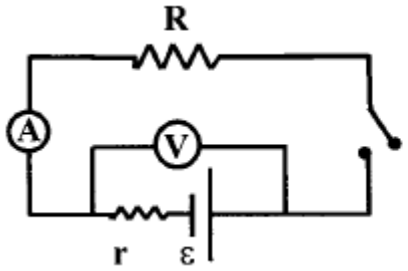


در مدار روبه رو ، مقاومت ها مشابه و آمپرسنج و ولت سنج هردو ایده آل هستند. با بستن کلید K عددهای آمپرسنج و ولت سنج چه تغییری می کنند؟

پاسخ

آمپر سنج عدد بیشتر ولت سنج عددی کمتری را نشان می دهد

خرداد۹۰

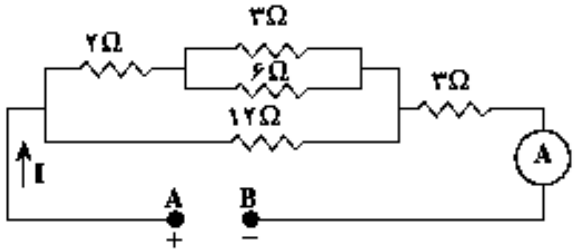


در یک آزمایش مداری مطابق شـکل بسـته می شود: هنگامی که کلیـد باز است، ولت سنج عدد ۹ ولت را نشان می دهد و زمانی که کلیـد بسته است ،مقادیری که توسط ولت سنج و آمپر سنج خوانده می شود،به ترتیب ۸ ولت و ۱ آمپر است. مقاومت درونی این باتری چند اهم است ؟

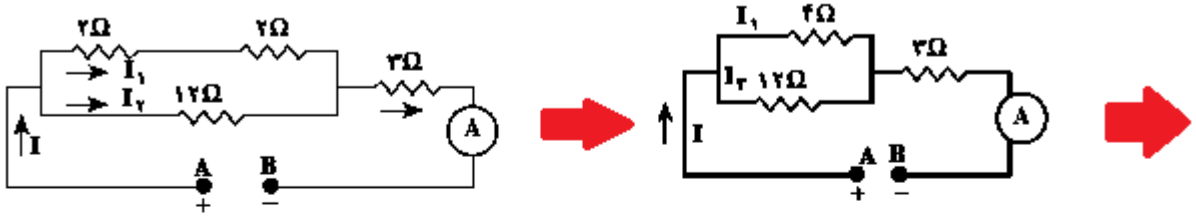
پاسخ

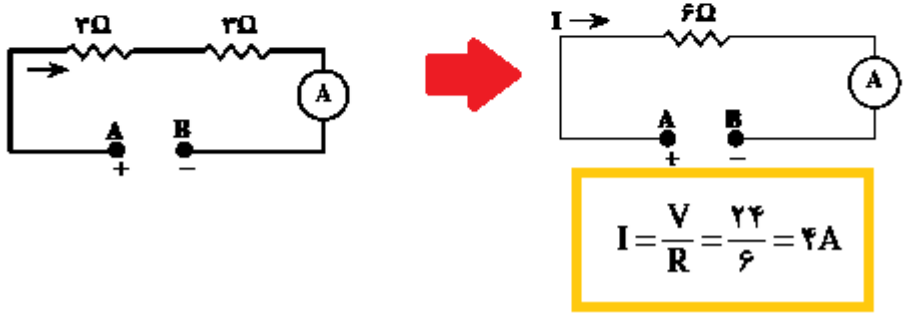
$V = \mathcal{E} = 9V \Rightarrow V = \mathcal{E} - rI \Rightarrow 8 = 9 - r(1) \Rightarrow r = 1\Omega$

مثال در مدار اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی B و A ، ۲۴ ولت است. شدت جریانی را که آمپرسنج (A) نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



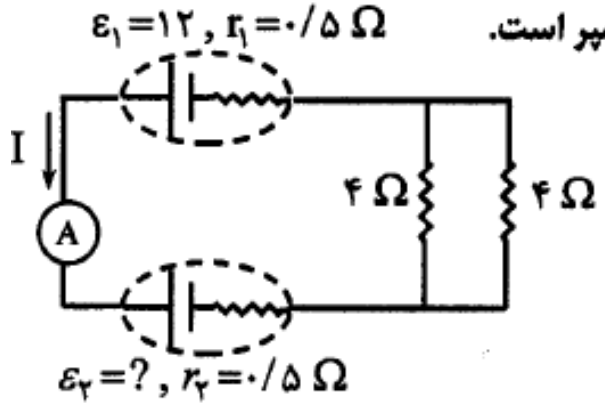
پاسخ





خرداد۹۱

در مدار شکل رو به رو ، شدت جریانی که آمپر سنج نشان می دهد ۲ آمپر است.



مطلوب است :

الف) نیروی محرکه ی ε_2.

ب) توان مفید(یا توان خروجی) مولد ε_1.

پاسخ

الف)

$$R_{1,2}=\frac{4\times 4}{4+4}=2 \qquad I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{r_1+r_2+R_{1,2}} \qquad 2=\frac{12-\varepsilon_2}{1+2}(0/25)\Rightarrow \varepsilon_2=6V$$

ب)

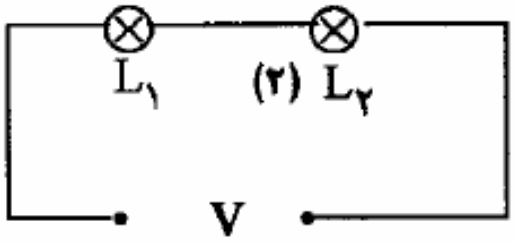
$$p=\varepsilon_1 I-r_1 I^2 \qquad p=12(2)-0/5(2)^2=24-2=22w$$

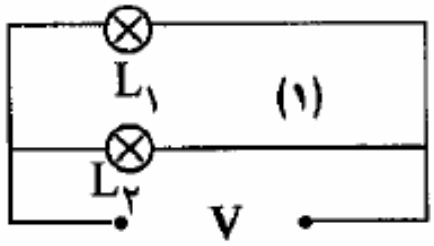
شهریور ۸۸

در مدارهای شکل مقابل ، لامپ ها یکسان و اختلاف پتانسیل ها مساوی اند:

الف) با ذکر دلیل بنویسید نور لامپ ها در کدام مدار (موازی یا سری) بیشتر است؟

ب) اگر یکی از لامپ ها بسوزد در کدام مدار لامپ دیگر هم خاموش می شود ؟





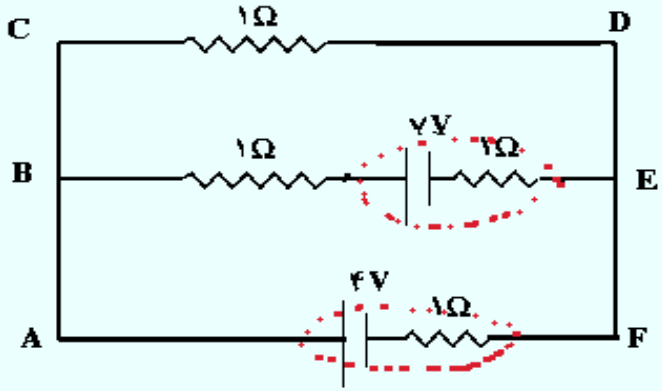
پاسخ

الف) نور لامپ ها در مدار موازی (مدار ۱) بیشتر است چون مقاومت معادل آن $\frac{۱}{۴}$ مقاومت معادل مدار سری است و جریان عبوری از هر لامپ ۲ برابر جریان عبوری از هر لامپ در مدار سری است.

ب) در مدار سری (مدار ۲)

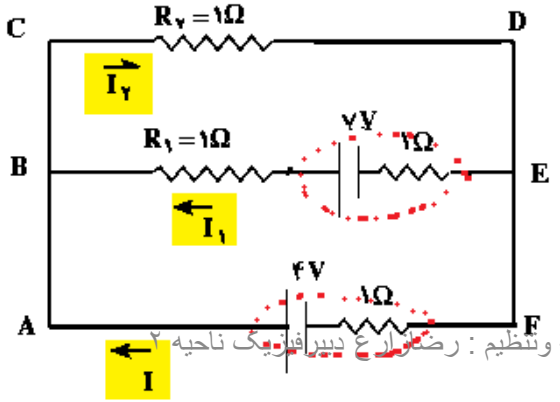
استراتژی حل مسائل چند حلقه

در شکل شدت جریان را در هر شاخه را حساب کنید



۱- جهتی را برای جریان درهرشاخه فرض کرده آن را روی شکل مشخص می کنیم.

غلط یا صحیح بودن فرض جهت جریان در حل مسئله اثری ندارد. اگرفرض ما غلط باشد علامت جریان منفی بدست می ایدواین به ان معنی است که جهت جریان واقعی خلاف جهت فرضی است.



۲–تعداد گره ها را شمرده و به تعداد n گره ۱ -n معادله از قانون شدت جریان کیرشهف می نویسیم

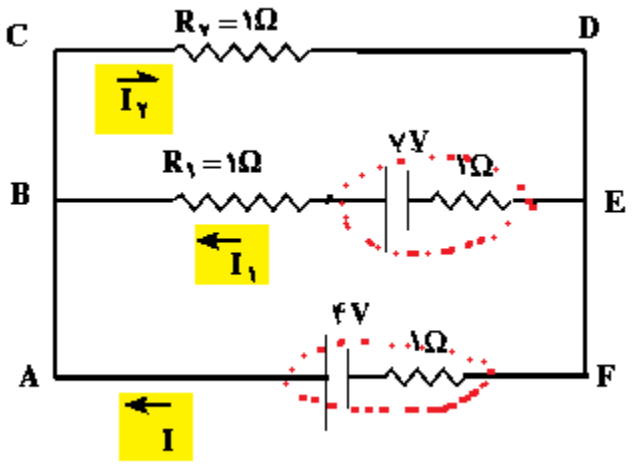
در شکل دو گره در این مدار وجود دارد (نقطه‌های B و E)

$$I_۲ = I_۱ + I$$

۲ – جهت حرکت روی هر حلقه را انتخاب کرده قانون اختلاف پتانسیل ها را برای هر کدام می نویسیم.

اگر در جهت جریان فرضی برویم تغییر پتانسیل در IR منفی و اگر در خلاف آن برویم مثبت است.

اگر از پایانه ی مثبت مولد به پایانه ی منفی آن برویم علامت ε منفی واگر از پایانه منفی به مثبت برویم علامت ε مثبت است.



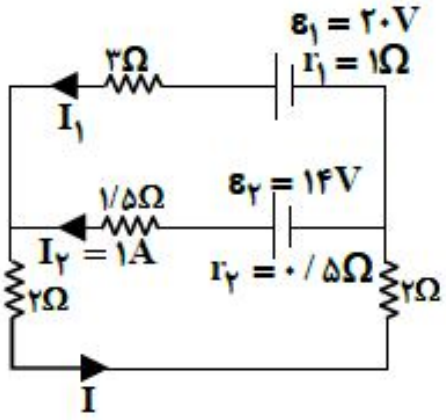
در حلقه‌ی CDFAC $\Rightarrow$ $V_C - I_2 R_2 - Ir + \varepsilon = V_C$ $\Rightarrow$ $-I_2(1) - I(1) + 4 = 0$ $\Rightarrow$ $\underline{-I_1 - I = -4}$

در حلقه‌ی CDEBC $\Rightarrow$ $V_C - I_2 R_2 - I_1 r_1 + \varepsilon_1 - I_1 R_1 = V_C$ $\Rightarrow$ $-I_2(1) - I_1(1) + 7 - I_1(1) = 0$ $\Rightarrow$ $\underline{-2I_1 - I_2 = -7}$

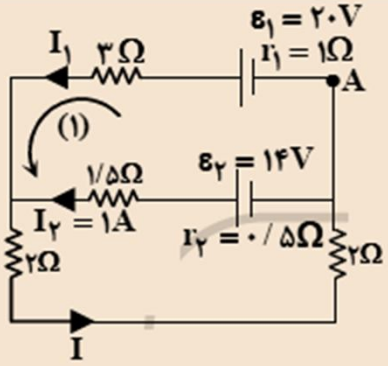
$$\begin{cases} I_2 = I_1 + I \Rightarrow I = I_2 - I_1 \\ -I_1 - I = -4 \end{cases} \Rightarrow -I_1 - I_2 + I_1 = -4 \Rightarrow \boxed{I_2 = 4\,A}$$

$-2I_1 - I_2 = -7 \Rightarrow \boxed{I_1 = 1/5\ A}$ $\qquad I = I_2 - I_1 \Rightarrow \boxed{I = 2/5 A}$

مثال: در مدار شکل داده شده I_1 چند آمپر است؟



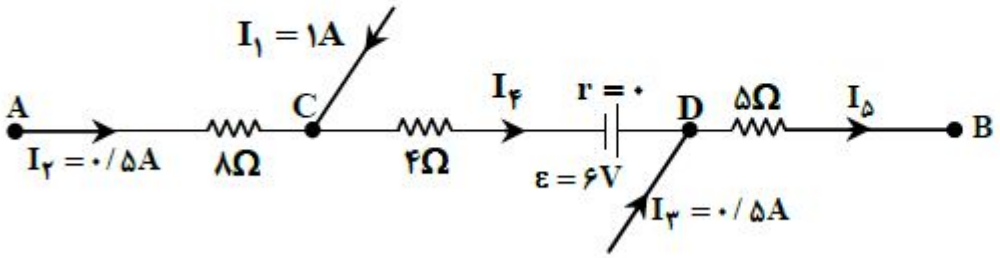
پاسخ



برای حلقه (۱): $V_A - I_1 r_1 + \varepsilon_1 - ۳I_1 + ۱/۵I_2 - \varepsilon_2 + I_2 r_2 = V_A$

$$-I_1 + ۲۰ - ۳I_1 + ۱/۵ \times ۱ - ۱۴ + ۰/۵ \times ۱ = ۰ \Rightarrow I_1 = ۲A$$

مثال: در شکل زیر $V_A - V_B$ برابر چند ولت است؟



پاسخ

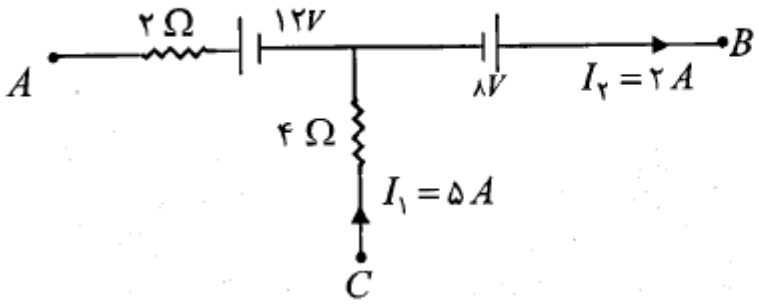
$$C \text{ گره } I_1 + I_2 = I_4 \Rightarrow I_4 = 1/5A$$

$$D \text{ گره } I_4 + I_3 = I_5 \Rightarrow I_5 = 1/5 + 0/5 = 2A$$

$$V_A - 8\times 0/5 - 4\times 1/5 + 6 - 5\times 2 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = 14(V)$$

شهریور ۹۲

شکل روبه رو قسمتی از یک مدار است . مقدار $V_B - V_A$ را محاسبه کنید.



پاسخ

$$I_۱ = I_۲ + I_۳ \quad \rightarrow ۵ = ۲ + I_۳ \rightarrow I_۳ = ۳\ A$$

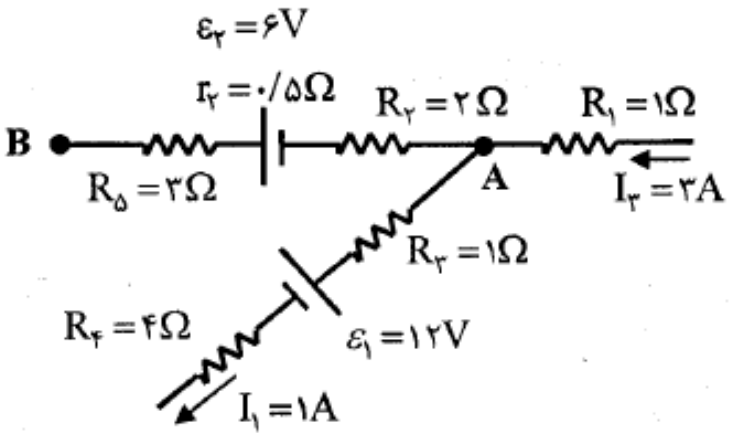
$$V_A + ۲ \times ۳ - ۱۲ + ۸ = V_B \quad \rightarrow V_B - V_A = ۲ V$$

شهریور ۹۱

در شکل قسمتی از یک مدار نشان داده شده است .

الف) اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ چند ولت است ؟

ب) توان مصرفی در مقاومت R_4 را محاسبه کنید .



پاسخ

الف)

$$I_2 = 3 - 1 = 2 \qquad V_A - R_2 I_2 + \varepsilon_2 - r_2 I_2 - R_5 I_2 = V_B$$

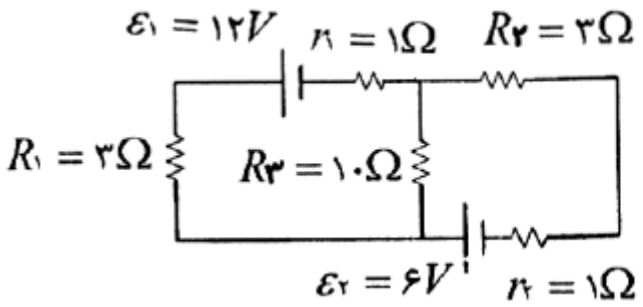
$$V_A - (2\times 2) + 6 - (0/5\times 2) - (3\times 2) = V_B \qquad V_A - V_B = 5\,(V)$$

ب)

$$P = R_4 I_1^{\,2} = 4\,(w)$$

خرداد۸۲

در مدار شکل مقابل ، شدت جریان در هر یک از مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را به دست آورید .



پاسخ

$$I_1 + I_2 = I_3 \qquad I_1 = I_3 - I_2$$

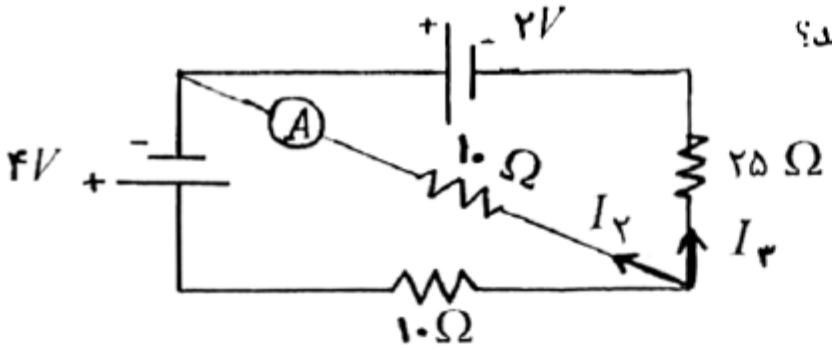
$$\varepsilon_1 - I_1 r_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 = ۰ \qquad ۱۲ - ٤(I_3 - I_2) - ۱۰ I_3 = ۰$$

$$\varepsilon_2 - I_2 r_2 - I_3 R_3 - I_2 R_2 = ۰ \qquad ٦ - ۱۰ I_3 - ٤ I_2 = ۰$$

$$I_1 = \frac{۹}{۸} A \ , \qquad I_2 = \frac{-۳}{۸} A \ , \qquad I_3 = \frac{٦}{۸} A$$

دی۸۱

در مدار شکل رو به رو ، آمپرسنج چه عددی را نشان می دهد؟



پاسخ

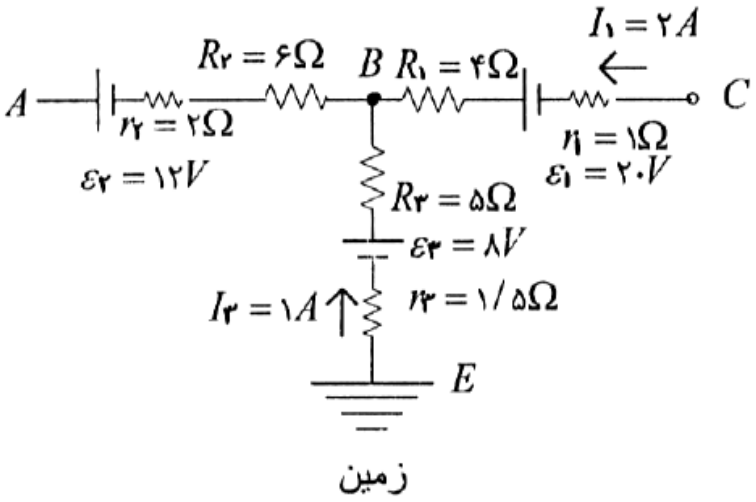
$$\left.\begin{aligned} I_۱ &= I_۲ + I_۳ \\ ۴ - ۱۰I_۱ - ۱۰I_۲ &= ۰ \\ ۴ - ۱۰I_۱ - ۲۵I_۲ + ۲ &= ۰ \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} I_۱ &= ۰/۲۶\,A \\ I_۲ &= -۲/۲۶\,A \end{aligned}$$

عددآمپرسنج

خرداد ۸۱

شکل مقابل قسمتی از یک مدار الکتریکی است .

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان نقاط A و C، $(V_A - V_C)$ را به دست آورید .



پاسخ

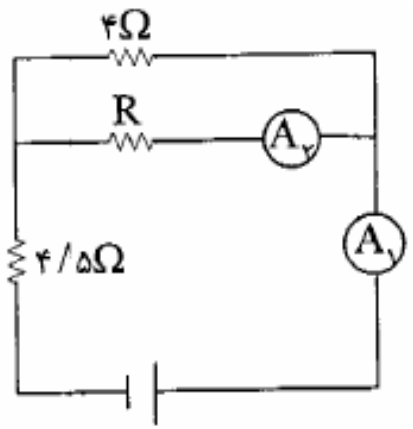
$$\sum I = 0 \Rightarrow I_2 = I_1 + I_3 \qquad \Rightarrow I_2 = 2 + 1 = 3A$$

$$V_A - \varepsilon_2 + I_2(R_2 + r_2) + I_1(R_1 + r_1) - \varepsilon_1 = V_C$$

$$V_A - V_C = 12 - 3(6+2) - 2(4+1) + 20$$

$$V_A - V_C = -2\,V$$

شهریر ۸۹



در مدار روبه‌رو آمپرسنج‌های A_1 و A_2 عددهای ۲ آمپر و ۰/۵ آمپر را نشان می‌دهند:

آ) مقاومت R چند اهم است؟

ب) انرژی مصرف شده در مقاومت ۴/۵ اهمی در مدت ۱۰ ثانیه چند ژول است؟

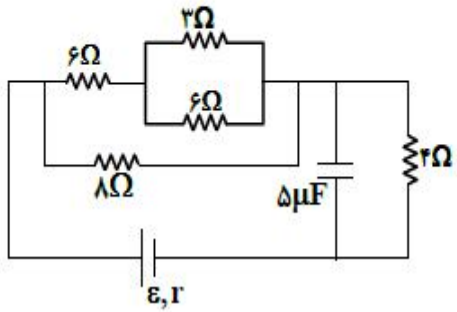
پاسخ

آ) $I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow 2 = 0/5 + I_3 \Rightarrow I_3 = 1/5A$

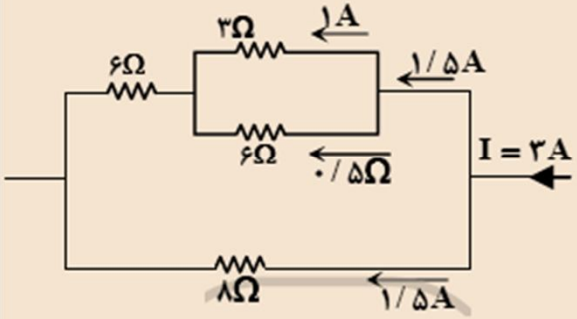
$4(1/5) = R \Rightarrow R = 12\Omega$

ب) $U = RI^2t \Rightarrow U = 4/5 \times (2)^2 \times 10 = 180J$

مثال: اگر در شکل مقابل بار الکتریکی ذخیره شده در خازن، ۶۰ میکروکولن باشد، شدت جریانی که از مقاومت ۳ اهمی می‌گذرد چند آمپر است؟



پاسخ



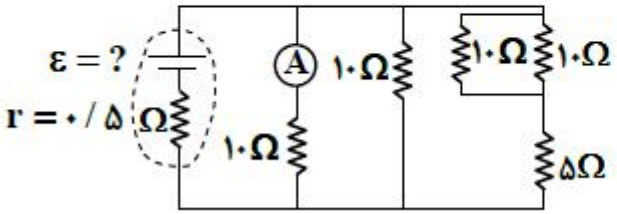
$$q = CV \Rightarrow V = \frac{۶۰}{۵} = ۱۲(V)$$

$$V = IR \Rightarrow ۱۲ = ۴I \Rightarrow I = ۳A$$

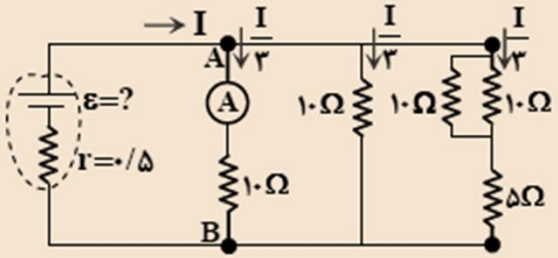
با توجه به این‌که جریان به نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌شود، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} ۳I_۱ = ۶I_۲ \\ I_۱ + I_۲ = ۱/۵ \end{array}\right\} \Rightarrow I_۲ = ۰/۵\,A \quad , \quad I_۱ = ۱A$$

مثال: در مدار شکل زیر آمپرسنج ۶A را نشان می‌دهد. نیروی محرکه‌ی مولد چند ولت است؟



پاسخ



$$\frac{I}{۳} = ۶ \Rightarrow I = ۱۸A$$

دو سر مولد $V = V_{AB}, V_{AB} = ۱۰\frac{I}{۳} = ۱۰ \times ۶ = ۶۰V$

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۶۰ = \varepsilon - ۱۸ \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow \varepsilon = ۶۹V$$