۱- آسان

آ) الکترون‌های آزاد ـ $۱۰^{۶}\frac{m}{s}$ ب) صفر

پ) نرده‌ای ت) آمپر

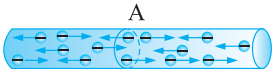
ث) مستقیم ج) بار الکتریکی ـ باتری خودروها

۲- آسان

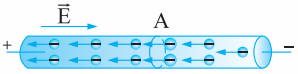
آ) نادرست ب) درست

پ) نادرست ت) نادرست

۳- آسان



در نبود اختلاف پتانسیل (میدان الکتریکی) شارش بار خالصی از مقطع معین **A** سیم، نداریم.



در حضور اختلاف پتانسیل، (میدان الکتریکی) شارش بار خالص از مقطع **A** سیم، دیگر برابر صفر نیست.

۴- آسان

فقط شکل (پ) چون بین دو سر لامپ، اختلاف پتانسیل الکتریکی به درستی اعمال شده است.

۵- متوسط

وقتی کلید را می‌زنیم، میدان الکتریکی با سرعتی نزدیک به سرعت نور برقرار می‌شود و الکترون‌های آزاد در سرتاسر سیم به طور هم‌زمان تحت تأثیر این میدان قرار می‌گیرند و تقریباً هم‌زمان همگی شروع به حرکت می‌کنند.

۶- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۲=\frac{\Delta q}{۱۶} \Rightarrow \Delta q=۳/۲\,C$$

$$\Delta q=ne \Rightarrow n=\frac{\Delta q}{e}=\frac{۳/۲}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۲\times۱۰^{۱۹}$$

۷- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۳/۵=\frac{۷۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۲۰\,h$$

۸- متوسط

آ) $I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۱۶\times۱۰^{-۳}=\frac{\Delta q}{۳۶۰۰} \Rightarrow \Delta q=۰/۵۷۶\,C$

ب) $\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta U=۳\times۰/۵۷۶=۱/۷۲۸\,J$

۹- متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۱۲=\frac{۲۴}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۲\,C$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۲}{۱۰۰}=۰/۰۲\,A=۲۰\,mA$$

۱۰- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۵=\frac{۵۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۱۰\,h$$

۱۱- متوسط

$$I=۱۰۰\,\mu A=۰/۱\,mA$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۱=\frac{۱۰۰۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۱۰۰۰۰\,h$$

۱۲- متوسط

آ) $\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۵\times۱۰^{۷}=\frac{۱\times۱۰^{۹}}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۲۰\,C$

ب) $I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۲۰}{۰/۲}=۱۰۰\,A$

پ) $P=\frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow P=\frac{۱\times۱۰^{۹}}{۰/۲}=۵\times۱۰^{۹}\,W$

۱۳- دشوار

بار کره‌ها را پس از تماس با $q'_۱$ و $q'_۲$ نمایش می‌دهیم.

$$q'_۱=q'_۲=\frac{۱۰+(-۵)}{۲}=۲/۵\,mC$$

$$|\Delta q|=|۲/۵-۱۰|=۷/۵\,mC$$

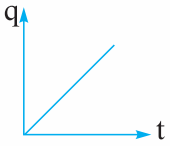
یا

$$|\Delta q|=|۲/۵-(-۵)|=۷/۵\,mC$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۷/۵\times۱۰^{-۳}}{۱\times۱۰^{-۳}}=۷/۵\,A$$

۱۴- دشوار

توجه: اگر جریان ثابت باشد، نمودار بار الکتریکی گذرنده از هر مقطع مدار برحسب زمان $(q-t)$ به صورت خطی است که شیب آن برابر جریان الکتریکی است.

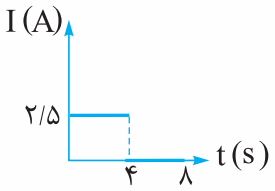


آ) $I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۱۰}{۸}=۱/۲۵\,A$

ب) از ۰ s تا ۴ s، جریان الکتریکی ثابت و برابر شیب خط نمودار $q-t$ است.

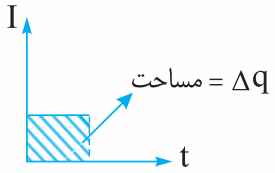
$$I=\frac{۱۰-۰}{۴-۰}=۲/۵\,A$$

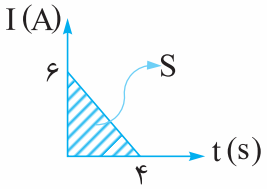
از ۴ s تا ۸ s، شیب خط نمودار $q-t$ صفر است، پس جریان الکتریکی نیز صفر است.



۱۵- دشوار

توجه: مساحت بین نمودار جریان الکتریکی برحسب زمان $(I-t)$ برابر بار الکتریکی شارش شده در مدار است.





$$S=\frac{۶\times۴}{۲}=۱۲ \Rightarrow \Delta q=۱۲\,C$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۱۲}{۴}=۳\,A$$

۱- گزینه «۲» آسان

براساس شکل کتاب درسی، سرعت سوق الکترون آزاد در خلاف جهت میدان الکتریکی است و جهت جریان الکتریکی، هم جهت با میدان الکتریکی است.

۲- گزینه «۲» آسان

با توجه به رابطه بار الکتریکی، می‌توان گفت:

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

بار الکتریکی (C) = آمپر (A) × ساعت (h)

۳- گزینه «۱» متوسط

طبق رابطه $q=It$، بار الکتریکی شارش یافته را به‌دست می‌آوریم.

$$q=It \xrightarrow[t=۲۰s]{I=۰/۸A} q=۰/۸\times۲۰=۱۶C$$

حال با توجه به رابطه $q=ne$، تعداد الکترون‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$q=ne \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q=۱۶C} ۱۶=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n=۱۰^{۲۰}$$

۴- گزینه «۱» متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{n\cdot e}{\Delta t}=\frac{۵\times۱۰^{۱۷}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{۰/۴}=۰/۲A$$

۵- گزینه «۳» متوسط

بار نهایی هر کره $q'=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=\frac{۱۲-۴}{۲}=۴\mu c$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{q'-q}{\Delta t}=\frac{(۴-(-۴))\times۱۰^{-۶}}{۰/۰۱\times۱۰^{-۳}}=۰/۸A$$

$$\xrightarrow{\times۱۰^{۳}} I=۸۰۰mA$$

۶- گزینه «۴» متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=\frac{۱/۸\times۱۰^{۹}}{۳\times۱۰^{۷}}=۶۰\,C$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۶۰}{۰/۳}=۲۰۰\,A$$

۷- گزینه «۲» متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۱/۵=\frac{۱۱/۲۵}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۷/۵\,C$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۷/۵}{۶۰}=۰/۱۲۵\,A=۱۲۵\,mA$$

۸- گزینه «۳» آسان

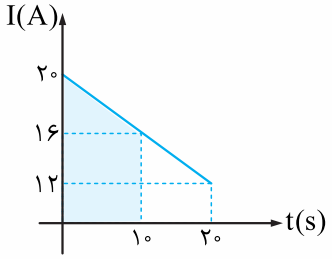
$$\Delta q=۲\,Ah=۲\,A\times ۳۶۰۰\,s=۷۲۰۰\,C$$

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta U=۵\times ۷۲۰۰=۳۶۰۰۰\,J=۳/۶\times ۱۰^{۴}\,J$$

۹- گزینه «۲» دشوار

مساحت سطح زیر نمودار $I-t$ در یک بازه زمانی مشخص برابر با بار الکتریکی شارش یافته در همان مقطع زمانی است.

$$q=S_{\text{هاشورخورده}}=\frac{(۲۰+۱۶)\times ۱۰}{۲}=۱۸۰C$$



برای تبدیل واحد کولن به آمپرساعت باید عدد به‌دست آمده را بر ۳۶۰۰ تقسیم کنیم.

$$q=۱۸۰\times\frac{۱}{۳۶۰۰}=\frac{۱}{۲۰}=۰/۰۵Ah$$

۱۰- گزینه «۴» دشوار

توجه:

۱- منظور از ثانیهٔ nام بازهٔ زمانی $(n-۱)$ ثانیه تا n ثانیه است. مثلاً ثانیهٔ سوم از $t=۲\,s$ تا $t=۳\,s$ است.

۲- پایان ثانیهٔ nام، یعنی لحظهٔ $t=n$. مثلاً پایان ثانیهٔ سوم یعنی لحظهٔ $t=۳\,s$

$$\begin{cases}t_۱=۰\,s\\ t_۲=۳\,s \text{ پایان ثانیه سوم}\end{cases}$$

$$\left.\begin{array}{l}t_۱=۰ \Rightarrow q_۱=۰\\ t_۲=۳\,s \Rightarrow q_۲=۰/۱(۳)^{۲}+۰/۲(۳)=۱/۵\,C\end{array}\right\}$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{q_۲-q_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{۱/۵}{۳}=۰/۵\,A$$

ثانیهٔ سوم $\begin{cases}t'_۱=۲s\\ t'_۲=۳s\end{cases}$

$$\left.\begin{array}{l}t'_۱=۲\,s \Rightarrow q'_۱=۰/۱(۲)^{۲}+۰/۲(۲)=۰/۸\,C\\ t'_۲=۳\,s \Rightarrow q'_۲=۱/۵\,C\end{array}\right\}$$

$$I'_{\text{متوسط}}=\frac{q'_۲-q'_۱}{t'_۲-t'_۱}=\frac{۱/۵-۰/۸}{۳-۲}=۰/۷\,A$$

$$\frac{I'_{\text{متوسط}}}{I_{\text{متوسط}}}=\frac{۰/۷}{۰/۵}=\frac{۷}{۵}$$

۱- آسان

آ) به نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان الکتریکی گذرنده از آن، مقاومت الکتریکی می‌گویند.

ب) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت به جریان الکتریکی گذرنده از آن، در دمای ثابت، مقدار ثابتی است.

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست

پ) درست ت) نادرست

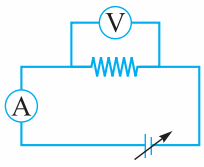
۳- آسان

آ) $\frac{V}{A}$ - اهم ب) نرده‌ای

پ) موازی ت) متوالی

۴- دشوار

یک رسانا را مطابق شکل، به یک آمپرسنج، یک ولت‌سنج و یک منبع تغذیه با ولتاژ قابل تنظیم می‌بندیم. اختلاف پتانسیل دو سر وسیله را به کمک منبع تغذیه تغییر می‌دهیم و در هر نوبت جریان عبوری از وسیله و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنجِ مدار اندازه می‌گیریم و سپس با استفاده از رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ مقاومت الکتریکی را محاسبه و نتایج را در جدولی یادداشت می‌کنیم. اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود آن وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اُهمی می‌نامند.



۵- متوسط

آ) $R=\frac{V}{I} \Rightarrow R=\frac{۱/۵}{۰/۳}=۵\,\Omega$

ب) $R=\frac{V}{I} \Rightarrow ۵=\frac{۱/۲}{I} \Rightarrow I=۰/۲۴\,A$

۶- متوسط

توجه کنید که مقاومت یک رسانای اهمی در دمای ثابت با تغییر ولتاژ یا جریان الکتریکی، ثابت می‌ماند.

$$R=\frac{V}{I} \Rightarrow V=RI\ ,\ V_۲=RI_۲\ ,\ V_۱=RI_۱$$

$$V_۲-V_۱=R(I_۲-I_۱) \Rightarrow \Delta V=R\times\Delta I$$

$$\Rightarrow ۲۰=R\times۵ \Rightarrow R=۴\,\Omega$$

۷- متوسط

$$R=\frac{V}{I} \Rightarrow ۵=\frac{۴}{I} \Rightarrow I=۰/۸\,A$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q=I\times\Delta t \Rightarrow \Delta q=۰/۸\times۵\times۶۰=۲۴۰\,C$$

$$\Delta q=ne \Rightarrow n=\frac{\Delta q}{e} \Rightarrow n=\frac{۲۴۰}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱/۵\times۱۰^{۲۱}$$

۸- آسان

طبق رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ می‌توان نوشت:

$$I=\frac{۱}{R}\times V$$

که نشان می‌دهد اگر **R** ثابت باشد، نمودار $I-V$ به صورت خطی است که شیب آن برابر با $\frac{۱}{R}$ (وارون مقاومت) است. چون در این سوال شیب خط رسانای **B** بیشتر از **A** است، پس $R_B<R_A$ است.

۹- متوسط

$$I=\frac{q}{t}=\frac{۱۰۸۰۰}{۳۶۰۰}=۳\,A$$

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۳۰}{۳}=۱۰\,\Omega$$

۱۰- آسان

همان‌طور که در شکل مشخص است، در وضعیت شکل (آ) جریان از طرف بدن عبور می‌کند و در صورتی که شخص به طریقی به زمین متصل باشد، دچار شوک و احتمالاً برق گرفتگی می‌شود. درحالی که در وضعیت شکل (ب)، جریان از طریق سیم اتصال زمین (که معمولاً به لوله آب سرد متصل است)، به زمین می‌رود. به عبارتی، علاوه بر سیم‌های موسوم به فاز و نول، سیم متصل به زمین نیز وجود دارد. بنابراین در وضعیت شکل (ب) برخلاف شکل (آ) دچار شوک و احتمالاً برق‌گرفتگی نمی‌شویم، زیرا سیم اتصال به زمین یک مسیر کم مقاومت بین سطح خارجی وسیله و زمین را ایجاد می‌کند.

۱۱- متوسط

آ) وارون ب) $\Omega.m$ پ) بسیار کم ت) نیم رسانا

ث) افزایش ـ کاهش ج) بیشتر

۱۲- آسان

مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود، در حالی که مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابر رسانایی می‌گویند.

۱۳- متوسط

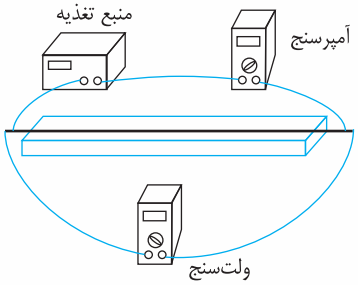
اگر یک رسانای فلزی داشته باشیم، با افزایش دمای آن، تعداد حامل‌های بار (در اینجا یعنی الکترون‌های آزاد) تقریباً ثابت می‌ماند، ولی ارتعاشات کاتوره‌ای اتم‌ها و یون‌های آن افزایش می‌یابد. این عامل موجب افزایش برخورد حامل‌های بار با شبکهٔ اتمی رسانای فلزی می‌شود و به این ترتیب، مقاومت رسانا در برابر عبور جریان زیاد می‌شود.

۱۴- متوسط

اگر یک نیم‌رسانا داشته باشیم، در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار ناچیز است و نیم‌رسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند. با افزایش دما، نشان داده می‌شود بر تعداد این حامل‌های بار افزوده می‌گردد. گرچه با افزایش دما تعداد برخوردهای کاتوره‌ای حامل‌های بار با شبکهٔ اتمی افزایش می‌یابد، اما تأثیر افزایش تعداد حامل‌های بار بیشتر از افزایش این برخوردهای کاتوره‌ای است. به این ترتیب، مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۱۵- متوسط

مداری مطابق شکل آماده می‌کنیم.



آ) بستگی مقاومت الکتریکی به طول رسانا

قطعه سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار می‌دهیم و با استفاده از تعریف مقاومت، $(R=\frac{V}{I})$، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، محاسبه و نتایج را ثبت می‌کنیم. نتیجه این که مقاومت سیم با طول سیم، رابطهٔ مستقیم دارد. $R\propto L$

ب) بستگی مقاومت الکتریکی به مساحت سطح مقطع رسانا

این بار آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام می‌دهیم. نتیجه این که مقاومت سیم با مساحت سطح مقطع سیم **(A)**، رابطهٔ وارون دارد $R\propto\frac{۱}{A}$

پ) بستگی مقاومت الکتریکی به جنس رسانا

آزمایش را با دو قطعه سیم هم طول و با قطر یکسان انجام می‌دهیم که این بار جنس یکی از آن‌ها کنستانتان و دیگری نیکروم است. نتیجه این که مقاومت رسانا، به جنس آن بستگی دارد.

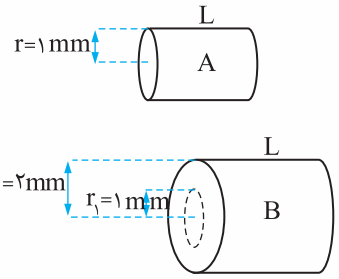
۱۶- متوسط

$D = ۲mm \Rightarrow r = ۱mm$

$A = \pi r^۲ \Rightarrow A = ۳\times ۱^۲ = ۳\,mm^۲ = ۳\times ۱۰^{-۶}\,m^۲$

$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸\times ۱۰^{-۸}\times\frac{۱۰۰}{۳\times ۱۰^{-۶}} = ۰/۶\,\Omega$

۱۷- دشوار



$A_A = \pi r^۲ = \pi\times ۱^۲ = ۳mm^۲$

$A_B = \pi r_۲^۲ - \pi r_۱^۲ = \pi(۲^۲ - ۱^۲) = ۳\pi\ mm^۲$

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{L}{L}\times\frac{۳\pi}{\pi} = ۳$

۱۸- متوسط

آ) از سیم با قطر ۰/۰۸ cm استفاده می‌شود.

$A = \pi(\frac{۰/۰۸}{۲})^۲ = ۳\times ۱/۶\times ۱۰^{-۳} = ۴/۸\times ۱۰^{-۳}\,cm^۲ = ۴/۸\times ۱۰^{-۷}\,m^۲$

$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸\times ۱۰^{-۸}\times\frac{۳۰}{۴/۸\times ۱۰^{-۷}} = ۱/۱۲۵\,\Omega$

ب) از سیم با قطر ۰/۱۲ cm استفاده می‌شود.

$A = \pi(\frac{۰/۱۲}{۲})^۲ = ۳\times ۳/۶\times ۱۰^{-۳}$

$= ۱۰/۸\times ۱۰^{-۳}\,cm^۲ = ۱/۰۸\times ۱۰^{-۶}\,m^۲$

$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸\times ۱۰^{-۸}\times\frac{۷۰}{۱/۰۸\times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow R \simeq ۱/۱۶\,\Omega$

۱۹- متوسط

توجه: برای مقایسهٔ دو مقاومت الکتریکی داریم:

$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲}$

قطر سیم را با **D** نمایش داده‌ایم و جنس هر دو سیم یکسان است.

$L_A = ۲L_B$

$D_A = \frac{۱}{۲}D_B \Rightarrow A_A = (\frac{۱}{۲})^۲ A_B \Rightarrow A_A = \frac{۱}{۴}A_B$

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = ۲\times\frac{A_B}{\frac{۱}{۴}A_B} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = ۸$

۲۰- دشوار

توجه: اگر حجم دو مقاومت برابر باشد داریم:

$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times(\frac{L_۲}{L_۱})^۲ \ ,\ \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times(\frac{A_۱}{A_۲})^۲$

چون جنس و جرم دو مقاومت برابر است. پس حجم دو مقاومت برابر است.

اگر قطر سیم را با **D** نمایش دهیم

$D_A = \sqrt{۲}\,D_B \Rightarrow A_A = (\sqrt{۲})^۲ A_B \Rightarrow A_A = ۲A_B$

$\frac{R_A}{R_B} = (\frac{A_B}{A_A})^۲ \Rightarrow \frac{R_A}{۱۰} = (\frac{A_B}{۲A_B})^۲ \Rightarrow R_A = ۱۰\times\frac{۱}{۴} = ۲/۵\,\Omega$

۲۱- متوسط

$R_۰ = \rho_۰\frac{L}{A} \Rightarrow R_۰ = ۷\times ۱۰^{-۵}\times\frac{۱}{۲\times ۱۰^{-۶}} = ۳۵\,\Omega$

$\Delta R = \alpha R_۰\Delta T \Rightarrow \Delta R = ۲\times ۱۰^{-۳}\times ۳۵\times(۴۲۰-۳۲۰) \Rightarrow \Delta R = ۷\,\Omega$

$R = ۳۵ + ۷ = ۴۲\,\Omega$

۲۲- متوسط

$\Delta R = \alpha R_۰\Delta T \Rightarrow ۱۲۵ - ۱۰۰ = ۴\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰۰\,\Delta T$

$\Rightarrow \Delta T = ۶۲/۵\,K$

$\Delta\theta = \Delta T = ۶۲/۵^\circ C \Rightarrow \theta_۲ - ۲۰ = ۶۲/۵ \Rightarrow \theta_۲ = ۸۲/۵^\circ C$

۲۳- متوسط

$\Delta R = \alpha R_۰\Delta T \Rightarrow ۴۴ - R_۰ = ۴\times ۱۰^{-۴}\,R_۰(۱۲۰۰-۲۰)$

$\Rightarrow R_۰ \simeq ۳۰\,\Omega$

۲۴- متوسط

$\Delta R = \alpha R_۰\Delta T \Rightarrow ۱۲۰ - ۱۰۰ = \alpha\times ۱۰۰\times(۱۰۰-۰)$

$\Rightarrow \alpha = \frac{۲۰}{۱۰^۴} = ۲\times ۱۰^{-۳}\,\frac{۱}{K}$

۲۵- آسان

آ) پیچه‌ای ب) پیچه‌ای

پ) طول ت) پتانسیومتر

ث) تغییر طول

۲۶- آسان

$\left.\begin{array}{l} R = ۵۳\times ۱۰^۲ = ۵۳۰۰\,\Omega \\ \text{تلرانس} = ۵۳۰۰\times\frac{۵}{۱۰۰} = ۲۶۵\,\Omega \end{array}\right\} \Rightarrow R = ۵۳۰۰\,\Omega \pm ۲۶۵\,\Omega$

۲۷- دشوار

آ) ترمیستور ب) منفی

پ) PTC ـ مثبت ت) ترمیستور PTC تعویضی

ث) ترمیستور PTC تعویضی ج) کاهش

چ) دیودها ح) LED

موارد (آ) تا (ث) مربوط به فعالیت کتاب درسی هستند که سوال و پاسخ آن نیز در ادامه آورده شده است.

فعالیت ۲-۳: ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم‌بندی می‌شوند. در مورد ساختار و کارکرد آن‌ها تحقیق کرده و به کلاس گزارش دهید.

پاسخ: ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم می‌شوند.

نوع NTC: از نیم رساناهای خالص مانند سیلیسیم یا ژرمانیم ساخته شده‌اند که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن‌ها منفی است.

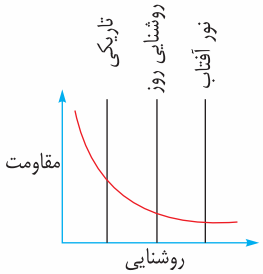
نوع PTC: که خود بر دو نوع‌اند:

آ) یک نوع که به نام سیلیستور شناخته شده‌اند در واقع از سیلیسیوم غیرخالص (آلاینده) ساخته شده است که با افزودن یک ناخالصی به سیلیسیوم، ویژگی رسانش الکتریکی پیدا کرده است. این نوع PTCها مانند فلزات رفتار کرده و مقاومت آن‌ها با افزایش دما زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن‌ها مثبت است.

ب) نوع تعویضی (switching) که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن‌ها تا پیش از دمایی خاص موسوم به دمای گذار اندکی منفی است و پس از آن به شدت مثبت می‌گردد. اغلب در گستره‌ی دمایی $60^\circ C$ تا $120^\circ C$ برای تنظیم جریان و جلوگیری از افزایش آن در مدارهای الکتریکی استفاده می‌شود.

۲۸- متوسط

مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود. مثلاً یک نوع LDR در تاریکی مقاومتی در حد چند مگا اُهمی دارد، درحالی که در یک نور مناسب، مقاومت آن به چند صد اُهم می‌رسد. نوعی از این مقاومت‌ها از جنس نیم‌رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حامل‌های بار الکتریکی آن‌ها افزوده شده و در نتیجه از مقاوت آن‌ها کاسته می‌شود.



۲۹- متوسط

LED در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و در عوض، نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند. LEDها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای عمر طولانی‌تری دارند و به دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور، انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند.

۳۰- آسان

با بستن کلید، جریان در جهت نیروی محرکهٔ الکتریکی (درون باتری، از قطب منفی به سمت قطب مثبت) به جریان می‌افتد که در شکل سمت چپ، دیود امکان عبور را نمی‌دهد. بنابراین، با بستن کلید در شکل سمت راست، LED روشن می‌شود.

۱- گزینه «۳» آسان

در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی یک رسانا مستقل از ولتاژ دو سر آن و شدت جریان عبوری از آن است.

۲- گزینه «۳» متوسط

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow ۱۵ = \frac{۴۸}{I} \Rightarrow I = ۳/۲\,A$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۳/۲ = \frac{\Delta q}{۱} \Rightarrow \Delta q = ۳/۲\,C$$

$$\Delta q = ne \Rightarrow ۳/۲ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۲ \times ۱۰^{۱۹}$$

۳- گزینه «۲» دشوار

نمودار $I-V$ یک رسانای اهمی خطی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد و شیب خط آن متناسب با وارون مقاومت است. اگر نمودار $I-V$ خطی نباشد، وسیلهٔ الکتریکی یک رسانای اهمی نیست و شیب خط مماس بر آن متناسب با وارون مقاومت است.

بررسی عبارت‌ها

آ) نادرست. دیود نورگسیل (LED) یک وسیلهٔ غیراهمی است. چون نمودار $I-V$ خطی نیست.

ب) نادرست. با افزایش ولتاژ مثبت، شیب خط مماس بر نمودار زیاد شده پس مقاومت کم می‌شود.

پ) درست. در نمودار $I-V$، شیب خط مماس بر نمودار متناسب با وارون مقاومت است.

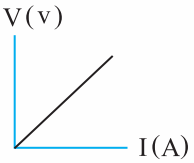
۴- گزینه «۱» — متوسط

با توجه به نمودار داریم:

$$\left.\begin{aligned} R_A &= \frac{V_A}{I_A} = \frac{۱۰}{۲} = ۵\Omega \\ R_B &= \frac{V_B}{I_B} = \frac{۲۰}{۲} = ۱۰\Omega \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{۱۰}{۵} = ۲$$

۵- گزینه «۲» — متوسط

توجه: نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان $(V-I)$ برای رسانای اهمی مطابق شکل، خطی است که از مبدأ مختصات می‌گذرد و شیب آن برابر **R** است.



$$q = ne = ۵\times۱۰^{۱۵}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۸\times۱۰^{-۴}\ C$$

$$q = It \Rightarrow ۸\times۱۰^{-۴} = I\times۲\times۱۰^{-۳} \Rightarrow I = ۰/۴\ A$$

$$V = RI \xrightarrow[\text{مقاومت می باشد}]{\text{شیب نمودار }(V-I)} V = ۱۰\times۰/۴ = ۴\ v$$

۶- گزینه «۲» — آسان

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{RA}{L} \Rightarrow \rho\ \text{یکای} = \frac{\Omega\times m^۲}{m} \Rightarrow \rho\ \text{یکای} = \Omega.m$$

۷- گزینه «۳» — دشوار

مقاومت با طول رسانا نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد، بنابراین بیش‌ترین مقاومت رسانا به‌ازای بیش‌ترین طول و کم‌ترین سطح مقطع و کم‌ترین مقاومت رسانا به‌ازای کمترین طول و بیش‌ترین سطح مقطع به‌دست می‌آید.

$$\left.\begin{aligned} R_{max} &= \rho\frac{L_{max}}{A_{min}} = \rho\times\frac{۴\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{-۴}} = ۲۰۰\rho \\ R_{min} &= \rho\frac{L_{min}}{A_{max}} = \rho\times\frac{۱۰^{-۲}}{۸\times۱۰^{-۴}} = ۱۲/۵\rho \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{۲۰۰\rho}{۱۲/۵\rho} = ۱۶$$

۸- گزینه «۱» — متوسط

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

۹- گزینه «۱» — متوسط

با استفاده از رابطه مقاومت الکتریکی برحسب مشخصات ساختمانی سیم می‌توان گفت:

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

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\frac{A_A}{A_B} \xrightarrow{A=\frac{\pi D^۲}{۴}} \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^۲ \Rightarrow ۱ = \frac{۱}{۳}\times\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^۲ \Rightarrow \frac{D_A}{D_B} = \sqrt{۳}$$

۱۰- گزینه «۴» — دشوار

$$m_A = ۶m_B \xrightarrow{\text{جرم } \alpha \text{ حجم}} V_A = ۶V_B \Rightarrow L_A A_A = ۶L_B A_B$$

$$\xrightarrow{L_A = ۳L_B} ۳L_B A_A = ۶L_B A_B \Rightarrow A_A = ۲A_B$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A} = \frac{۳L_B}{L_B}\times\frac{A_B}{۲A_B} = \frac{۳}{۲}$$

۱۱- گزینه «۲» — دشوار

توجه: اگر حجم دو مقاومت برابر باشد،

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\left(\frac{L_۲}{L_۱}\right)^۲ \quad , \quad \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\left(\frac{A_۱}{A_۲}\right)^۲$$

چون جرم تغییر نکرده است، بنابراین حجم ثابت است.

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{L_۲}{L_۱}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۱۶R_۱}{R_۱} = \left(\frac{L_۲}{L_۱}\right)^۲ \Rightarrow \frac{L_۲}{L_۱} = ۴$$

$$L_۲ = ۴L_۱ = ۴\times۱۰ = ۴۰\ cm$$

۱۲- گزینه «۲» — دشوار

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۳}{۱/۲} = ۲/۵\Omega$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow ۲/۵ = ۱/۸\times۱۰^{-۸}\times\frac{۲۵}{A}$$

$$\Rightarrow A = ۱/۸\times۱۰^{-۷}m^۲ \Rightarrow V = A\cdot L = ۱/۸\times۱۰^{-۷}\times۲۵$$

$$= ۴۵\times۱۰^{-۷}m^۳$$

$$\text{چگالی} = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \text{چگالی}\times v$$

$$m = ۸\times۱۰^۳\times۴۵\times۱۰^{-۷} = ۳۶\times۱۰^{-۳}\ kg \Rightarrow m = ۳۶g$$

۱۳- گزینه «۲» — دشوار

$$R = \rho\frac{L}{A} \xrightarrow[L_A=L_B]{\rho_A=\rho_B} \frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B}$$

$$A_A = \pi r^۲ \Rightarrow A = \pi(۳\times۱۰^{-۳})^۲ = ۹\pi\times۱۰^{-۶}m^۲$$

$$A_B = \pi(r^۲_{\text{خارجی}} - r^۲_{\text{داخلی}}) = \pi(۹\times۱۰^{-۶} - ۱\times۱۰^{-۶})$$

$$= ۸\pi\times۱۰^{-۶}m^۲$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{۹\pi\times۱۰^{-۶}}{۸\pi\times۱۰^{-۶}} = \frac{۹}{۸}$$

۱۴- گزینه «۴» متوسط

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{V_A}{V_B}\times\frac{I_B}{I_A}\xrightarrow{I_A=I_B}\frac{R_A}{R_B}=\frac{۵}{۱۵}=\frac{۱}{۳}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_A}{A_B}\xrightarrow{L_A=L_B}\frac{۱}{۳}=\frac{A_A}{A_B}\Rightarrow A_A=\frac{۱}{۳}A_B$$

$$\Rightarrow \pi(r_A)^۲=\frac{۱}{۳}\pi(r_B)^۲\Rightarrow r_A=\frac{\sqrt{۳}}{۳}r_B\Rightarrow D_A=\frac{\sqrt{۳}}{۳}D_B$$

۱۵- گزینه «۴» دشوار

در حالت اول طول سیم باقی‌مانده $\frac{۱}{۴}$ طول سیم اولیه است پس مقاومت سیم باقی‌مانده $\frac{۱}{۴}\times۶=۱/۵\,\Omega$ است.

در حالت دوم که سیم باقی‌مانده را با عبور از دستگاهی طولش را به طول سیم اولیه می‌رسانیم یعنی بدون تغییر حجم، طول را ۴ برابر کرده‌ایم پس:

$$\frac{R'}{۱/۵}=(\frac{L'}{L})^۲\Rightarrow\frac{R'}{۱/۵}=(۴)^۲\Rightarrow R'=۱۶\times۱/۵=۲۴\,\Omega$$

توجه: وقتی حجم مقاومت تغییر نکند، داریم:

$$\frac{R'}{R}=(\frac{L'}{L})^۲\ \text{یا}\ \frac{R'}{R}=(\frac{A}{A'})^۲$$

۱۶- گزینه «۴» آسان

هنگام روشن بودن لامپ، دمای آن افزایش می‌یابد و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

۱۷- گزینه «۱» آسان

مقاومت رساناها با افزایش دما زیاد می شود و مقاومت نیم رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. گزینه‌های ۲، ۳ و ۴ نیم‌رسانا هستند، بنابراین گزینهٔ ۱ درست است.

۱۸- گزینه «۳» آسان

مقاومت رساناها با افزایش دما زیاد می‌شود و مقاومت نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. گزینه‌های ۱، ۲ و ۴ رسانا هستند، بنابراین گزینهٔ ۳ درست است.

۱۹- گزینه «۴» آسان

در پدیده اَبَررسانایی، با کاهش دما، در دمای خاصی ناگهان مقاومت ویژه جسم به صفر اُفت می کند و در دماهای پایین‌تر از آن نیز همچنان صفر باقی می‌ماند.

۲۰- گزینه «۲» آسان

$$\Delta R=\alpha R_\circ\Delta T\Rightarrow\alpha=\frac{\Delta R}{R_O\Delta T}\Rightarrow \alpha\ \text{یکای}=\frac{\Omega}{\Omega\times K}=K^{-۱}$$

۲۱- گزینه «۴» متوسط

با استفاده از رابطه تغییر مقاومت با تغییر دما می‌توان گفت:

$$\Delta R=R_۱\propto\Delta\theta\ \text{و}\ \Delta R=۴۶/۸-۴۰=۶/۸\Omega$$

$$\xrightarrow[\alpha=۰/۰۰۶۸]{\Delta R=۶/۸,R_۱=۴۰}۶/۸=۴۰\times۰/۰۰۶۸\times\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta=۲۵^\circ C$$

$$\Delta\theta=\theta_۲-\theta_۱\xrightarrow[\theta_۱=۲۰]{\Delta\theta=۲۵}۲۵=\theta_۲-۲۰\Rightarrow\boxed{\theta_۲=۴۵^\circ C}$$

۲۲- گزینه «۳» متوسط

$$\Delta R=\alpha R_\circ\Delta T\Rightarrow\Delta R=۴\times۱۰^{-۴}\times۵۰\times(۱۰۰-۲۰)\Rightarrow\Delta R=۱/۶\,\Omega$$

$$R=۵۰+۱/۶=۵۱/۶\Omega$$

۲۳- گزینه «۲» دشوار

چون در دمای بالاتر مقاومت عنصر کمتر شده، بنابراین ضریب دمایی آن (نیم‌رسانا) منفی است.

$$\Delta R=\alpha R_\circ\cdot\Delta\theta\Rightarrow\alpha=\frac{\Delta R}{R_\circ.\Delta\theta}=\frac{۰/۹R_\circ-R_\circ}{R_\circ\times۱۰۰}$$

$$=-\frac{۰/۱}{۱۰۰}=-۱۰^{-۳}\,K^{-۱}$$

۲۴- گزینه «۳» دشوار

توجه: درصد تغییرات مقاومت ویژه یا درصد تغییرات مقاومت بر اثر تغییر دما نسبت به دمای مرجع را با توجه به روابط ذکر شده برای آن‌ها می‌توان از روابط زیر محاسبه کرد:

$$\frac{\Delta R}{R_\circ}\times۱۰۰=\alpha\Delta T\times۱۰۰,\ \frac{\Delta\rho}{\rho_\circ}\times۱۰۰=\alpha\Delta T\times۱۰۰$$

$$۲۰=\alpha\times۵۰\times۱۰۰\Rightarrow\alpha=۴\times۱۰^{-۳}\frac{۱}{K}$$

۲۵- گزینه «۳» متوسط

با توجه به رابطه $R_۲=R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)$، داریم:

$$R_۲=۲R_۱,\alpha=\frac{۱}{۲۵۰},\Delta\theta=\theta_۲-\circ=\theta_۲$$

$$R_۲=R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)\to ۲\cancel{R_۱}=\cancel{R_۱}(۱+\frac{۱}{۲۵۰}\times\theta_۲)$$

$$\Rightarrow\frac{۱}{۲۵۰}\theta_۲=۱\Rightarrow\theta_۲=۲۵۰^\circ C$$

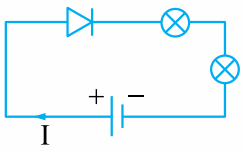
۲۶- گزینه «۲» آسان

$$R=۶۱\times۱۰^\circ=۶۱\Omega$$

رنگ طلایی فقط تلرانس را مشخص می‌کند.

۲۷- گزینه «۴» آسان

اگر جریان در خلاف پیکان باشد، از دیود جریان عبور نمی کند و قطع جریان اتفاق می‌افتد. در مدار زیر با تعویض جهت دیود، جریان از مدار عبور نمی‌کند.



۲۸- گزینه «۳» آسان

گزینه ۱ و گزینه ۲ نماد **LDR** یا مقاومت نوری است. گزینه ۴ نماد دیود است و گزینه ۳ نماد ترمیستور است.

۲۹- گزینه «۲» آسان

طبق کتاب درسی، **LDR**ها، مقاومت‌های نوری هستند و با افزایش شدت نور، مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.

۳۰- گزینه «۲» آسان

طبق کتاب درسی، از **LDR**ها در تجهیزات گوناگونی از جمله چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل کننده‌های خودکار و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.

۱- آسان

آ) منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی یا مولد ـ خلاف جهت ـ کمتر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر

ب) کمتر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر ـ نیروی محرکهٔ مولد

پ) مقاومت درونی

ت) مقاومت درونی

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست

پ) درست ت) نادرست

۳- متوسط

آ) صفر ب) کاهش

پ) افزایش ت) ممکن است کمتر یا بیشتر از

۴- آسان

اگر نیروی محرکهٔ یک باتری $۱/۵\ V$ باشد، به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می گذرد، $۱/۵\ J$ کار انجام می‌دهد و به این ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن را $۱/۵\ J$ افزایش می‌دهد.

۵- آسان

باتری، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی نمونه‌هایی از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی هستند که با ساز و کارهای مختلفی انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکنریکی را فراهم می‌کنند. مثلاً باتری‌ها این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آن‌ها رخ می‌دهد، مهیا می‌کنند.

۶- آسان

گلوله‌ها از ارتفاع مثلاً **h** بالای کف شروع به حرکت می‌کنند و آن‌ها تحت تأثیر نیروی گرانشی، در فاصلهٔ بین برخورد با میخ‌ها شتاب می‌گیرند. میخ‌ها مشابه یون‌های شبکهٔ اتمی هستند. در حین برخوردها، گلوله‌ها انرژی جنبشی به دست آمده در بین برخوردها را به میخ‌ها منتقل می‌کنند. چون برخوردها خیلی زیادند، گلوله‌ها یک سرعت سوق کوچک و نسبتاً ثابتی خواهند داشت. وقتی گلوله‌ها به پایین می‌رسند، شخصی مانند شکل سمت راست، آن‌ها را تا ارتفاع اولیه بالا می‌آورد، بالا آوردن هر گلوله، مشابه همان کاری است که یک منبع **emf** در مدار الکتریکی انجام می‌دهد.

۷- متوسط

وقتی کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم، این عدد برابر نیرو محرکهٔ مولد (ε) است. کلید را می‌بندیم. در این حالت عدد ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد ($V_{مولد}$) را نشان می‌دهد و عدد آمپرسنج جریان گذرنده از مولد (I) را نشان می‌دهد. با توجه به رابطهٔ زیر می‌توان مقاومت درونی مولد (r) را اندازه‌گیری کرد.

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir$$

۸- متوسط

وقتی کلید باز است و از مدار جریانی نمی‌گذرد، عدد ولت‌سنج همان نیرو محرکهٔ مولد است پس:

$$\varepsilon = ۱۲\ V$$

پس از بستن کلید، جریان گذرنده از مدار از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۵+۱} = ۲\ A$$

حال با استفاده از رابطهٔ ولتاژ دو سر مولد واقعی داریم:

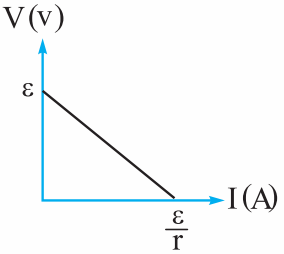
$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = ۱۲ - ۲\times ۱ = ۱۰\ V$$

توجه: در مورد رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ نکات زیر اهمیت دارد:

- به مقدار **Ir** افت پتانسیل دو سر مولد می‌گویند.
- در مولد آرمانی چون $r = ۰$ است، بنابراین همواره ولتاژ دو سر مولد با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- اگر جریان گذرنده از مولد واقعی صفر باشد ($I = ۰$) ولتاژ دو سر مولد واقعی با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- همواره ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار ($V = RI$) برابر است.

۹- متوسط

توجه: نمودار ولتاژ دو سر مولد واقعی برحسب جریان گذرنده (I) (مدار تک مولد): در مدار تک مولد، ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ محاسبه می‌شود. بنابراین نمودار $(V-I)$ مطابق شکل، به صورت خطی با شیب $-r$ و عرض از مبدأ ε است.



همچنین وقتی دو سر مولد واقعی اتصال کوتاه شود، ولتاژ دو سر آن صفر می‌شود و در این حالت حداکثر جریان ممکن از مولد خواهد گذشت که می‌توان نشان داد، مقدار این جریان برابر با $\frac{\varepsilon}{r}$ است.

با مقایسه نمودار این سوال با نمودار ولتاژ دو سر مولد برحسب جریان که توضیح دادیم داریم:

$$\varepsilon = ۱۲\,V\ ,\ V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۸ = ۱۲ - ۴ \times r \Rightarrow r = ۱\Omega$$

۱۰- متوسط

آنچه برای روشن شدن خودرو و استارت خوردن آن لازم است، جریان است که البته باید مقدار زیادی هم باشد. باتری‌های قلمی، مقاومت داخلی زیادی دارند و بنابراین این مانع از برقراری جریان لازم می‌شود. به عبارت دیگر، با این که نیروی محرکهٔ مجموعهٔ باتری‌ها همان ۱۲ V است، ولی به دلیل افزایش مقاومت داخلی، جریان عبوری کاهش می‌یابد و نمی تواند جریان بزرگ لازم برای استارت خوردن خودرو را تأمین کند.

۱۱- دشوار

ولتاژ دو سر یک باتری وقتی از آن جریانی نگذرد (به مدار بسته نباشد)، برابر با نیرو محرکهٔ باتری است، پس:

$$\varepsilon = ۱۲\,V$$

ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار برابر است. برای مقاومت مدار (R) داریم:

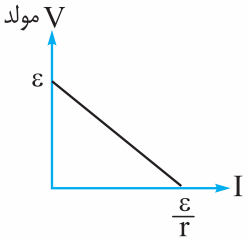
$$V_R = RI \Rightarrow ۱۰ = I \times ۱۰ \Rightarrow I = ۱\,A$$

حال با توجه به رابطهٔ ولتاژ دو سر باتری داریم:

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۱۰ = ۱۲ - ۱ \times r \Rightarrow r = ۲\Omega$$

۱۲- متوسط

نمودار $V-I$ مولد واقعی به شکل زیر است که شیب آن برابر با $-r$ که **r** مقاومت درونی مولد است.



پس طبق نمودار صورت سوال $\varepsilon_A = \varepsilon_B$ است. چون شیب **B** بیشتر از شیب **A** است پس $r_B > r_A$ است.

۱۳- متوسط

$$V_a - Ir_۱ + \varepsilon_۱ - IR - Ir_۲ + \varepsilon_۲ = V_b$$

$$\Rightarrow V_a - ۲ \times ۱ + ۱۰ - ۲ \times ۱۰ - ۲ \times ۰/۵ + ۲۱ = V_b$$

$$\Rightarrow V_a - V_b = -۸\,V$$

توجه کنید که:

۱- هرگاه در مدار در جهت جریان از مقاومت **R** بگذریم، پتانسیل به اندازهٔ IR کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت جریان حرکت کنیم، پتانسیل به همان اندازه افزایش می‌یابد.

۲- هرگاه از پایانه منفی به طرف پایانهٔ مثبت یک منبع نیروی محرکه حرکت کنیم، پتانسیل به اندازهٔ ε افزایش می‌یابد و اگر در خلاف این جهت (یعنی از پایانهٔ مثبت به طرف پایانهٔ منفی) حرکت کنیم پتانسیل به اندازهٔ ε کاهش می‌یابد.

۱۴- دشوار

برای محاسبهٔ جریان عبوری از مدار چون $\varepsilon_۲ > \varepsilon_۱$ است، جهت جریان مدار در جهت ساعتگرد است. از نقطهٔ **a** طبق قاعدهٔ حلقه، یک دور کامل می‌زنیم.

$$V_a - \varepsilon_۲ - Ir_۲ - IR - Ir_۱ + \varepsilon_۱ = V_a$$
$$\Rightarrow -۲ - I\times ۱/۵ - I\times ۸/۵ - I\times ۲ + ۸ = ۰$$

$$\Rightarrow I = ۰/۵\ A$$

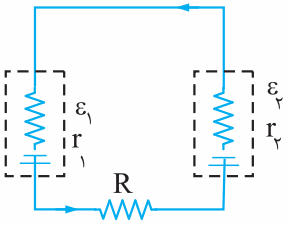
برای باتری ۱ از **b** به **a** ساعتگرد می‌رویم:

$$V_b - Ir_۱ + \varepsilon_۱ = V_a \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon_۱ - Ir_۱$$
$$\Rightarrow V_a - V_b = ۸ - ۰/۵\times ۲ = ۷\ V$$

برای باتری ۲ از **a** به **c** ساعتگرد داریم:

$$V_a - \varepsilon_۲ - Ir_۲ = V_c \Rightarrow V_a - V_c = \varepsilon_۲ + Ir_۲$$
$$\Rightarrow V_a - V_c = ۲ + ۰/۵\times ۱/۵ = ۲/۷۵\ V$$

توجه: در مدارهایی مطابق شکل که چند مولد داریم. می‌توان جریان گذرنده از مدار را از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:



$$I = \frac{\varepsilon_۱ \pm \varepsilon_۲}{R + r_۱ + r_۲}$$

در رابطهٔ فوق، زمانی که مولدهای $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$، در مدار، جریان‌های هم جهت ایجاد می‌کنند، $\varepsilon_۱ + \varepsilon_۲$ است و زمانی که مولدهای $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ در مدار جریان خلاف جهت هم ایجاد می‌کنند و $\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲$ است، $\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲$ است. در این شرایط، معمولاً مولد $\varepsilon_۱$ را مولد محرک و مولد $\varepsilon_۲$ را مولد ضد محرک می‌گویند.

برای مولدهای محرک که جریان به پایانهٔ منفی وارد و از پایانهٔ مثبت خارج می‌شود. ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir$$

و برای مولدهای ضد محرک که جریان از پایانهٔ منفی خارج و به پایانهٔ مثبت وارد می‌شود، ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ

$$V_{مولد} = \varepsilon + Ir$$

محاسبه می‌شود.

۱۵- دشوار

آ) $\varepsilon_۲ > \varepsilon_۱$، جهت جریان در مدار ساعتگرد است. $\varepsilon_۱$ محرک و $\varepsilon_۲$ ضدمحرک است.

$$I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲}{R + r_۱ + r_۲} \Rightarrow I = \frac{۶ - ۳}{۱/۵ + ۰/۵ + ۱} = ۱\ A$$

$$V_{مولد۱} = \varepsilon_۱ - Ir_۱ \Rightarrow V_{مولد۱} = ۶ - ۱\times ۰/۵ = ۵/۵\ V$$

$$V_{مولد۲} = \varepsilon_۲ + Ir_۲ \Rightarrow V_{مولد۲} = ۳ + ۱\times ۱ = ۴\ V$$

ب) از نقطهٔ **A** ساعتگرد به سمت نقطه‌ای که پتانسیل صفر است ($V_{زمین} = ۰$) حرکت می‌کنیم

$$V_A + \varepsilon_۱ - Ir_۱ - IR = V_{زمین} \Rightarrow V_A + ۶ - ۱\times ۰/۵ - ۱\times ۱/۵ = ۰$$

$$\Rightarrow V_A = -۴\ V$$

۱۶- دشوار

با استفاده از قاعدهٔ حلقه می‌توان نشان داد:

$$I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲ - \varepsilon_۳}{R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴ + r_۱ + r_۳}$$
$$\Rightarrow I = \frac{۱۴ - ۲ - ۴}{۴ + ۳ + ۱/۵ + ۲ + ۱ + ۰/۵} = \frac{۸}{۱۲} = \frac{۲}{۳}\ A$$

جهت جریان الکتریکی در مدار پادساعتگرد است چون $\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲ + \varepsilon_۳$ است.

اکنون از **A** پادساعتگرد به **B** می‌رویم:

$$V_A - IR_۱ + \varepsilon_۱ - Ir_۱ - IR_۴ - IR_۳ = V_B$$
$$\Rightarrow V_A - \frac{۲}{۳}\times ۴ + ۱۴ - \frac{۲}{۳}\times ۱ - \frac{۲}{۳}\times ۲ - \frac{۲}{۳}\times ۱/۵ = V_B$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = \frac{۲۵}{۳}\ V$$

۱۷- متوسط

چون جریان ساعتگرد است، $\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲$ است.

$$I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲}{R_۱ + R_۲ + r_۱ + r_۲}$$

$$\Rightarrow ۱ = \frac{۱۴ - \varepsilon_۲}{۳ + ۲ + ۱ + ۰/۵} \Rightarrow \varepsilon_۲ = ۷/۵\ V$$

۱- گزینه «۳» آسان

افت پتانسیل داخل باتری برابر **rI** است، بنابراین افت پتانسیل در داخل باتری با شدت جریان (**I**) و مقاومت درونی پیل (**r**) نسبت مستقیم دارد.

۲- گزینه «۱» آسان

اگر به نحوه اتصال رئوستا در مدار توجه کنید، چون قسمت **B** به مدار وصل نیست، با تغییر محل لغزنده مقاومتی از رئوستا که در مدار است، تغییر نمی‌کند. توجه کنید که چون نقاط **A** و **C** از رئوستا در مدار قرار گرفته است تمام مقاومت رئوستا در مدار است.

۳- گزینه «۳» متوسط

با حرکت لغزنده از **a** تا **b**، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد.

$I=\dfrac{\varepsilon=\text{ثابت}}{R_R+R+r}$ کاهش می‌یابد (رئوستا)

افزایش می‌یابد

بنابراین طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-rI$ افزایش می‌یابد.

۴- گزینه «۴» متوسط

$R_1=2r, R_2=r$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow\begin{cases}I_1=\dfrac{\varepsilon}{2r+r}=\dfrac{\varepsilon}{3r}\\ I_2=\dfrac{\varepsilon}{r+r}=\dfrac{\varepsilon}{2r}\end{cases}$$

افت پتانسیل در باتری برابر **rI** است، پس: $\dfrac{rI_2}{rI_1}=\dfrac{I_2}{I_1}=\dfrac{\frac{\varepsilon}{2r}}{\frac{\varepsilon}{3r}}=\dfrac{3}{2}$

۵- گزینه «۱» متوسط

افت پتانسیل مدار خارجی **IR** و افت پتانسیل در مولد **Ir** است، بنابراین داریم:

$$Ir=\frac{1}{9}IR\Rightarrow r=\frac{R}{9}$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow 0/2=\frac{6}{R+\frac{R}{9}}\Rightarrow\frac{10}{9}R=30\Rightarrow R=27\Omega$$

۶- گزینه «۲» متوسط

وقتی باتری به مدار وصل نیست، جریان گذرنده از آن صفر است و ولتاژ دو سر آن برابر با نیرو محرکهٔ مولد است، پس $\varepsilon=12\,V$ است. ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار برابر است پس $V_R=V_{\text{مولد}}$

$$V_R=V_{\text{مولد}}=9/6\,V\,,\ V_R=RI\Rightarrow 9/6=8\,I\Rightarrow I=1/2\,A$$

$$V_{\text{مولد}}=\varepsilon-Ir\ \Rightarrow\ 9/6=12-1/2\times r\ \Rightarrow\ r=2\Omega$$

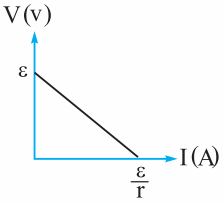
۷- گزینه «۴» آسان

$\varepsilon=12v$

$$V=\varepsilon-Ir\Rightarrow 7=12-4r\Rightarrow r=\frac{5}{4}=1/25\Omega$$

۸- گزینه «۲» آسان

توجه: در مدار تک مولد، ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ $V=\varepsilon-Ir$ محاسبه می‌شود. بنابراین نمودار $(V-I)$ مطابق شکل، به صورت خطی با شیب $-r$ و عرض از مبدأ ε است.



با توجه به نکتهٔ بیان شده، $\varepsilon_A=10\,V\,,\varepsilon_B=20\,V$ است و چون محل تقاطع نمودارهای **A** و **B** با محور جریان (I) یکسان است پس:

$$\frac{\varepsilon_A}{r_A}=\frac{\varepsilon_B}{r_B}\Rightarrow\frac{10}{r_A}=\frac{20}{r_B}\Rightarrow\frac{r_B}{r_A}=2$$

۹- گزینه «۳» متوسط

نمودار **A** مربوط به یک مولد ضد محرک و نمودار **B** مربوط به یک مولد محرک است. در نمودار **A** شیب خط، برابر مقاومت درونی (r) و در نمودار **B**، شیب خط برابر منفی مقاومت درونی $(-r)$ است. پس در نمودار **B**، قدرمطلق شیب خط برابر با مقاومت درونی است.

$$\frac{r_A}{r_B}=\frac{\text{A شیب خط}}{|\text{B شیب خط}|}=\frac{\frac{18-14}{2}}{|\frac{4-14}{2}|}=\frac{2}{5}$$

۱۰- گزینه «۳» متوسط

$$V=\varepsilon-Ir\ \Rightarrow\ V=\varepsilon-0/8\times 2\ \Rightarrow\ V=\varepsilon-1/6$$

$$\xrightarrow{\frac{V}{\varepsilon}=0/8\varepsilon\Rightarrow V=0/8\varepsilon}\ 0/8\varepsilon=\varepsilon-1/6$$

$$0/2\varepsilon=1/6\ \Rightarrow\ \varepsilon=8\,V$$

وقتی کلید را قطع کنیم از مولد جریان نمی‌گذرد و ولتاژ دو سر مولد برابر نیرو محرکهٔ آن می‌شود.

۱۱- گزینه «۱» آسان

چون دو سر باتری با یک سیم به هم وصل شده است. ولتاژ دو سر آن صفر است.

۱۲- گزینه «۳» متوسط

وقتی کلید باز است

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I=\frac{۱/۵}{۰/۵+۰/۵}=۱/۵\ A$$

$$V_{مولد}=\varepsilon-Ir \Rightarrow V_{مولد}=۱/۵-۱/۵\times ۰/۵=۰/۷۵\ V$$

وقتی کلید بسته شود، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و ولتاژ دو سر آن صفر می‌شود. پس ولتاژ دو سر مولد از ۰/۷۵ ولت به صفر ولت می‌رسد، یعنی ۰/۷۵ ولت کاهش می‌یابد.

۱۳- گزینه «۲» متوسط

مقاومت آمپرسنج آرمانی صفر است که باعث می شود دو سر مقاومت ۶ اهمی اتصال کوتاه شود و از مدار حذف شود. مقاومت ولت‌سنج آرمانی بی‌نهایت است و چون در مدار، متوالی بسته شده، جریانی از مدار و مولد نمی‌گذرد. پس آمپرسنج صفر را نشان می‌دهد.

چون از مقاومت ۳ اهمی جریان نمی‌گذرد، ولتاژ دو سر آن صفر است. بنابراین ولت‌سنج که عملاً به دو سر مولد وصل است، نیروی محرکهٔ مولد یعنی ۱۰ ولت را نشان می‌دهد.

۱۴- گزینه «۴» دشوار

فرض می‌کنیم جریان از **B** به **A** باشد؛

$$V_A+۴I+۱۰+۲I+۶I-۶+I+۳I=V_B$$
$$\Rightarrow V_A+۴+۱۶I=V_B$$
$$\Rightarrow V_A-V_B=-۱۶I-۴ \Rightarrow ۱۲=۱۶I+۴ \Rightarrow I=۰/۵\ A$$

از مثبت شدن **I** می‌توان نتیجه گرفت فرض جریان از **B** به **A** فرض درستی بوده است. ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد $\varepsilon_۱$ را نشان می‌دهد.

چون جهت جریان الکتریکی از **B** به **A** است، پس جریان به پایانهٔ مثبت مولد $\varepsilon_۱$ وارد می‌شود، یعنی مولد $\varepsilon_۱$، ضد محرک است، پس:

$$V_{مولد۱}=\varepsilon_۱+Ir_۱ \Rightarrow V_{مولد}=۱۰+۰/۵\times ۲=۱۱\ V$$

ولت‌سنج که به دو سر مولد $\varepsilon_۱$ وصل است، ۱۱ ولت را نشان می‌دهد.

۱۵- گزینه «۲» دشوار

مولد (۱) جریان ساعتگرد و مولد (۲) جریان پادساعتگرد ایجاد می‌کند، چون $\varepsilon_۱<\varepsilon_۲$ است پس مولد (۱) محرک و مولد (۲) ضد محرک است و جهت جریان در مدار ساعتگرد است.

$$I=\frac{\varepsilon_۱-\varepsilon_۲}{۲+۸+r_۱+r_۲}$$
$$\Rightarrow I=\frac{۱۸-۱۲}{۱۰+۰/۵+۱/۵} \Rightarrow I=\frac{۶}{۱۲}=۰/۵\ A$$

حال از **A**، ساعتگرد به $V_E=۰$ حرکت می‌کنیم.

$$V_A-Ir_۱+\varepsilon_۱-I\times ۸=V_E$$
$$\Rightarrow V_A-۰/۵\times ۰/۵+۱۸-۰/۵\times ۸=۰ \Rightarrow V_A=-۱۳/۷۵\ V$$

۱۶- گزینه «۳» دشوار

مولد (۱) جهت جریان ساعتگرد و مولد (۲) جهت جریان پادساعتگرد ایجاد می‌کند. چون $\varepsilon_۲>\varepsilon_۱$ است، پس مولد (۱) ضدمحرک و مولد (۲) محرک است و جهت جریان در مدار پادساعتگرد است.

ولت‌سنج به دو سر مولد (۱) وصل است و ولتاژ دو سر آن را نشان می‌دهد.

مولد (۱) ضدمحرک $\Rightarrow V_{مولد۱}=\varepsilon_۱+Ir_۱ \Rightarrow ۱۴=۱۰+I\times ۲ \Rightarrow I=۲\ A$

اکنون ولتاژ دو سر مولد (۲) که مولد محرک است را محاسبه می‌کنیم.

مولد (۲) محرک $\Rightarrow V_{مولد۲}=\varepsilon_۲-Ir_۲ \Rightarrow V_{مولد۲}=۱۸-۲\times ۱=۱۶\ V$

$$V_{مولد۲}=V_{مولد۱}+V_R \Rightarrow ۱۶=۱۴+V_R \Rightarrow V_R=۲\ V$$

۱۷- گزینه «۲» دشوار

هر دو مولد، جهت جریان یکسان ایجاد می‌کنند، پس مولد ضدمحرک نداریم.

ولت‌سنج به دو سر مولد ۲ وصل است. اگر ولت سنج صفر را نشان دهد، داریم:

$$V_۲=\varepsilon_۲-Ir_۲ \Rightarrow ۰=\varepsilon-I\times ۲ \Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{۲}$$

$$I=\frac{\varepsilon_۱+\varepsilon_۲}{R+r_۱+r_۲} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{۲}=\frac{\varepsilon+\varepsilon}{R+۰/۵+۲}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}=\frac{۲}{R+۲/۵} \Rightarrow R=۱/۵\ \Omega$$

۱- آسان

آ) وات ب) انرژی پ) هر وسیلهٔ الکتریکی

ت) ژول ث) برابر ج) نیست

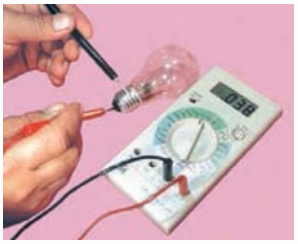
۲- آسان

درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی معلوم (C) مقدار مشخصی آب $(\mathbf{m})$ می‌ریزیم و صبر می‌کنیم با گرماسنج به تعادل گرمایی برسد و این دما را یادداشت می‌کنیم (θ_1). گرمکن الکتریکی با مقاومت معلوم هنگام روشن بودن (R) را، روشن می‌کنیم. جریان گذرنده از آن را (I)، از آمپرسنج داریم. توسط یک زمان‌سنج، زمان رسیدن دمای آب و گرماسنج (t) ، به دمای (θ_2) را اندازه‌گیری می‌کنیم. توقع داریم:

$$\frac{m_{آب}c_{آب}(\theta_2-\theta_1)+C(\theta_2-\theta_1)}{RI^2t}\approx 1$$

۳- متوسط

ابتدا به وسیلهٔ یک اهم متر، مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ را در دمای اتاق $(R_\circ)$، مطابق شکل اندازه می گیریم. سپس مشخصات لامپ را از روی آن می‌خوانیم. با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، مقاومت لامپ در حالت روشن محاسبه می‌کنیم. با دانستن ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ رشته لامپ و با استفاده از رابطهٔ $\Delta R=\alpha R_\circ \Delta T$ می‌توانیم دمای رشته سیم داخل لامپ رشته‌ای روشن را محاسبه و برآورد کنیم.



۴- متوسط

لامپ روشن، دمای بالایی دارد و می‌دانیم با افزایش دما، مقاومت سیم رسانا افزایش می‌یابد.

مطابق شکل، ابتدا به وسیلهٔ یک اهم متر مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ را در دمای اتاق اندازه می‌گیریم. سپس مشخصات لامپ را از روی آن می‌خوانیم. با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، مقاومت لامپ در حالت روشن را محاسبه می‌کنیم.

به این ترتیب می‌توانیم، تحقیق کنیم که مقاومت رشتهٔ لامپ رشته‌ای روشن بسیار بیشتر از مقاومت آن در حالت خاموش است.

۵- آسان

در لامپ‌های رشته‌ای با اتلاف انرژی الکتریکی به صورت گرما، رشتهٔ لامپ گرم شده و بخشی از این انرژی به نور مرئی تبدیل می‌شود، اما بیشتر آن به صورت گرما تلف می‌گردد. اما در LED ها بخش عمدهٔ انرژی الکتریکی داده شده به حامل‌های بار، موجب گسیل نور می‌شود و تنها مقدار ناچیزی از آن به صورت گرما تلف می‌شود، بنابراین در شرایط مشابه لامپ‌های LED نسبت به لامپ‌های رشته‌ای انرژی بسیار کمتری مصرف می‌کنند.

۶- متوسط

$$\frac{R_B}{R_A}=\frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\frac{A_A}{A_B}$$

$$\xrightarrow{\rho_A=\rho_B\,,\,L_A=L_B\,,\,A_B>A_A} R_B<R_A$$

$$P=\frac{V^2}{R}\Rightarrow\frac{P_B}{P_A}=(\frac{V_B}{V_A})^2\times\frac{R_A}{R_B}\xrightarrow[V_B=V_A]{R_B<R_A} P_B>P_A$$

چون توان مصرفی لامپ **B** از لامپ **A** بیشتر است پس، لامپ **B** پرنورتر است.

۷- متوسط

آ) $P = IV = (۱۰)(۲۲۰) = ۲/۲\times۱۰^{۳}\ W = ۲/۲\ kW$

توجه: انرژی مصرفی برابر P_t می‌شود که برحسب یکاهای **SI**، **P** برحسب وات(**W**)، **t** برحسب ثانیه (**s**) است و انرژی مصرفی برحسب ژول (**J**) می‌شود. اما برای محاسبهٔ مصرف برق،**P** را بر حسب کیلو وات (**kW**) و **t** را برحسب ساعت (**h**) می گیرند.

$(۱\ kWh = (۱۰۰۰\frac{J}{s})(۳۶۰۰\ s) = ۳/۶\times۱۰^{۶}\ J)$

بنابراین، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب کیلووات ساعت (**kWh**) می‌شود.

ب) $U = Pt = (۲/۲۰\ kW)(۳۰\times۳/۰۰\ h) = ۱۹۸\ kWh$

در نتیجه بهای برق مصرفی این بخاری در یک ماه این چنین میشود:

$\text{بها} = (۱۹۸\ kWh)(۵۰\frac{\text{تومان}}{kWh}) = ۹۹۰۰\ \text{تومان}$

۸- متوسط

توجه: روی وسایل الکتریکی معمولا دو عدد به عنوان مشخصات وسیله نوشته می‌شود. یکی از اعداد برحسب ولت (**V**) که به آن ولتاژ اسمی می‌گویند که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی الکتریکی است که می‌توان به دو سر دستگاه وصل کرد، بدون آنکه آسیبی ببیند. عدد دیگر برحسب وات است و به آن توان اسمی می‌گویند.

اگر وسیلهٔ الکتریکی به ولتاژ اسمی‌اش وصل شود، توان مصرفی‌اش برابر توان اسمی‌اش خواهد شد. اگر وسیلهٔ الکتریکی به ولتاژ بیشتر از ولتاژ اسمی‌اش وصل شود، معمولا آسیب می‌بیند یا می‌سوزد و اگر به ولتاژ کمتر از ولتاژ اسمی‌اش وصل شود توان مصرفی‌اش کاهش یافته و معمولا درست کار نمی‌کند.

آ)

$P = VI$

اتوی برقی: $۸۵۰ = ۲۲۰\times I \Rightarrow I \simeq ۳/۹\ A$

کتری برقی: $۲۴۰۰ = ۲۲۰\times I \Rightarrow I \simeq ۱۱\ A$

ب) $P = \frac{V^{۲}}{R}$

اتوی برقی: $۸۵۰ = \frac{۲۲۰^{۲}}{R} \Rightarrow R \simeq ۵۷\ \Omega$

کتری برقی: $۲۴۰۰ = \frac{۲۲۰^{۲}}{R} \Rightarrow R \simeq ۲۰\ \Omega$

۹- متوسط

توجه: اگر وسیلهٔ الکتریکی یا ولتاژ اسمی $(V_{\text{اسمی}})$ و توان اسمی $(P_{\text{اسمی}})$ را به ولتاژ **V** وصل کنیم، با فرض ثابت ماندن مقاومت وسیله توان مصرفی‌اش از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$\frac{P_{\text{مصرفی}}}{P_{\text{اسمی}}} = (\frac{V_{\text{مصرفی}}}{V_{\text{اسمی}}})^{۲}$$

$$\frac{P_۲}{P_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^{۲} \Rightarrow \frac{P_۲}{۳۶} = (\frac{۸}{۱۲})^{۲} \Rightarrow P_۲ = ۳۶\times\frac{۴}{۹} = ۱۶W$$

۱۰- متوسط

آ) $P_{\text{لامپ}} = ۱۰۰\ W \Rightarrow U_{\text{لامپ}} = ۰/۱\ kW\times۳۰\times۸\ h = ۲۴\ kWh$

$P_{\text{تلویزیون}} = ۱۰۰\ W \Rightarrow U_{\text{تلویزیون}} = ۰/۱\ kW\times۳۰\times۸\ h = ۲۴\ kWh$

ب) بهای برق مصرفی لامپ = ۲۴ × ۵۰ = ۱۲۰۰ تومان

بهای برق مصرفی تلویزیون = ۲۴ × ۵۰ = ۱۲۰۰ تومان

پ) اگر جمعیت تهران حدود ۱۲ میلیون و پانصد هزار نفر تخمین زده شود و فرض کنیم هر خانوار تهرانی به طور متوسط جمعیتی برابر ۵ نفر داشته باشد، می‌توانیم تعداد خانه‌های شهر تهران را حدود ۲ میلیون و پانصد هزار به دست آوریم.

بنابراین خواهیم داشت:

$$U = (۱۰۰W)(۳۰\ \text{روز})(۳\frac{\text{ساعت}}{\text{روز}})(۲/۵\times۱۰^{۶}) = ۲/۲۵\times۱۰^{۱۰}\ Wh$$

$$= ۲/۲۵\times۱۰^{۷}\ kWh$$

۱۱- متوسط

مقاومت لامپ در حالت روشن از رابطهٔ $R = \frac{V}{I}$ محاسبه می‌کنیم.

$$R = \frac{۳}{۰/۳} = ۱۰\Omega$$

مقاومت لامپ در دمای اتاق $R_۰ = ۱\Omega$ است.

$$\Delta R = \alpha R_۰ \Delta T \Rightarrow ۱۰ - ۱ = ۴/۵\times۱۰^{-۳}\times۱\times\Delta T$$

$$\Delta T = ۲۰۰۰K \Rightarrow \Delta\theta = ۲۰۰۰°C \Rightarrow \theta = ۲۰۲۰°C$$

۱۲- آسان

$$P = \frac{V^{۲}}{R} \Rightarrow ۰/۲۵ = \frac{V^{۲}}{۴۰۰} \Rightarrow V^{۲} = ۱۰۰ \Rightarrow V = ۱۰V$$

۱۳- متوسط

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{mC\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{۰/۴\times۴۲۰۰\times(۸۰-۲۰)}{۴\times۶۰} = ۴۲۰W$$

$$P = VI \Rightarrow ۴۲۰ = ۱۲۰I \Rightarrow I = ۳/۵A$$

۱۴- متوسط

در دمای ثابت، مقاومت ثابت می‌ماند.

$$P = RI^2 \Rightarrow P_2 - P_1 = R(I_2^2 - I_1^2) \Rightarrow 190 = 9/5((I_1+2)^2 - I_1^2)$$

$$\Rightarrow 20 = I_1^2 + 4 + 2I_1 - I_1^2 \Rightarrow 20 = 4 + 2I_1 \Rightarrow I_1 = 8A$$

۱۵- دشوار

آ) چون جریان به طور پادساعتگرد حرکت می‌کند، قطب منفی، پایانهٔ سمت چپ. قطب مثبت، پایانهٔ سمت راست جعبهٔ **B** است.

ب) بدیهی است جریان در نقطه‌های a, b, c یکسان است.

پ) می‌دانیم اگر از مقاومت **R** هم‌سو با جریان **I** عبور کنیم، پتانسیل به اندازهٔ **IR** کم می‌شود. در عبور از مقاومت R_1 در می‌یابیم $V_c < V_b$ و در عبور از مقاومت R_2 در می یابیم $V_a < V_c$ بنابراین $V_a < V_c < V_b$.

ت) با توجه به رابطهٔ $U = qV$

این داریم: $U_a < U_c < U_b$

۱۶- آسان

آ) ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

ب) افزایش می‌یابد. پ) افزایش می‌یابد.

ت) برابر ث) $\frac{\varepsilon}{2r}$

ج) $\frac{\varepsilon^2}{4r}$ چ) ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

۱۷- متوسط

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{12}{4+2} = 2\,A$$

آ) $P_{\text{خروجی باتری}} = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow P_{\text{خروجی باتری}} = 12\times 2 - 2\times 2^2 = 16\,W$

ب) $P_{\text{مقاومت}} = RI^2 \Rightarrow P_{\text{مقاومت}} = 4\times 2^2 = 16\,W$

توجه: بنا به قانون پایستگی انرژی، در مدارهای تک مولد، همواره توان الکتریکی مصرفی مقاومت مدار، برابر توان خروجی مولد است.

۱۸- دشوار

مقاومت گرمکن **R** و مقاومت درونی مولد **r** است.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow{R=6r} I = \frac{\varepsilon}{6r+r} = \frac{\varepsilon}{7r}$$

توان تولیدی مولد برابر εI و توان اتلافی مولد برابر rI^2 است.

$$\frac{rI^2}{\varepsilon I} = \frac{rI}{\varepsilon} = \frac{r}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon}{7r}\right) = \frac{1}{7}$$

۱۹- دشوار

$$P = \varepsilon I - rI^2 \begin{cases} 12 = \varepsilon\times 2 - r\times 2^2 \Rightarrow 12 = \varepsilon\times 2 - 4r & (1) \\ 16 = \varepsilon\times 4 - r\times 4^2 \Rightarrow 16 = \varepsilon\times 4 - 16r & (2) \end{cases}$$

$$\xrightarrow[\text{ضربدر۲}]{\text{طرفین تساوی (۱)}} 24 = \varepsilon\times 4 - 8r$$

طرفین تساوی‌های فوق را از هم کم می‌کنیم

$$24-16 = \varepsilon\times 4 - 8r - (\varepsilon\times 4 - 16r) \Rightarrow 8 = 8r \Rightarrow r = 1\Omega$$

با قرار دادن $r = 1\Omega$ در یکی از تساوی‌های فوق داریم:

$$24 = \varepsilon\times 4 - 8\times 1 \Rightarrow \varepsilon = 8\,V$$

۲۰- متوسط

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{10}{4+1} = 2\,A$$

آ) توان تلف شده در مولد rI^2 است.

$$rI^2 = 1\times 2^2 = 4\,W$$

ب) $U_R = RI^2t \Rightarrow U_R = 4\times 2^2\times 60\times 10 = 9600\,J$

۲۱- دشوار

آ) روش ۱: اگر حلقه را از نقطهٔ **A** به طور ساعتگرد دور بزنیم، خواهیم داشت،

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

از اینجا ε_2 را محاسبه می‌کنیم:

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

$$= I(R_2 + r_2 + R_2 + r_1) + \varepsilon_1$$

$$= (1/2\,A)(2/0\,\Omega + 0/5\,\Omega + 1/5\,\Omega + 1/0\,\Omega) + 12\,V = 18\,V$$

برای محاسبهٔ $V_A - V_B$، مسیر $A \to B$ را در شاخهٔ بالا در جهت جریان طی می‌کنیم:

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

$$V_A - V_B = I(R_1 + r_2 + R_2) - \varepsilon_2$$

$$= (1/2\,A)(2/0\,\Omega + 0/50\,\Omega + 1/5\,\Omega) - 18\,V = -13/2\,V$$

خوب است همین نتیجه را با پیمودن شاخهٔ پایین از **A** به **B** نیز بررسی کنیم. در این صورت خواهیم داشت:

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

و در نتیجه

$$V_A - V_B = -\varepsilon_1 - Ir_1 = -12\,V - (1/2\,A)(1/0\,\Omega) = -13/2\,V$$

روش ۲:

مولد ε_2، جریانی در جهت جریان نشان داده شده در شکل ایجاد می‌کند و مولد ε_1 برعکس، بنابراین ε_2 محرک و ε_1 ضد محرک است.

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \Rightarrow 1/2 = \frac{\varepsilon_2 - 12}{2 + 1/5 + 1 + 0/5} \Rightarrow \varepsilon_2 = 18\,V$$

از **A** به **B** پادساعتگرد حرکت می‌کنیم.

$$V_A + \varepsilon_1 + Ir_1 = V_B \Rightarrow V_A + 12 + 1/2\times 1 = V_B$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = -13/2\,V$$

ب)

$$U = RI^2t$$

بنابراین

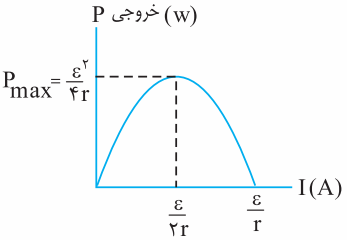
$$U_1 = (R_1)(I)^2(t) = (2/0\,\Omega)(1/2\,A)^2(5/0\,s) = 14/4\,J$$

$$U_2 = (R_2)(I)^2(t) = (1/5\,\Omega)(1/2\,A)^2(5/0\,s) = 10/8\,J$$

و مجموع این دو انرژی $U = U_1 + U_2 = 25/2\,J$ می‌شود.

۲۲- دشوار

توجه: نمودار توان خروجی مولد واقعی برحسب جریان، یک سهمی با مشخصات شکل زیر است:



همچنین می‌توان نشان داد به ازای برابر بودن مقاومت مدار (R) با مقاومت درونی مولد (r)، توان خروجی یک مولد، بیشینه مقدار خود را دارد.

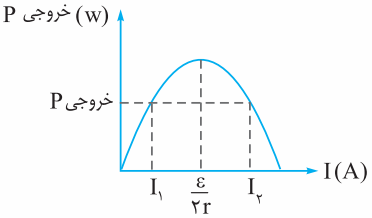
$$P_{max}=\frac{\varepsilon^2}{4r} \Rightarrow 36=\frac{24^2}{4\times r} \Rightarrow r=4\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I=\frac{24}{8+4}=2\,A$$

$$V_{مولد}=\varepsilon-Ir \Rightarrow V_{مولد}=24-2\times4=16\,V$$

۲۳- دشوار

توجه، با توجه به نمودار توان خروجی مولد واقعی برحسب جریان گذرنده از آن که مطابق شکل، یک سهمی است، هرگاه به ازای دو جریان I_1, I_2، توان خروجی مولد واقعی یکسان باشد، آنگاه:



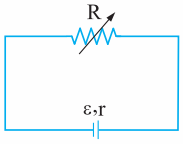
$$\frac{\varepsilon}{2r}=\frac{I_1+I_2}{2} \Rightarrow I_1+I_2=\frac{\varepsilon}{r}$$

آ) $I=\frac{I_1+I_2}{2} \Rightarrow I=\frac{6+2}{2}=4\,A$

ب) $I_1+I_2=\frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow 6+2=\frac{\varepsilon}{2\times2} \Rightarrow \varepsilon=32\,V$

۲۴- آسان

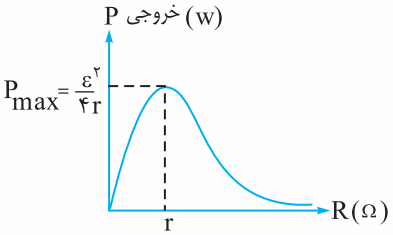
توجه: در مدار شکل مقابل، اگر به ازای جریان‌های گذرندهٔ I_1 , I_2 از مولد، توان خروجی مولد برابر باشد، می‌توان نشان داد به ازای مقاومت‌های R_1 , R_2 مربوط به جریان‌های ذکر شده، هنگامی که $R_1R_2=r^2$ باشد، توان خروجی مولد مقدار یکسانی دارد.



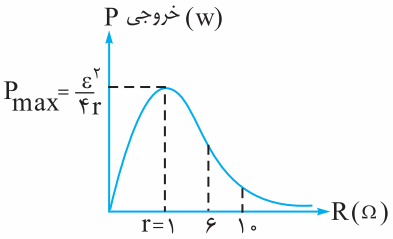
$$R_1\times R_2=r^2 \Rightarrow 4\times16=r^2 \Rightarrow r=8\,\Omega$$

۲۵- متوسط

توجه: می‌توان نشان داد، نمودار توان خروجی مولد واقعی برحسب مقاومت مدار (R)، مطابق شکل زیر است.

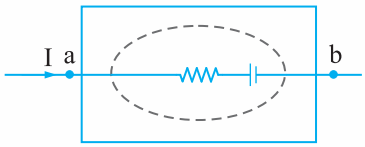


در این سوال، با توجه به نمودار زیر با کاهش مقاومت از $10\,\Omega$ تا $6\,\Omega$، توان خروجی مولد افزایش می یابد.



۲۶- دشوار

توجه: می‌توان نشان داد برای مولدهای ضد محرک که جریان مطابق شکل به پایانهٔ مثبت آن‌ها وارد می‌شود. توان ورودی مولد از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.



ورودی $P=\varepsilon I+rI^2$

$\varepsilon_2>\varepsilon_1$ جهت جریان ساعتگرد است. مولد ε_1 محرک و مولد ε_2 ضد محرک است.

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow I=\frac{8-2}{8+2+2}=0/5\,A$$

$$P_{باتری_1}=\varepsilon_1 I-r_1I^2=8\times0/5-2\times0/5^2=3/5\,W$$

$$P_{باتری_2}=\varepsilon_2 I+r_2I^2=2\times0/5+2\times0/5^2=1/5\,W$$

$$P_R=RI^2=8\times0/5^2=2\,W$$

۲۷- متوسط

آ) هر دو مولد جریانی در جهت نشان داده شده ایجاد می‌کنند، پس:

$$I=\frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow 2=\frac{6+12}{7+0/5+r_2} \Rightarrow r_2=1/5\,\Omega$$

ب) توان تولیدی مولد، برابر $\varepsilon_2 I$ است، پس:

توان تولیدی مولد $\varepsilon_2=\varepsilon_2 I=12\times2=24\,W$

۱- گزینه «۲» آسان

طبق رابطهٔ $P = VI$ برای توان مصرفی وسیله‌های الکتریکی داریم:

آمپر × ولت = وات

یکای توان (وات) در **SI** معادل ژول بر ثانیه است، بنابراین:

آمپر × ولت = ژول بر ثانیه

۲- گزینه «۳» آسان

$$U = RI^2t = ۱۰\times(۲)^2\times۱۸۰۰ = ۷۲۰۰۰\,J = ۷۲\,kJ$$

۳- گزینه «۳» آسان

$$U = \frac{V^2}{R}t = \frac{(۲۰۰)^2\times۶۰}{۲۰} = ۱۲\times۱۰^4\,J = ۱۲۰\,kJ$$

۴- گزینه «۲» آسان

$$P = RI^2 \xrightarrow{\text{ثابت R}} \frac{P_2}{P_1} = (\frac{I_2}{I_1})^2 = (\frac{2I_1}{I_1})^2 = ۴$$

۵- گزینه «۴» متوسط

توجه: قانون ژول بیان می‌کند گرمای تولید شده توسط جریان (**I**) عبوری از یک مقاومت (**R**) در مدت زمان (**t**) برابر با (RI^2t) است.

$$\left.\begin{matrix} Q = RI^2t \\ I = \frac{q}{t} \end{matrix}\right\} \Rightarrow Q = R\times\frac{q^2}{t} \Rightarrow ۴۰۰۰ = ۵\times\frac{۴۰۰۰۰}{t} \Rightarrow t = ۵۰\,s$$

۶- گزینه «۲» متوسط

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

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_2}{V_1})^2\times\frac{R_1}{R_2} \xrightarrow{V_2=V_1, R_2>R_1} P_2 < P_1$$

چون توان مصرفی لامپ L_1 از لامپ L_2 بیشتر است، نور بیشتری دارد.

۷- گزینه «۱» متوسط

$$R = \rho\frac{L}{A} \xrightarrow{A=\pi r^2} R = ۱/۷\times۱۰^{-۸}\times\frac{۳۰}{۳\times(۱\times۱۰^{-۳})^2}$$

$$= \frac{۱۷\times۳\times۱۰^{-۸}}{۳\times۱۰^{-۶}} = ۱۷\times۱۰^{-۲}\,\Omega$$

منظور از آهنگ تولید انرژی گرمایی همان توان مصرفی سیم است.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow P = \frac{۱۷^2}{۱۷\times۱۰^{-۲}} = ۱۷۰۰\,W$$

۸- گزینه «۴» آسان

در حالت خاموش چون دما پایین است، مقاومت رشتهٔ لامپ پایین است و اگر با این مقاومت از رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$، توان مصرفی را محاسبه کنیم به عددی بسیار بیشتر از آنچه روی لامپ نوشته شده است می‌رسیم. در حالت روشن و با افزایش دما، مقاومت رشتهٔ لامپ افزایش می‌یابد. اگر توان (P) و ولتاژ (V) که روی لامپ نوشته شده است را در رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ قرار دهیم، مقدار مقاومت لامپ در حالت روشن، محاسبه می‌شود.

۹- گزینه «۲» دشوار

توجه: اگر توان و ولتاژ نوشته شده روی دستگاه را در رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ قرار دهیم، مقاومت لامپ در حالت روشن محاسبه می‌شود.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow ۱۰۰ = \frac{(۲۲۰)^2}{R} \Rightarrow R = ۴۸۴\,\Omega$$

$$R_2 = R_1(۱+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow ۴۸۴ = ۴۸/۴(۱+۴/۵\times۱۰^{-۳}\Delta\theta)$$

$$\Rightarrow ۱۰ = ۱+۴/۵\times۱۰^{-۳}\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۲۰۰۰^\circ C$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \Rightarrow ۲۰۰۰ = \theta_2 - ۲۵ \Rightarrow \theta_2 = ۲۰۲۵^\circ C$$

۱۰- گزینه «۳» متوسط

توان مصرفی در یک دستگاه با مجذور ولتاژ دو سر آن دستگاه رابطه مستقیم دارد.

$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{\text{ثابت R}} \frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_2}{V_1}^2)$$

$$P_2 = P_1 - ۰/۱۹P_1 = ۰/۸۱P_1 \Rightarrow \frac{۰/۸۱P_1}{P_1} = (\frac{V_2}{V_1})^2$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = ۰/۹ \Rightarrow V_2 = ۰/۹\times V_1 = ۰/۹\times۲۰۰ = ۱۸۰V$$

$$\text{افت ولتاژ} = V_2 - V_1 = -۲۰(V)$$

۱۱- گزینه «۲» متوسط

توجه: اگر یک وسیلهٔ الکتریکی با ولتاژ اسمی (**V**) و توان اسمی (**P**) را به ولتاژ **V** وصل کنیم، با فرض ثابت ماندن مقاومت وسیله، توان مصرفی‌اش از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$\frac{P_{\text{مصرفی}}}{P_{\text{اسمی}}} = (\frac{V_{\text{مصرفی}}}{V_{\text{اسمی}}})^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_2}{V_1})^2 \Rightarrow \frac{P_2}{۱۰۰} = (\frac{۲۰۰}{۲۲۰})^2$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{۱۰۰۰۰}{۱۱\times۱۱}\,W = \frac{۱۰}{۱۱\times۱۱}\,kW$$

$$U = P_2\times t \Rightarrow U = \frac{۱۰}{۱۱\times۱۱}\times۱۱ = \frac{۱۰}{۱۱}\,kWh$$

۱۲- گزینه «۱» — **متوسط**

توجه: توان خروجی مولد با توان مصرفی مقاومت مدار (P_R) برابر است و توان اتلافی مولد rI^2 است.

$$P_R = \frac{2}{3}rI^2 \Rightarrow RI^2 = \frac{2}{3}rI^2 \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{3}{2}$$

۱۳- گزینه «۳» — **متوسط**

ابتدا شدت جریان را محاسبه کرده و با استفاده از آن توان تولیدی باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{12}{0/4+5/6} = \frac{12}{6} = 2A$$

$$P_{\text{تولیدی}} = \varepsilon I = 12\times 2 = 24W$$

۱۴- گزینه «۲» — **متوسط**

با استفاده از توان تلف شده در مقاومت درونی، شدت جریان مدار را محاسبه کرده و با استفاده از آن $\mathbf{R}$ را می‌یابیم.

$$P = rI^2 \xrightarrow[r=2\Omega]{P=8W} 8 = 2I^2 \Rightarrow I^2 = 4 \Rightarrow I = 2A$$

$$\varepsilon = I(R+r) \xrightarrow[I=2A]{\varepsilon=12V, r=2\Omega} 12 = 2(R+2) \Rightarrow R = 4\Omega$$

۱۵- گزینه «۳» — **متوسط**

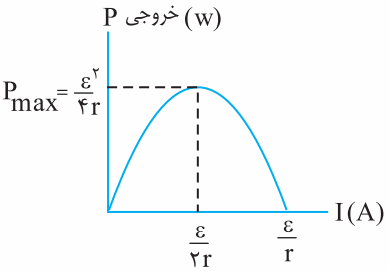
با استفاده از رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ و $P_{\text{اتلافی باتری}} = rI^2$، داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow 0/5 = \frac{\varepsilon}{1+14} \Rightarrow \varepsilon = 7/5\ V$$

$$P_{\text{اتلافی باتری}} = rI^2 = 1\times(0/5)^2 = 0/25\ W$$

۱۶- گزینه «۳» — **متوسط**

توجه: نمودار توان خروجی مولد واقعی برحسب جریان، یک سهمی با مشخصات شکل زیر است:



با مقایسهٔ نمودار سوال با نمودار توان خروجی مولد برحسب جریان داریم:

$$\frac{\varepsilon}{2r} = 4, \frac{\varepsilon^2}{4r} = 5 \Rightarrow \frac{\varepsilon}{2}\times\frac{\varepsilon}{2r} = 5$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon}{2}\times 4 = 5 \Rightarrow \varepsilon = 2/5\ V$$

۱۷- گزینه «۲» — **دشوار**

توان مصرفی مقاومت مدار برابر توان خروجی مولد است. بنابراین نمودار توان مصرفی مقاومت مدار برحسب جریان با نمودار توان خروجی مولد برحسب جریان مشابه است، پس:

$$\frac{\varepsilon^2}{4r} = 6, \frac{\varepsilon}{r} = 4 \Rightarrow \frac{\varepsilon}{4}\times\frac{\varepsilon}{r} = 6$$

$$\xrightarrow{\frac{\varepsilon}{r}=4} \frac{\varepsilon}{4}\times 4 = 6 \Rightarrow \varepsilon = 6\ V$$

۱۸- گزینه «۱» — **آسان**

اگر به ازای جریان‌های گذرندهٔ I_1 , I_2 از مولد، توان خروجی مولد برابر باشد، می‌توان نشان داد به ازای مقاومت‌های R_1 , R_2 مربوط به جریان‌های ذکر شده، هنگامی که $R_1R_2 = r^2$ باشد، توان خروجی مولد مقدار یکسانی دارد. پس:

$$R_1R_2 = r^2 \Rightarrow r = \sqrt{R_1R_2}$$

۱۹- گزینه «۱» — **آسان**

می‌توان نشان داد، به ازای برابر بودن مقاومت مدار (R) با مقاومت درونی مولد (r)، توان خروجی یک مولد، بیشینه مقدار خود را دارد.

۲۰- گزینه «۴» — **دشوار**

هرگاه به ازای دو جریان I_1 , I_2، توان خروجی مولد واقعی یکسان باشد، آنگاه:

$$I_1 + I_2 = \frac{\varepsilon}{r}$$

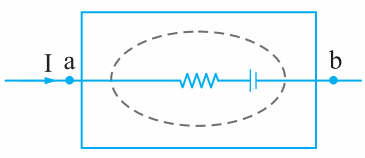
بنابراین:

$$3 + 5 = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{r} = 8$$

ولت‌سنج به دو سر مولد وصل است. زمانی که ولتاژ دو سر مولد صفر باشد، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و جریان گذرنده آن $\frac{\varepsilon}{r}$ است پس پاسخ گزینهٔ ۴ است.

۲۱- گزینه «۴» — **متوسط**

می‌توان نشان داد برای مولدهای ضد محرک که جریان مطابق شکل به پایانهٔ مثبت آن‌ها وارد می‌شود. توان ورودی مولد از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:



ورودی $P = \varepsilon I + rI^2$

$$P_{\text{ورودی}} = \varepsilon I + rI^2 \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = 12\times 2 + 3\times 2^2 = 36\ W$$

۱- آسان

آ) جریان ب) متوالی پ) بزرگ‌تر

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست پ) نادرست

۳- آسان

وقتی لامپی می‌سوزد، به معنی آن است که اتصال در آن قسمت از مدار قطع می‌شود. اگر لامپ‌ها به طور متوالی بسته شده باشند، قطع مدار در هر قسمت از مدار موجب قطع جریان در کل مدار و خاموش شدن همهٔ لامپ‌ها می‌شود.

۴- آسان

آمپرسنج، جریان عبوری از خود را اندازه می‌گیرد. به همین دلیل، آن را با بخشی از مدار که می‌خواهیم جریان عبوری از آن را اندازه بگیریم، به طور متوالی می‌بندیم. بنابراین، برای آن که با اضافه شدن آمپرسنج به مدار، مقاومت مدار تغییر قابل ملاحظه‌ای پیدا نکند تا بر جریان عبوری تأثیر بگذارد، مقاومت آمپرسنج باید کوچک باشد.

۵- متوسط

مقاومت‌هایی را که به طور متوالی بسته شده‌اند، می‌توان با یک مقاومت معادل R_{eq} جایگزین کرد که دارای همان اختلاف پتانسیل کل اعمال شده به دو سر مجموعهٔ مقاومت‌ها و همان جریان I است.

اختلاف پتانسیل کل اعمال شده به دو سر مجموعهٔ مقاومت‌ها، برابر با جمع اختلاف پتانسیل‌های دو سر مقاومت هاست: $V = \varepsilon = V_1 + V_2 + V_3$.

با به کارگیری تعریف مقاومت الکتریکی $(R = \frac{V}{I})$ برای هر یک از مقاومت‌ها و باتوجه به برابر بودن جریان آن‌ها داریم:

$$V = \varepsilon = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

و در نتیجه $$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

با تعریف مقاومت معادل، خواهیم داشت: $$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

۶- متوسط

آ) مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند. بنابراین برای مقاومت معادل مقاومت‌های R_1, R_2, R_3 داریم:

$$R_{123} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow 3\,\Omega + 6\,\Omega + R_3 = 13\,\Omega$$

در نتیجه $R_3 = 4\,\Omega$ می‌شود.

ب) برای جریان I (که همان جریانی است که آمپرسنج نشان می‌دهد) داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{123} + r} = \frac{7}{13 + 1} = 0/5\ A$$

پ) برای توان خروجی باتری داریم: $P_{خروجی} = I(\varepsilon - Ir) = \varepsilon I - rI^2$

که در اینجا چنین می‌شود:

$$P_{خروجی} = 7(0/5) - 1(0/5^2) = 3/25\ W$$

از طرفی برای توان‌های مصرفی در مقاومت‌های R_1, R_2, R_3 داریم:

$$P_{مصرفی} = I^2(R_1 + R_2 + R_3) = I^2 R_{123} = (0/5^2)(13) = 3/25\ W$$

۷- متوسط

مقاومت‌های **R** و R_A به طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند و اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها برابر با $24\ V$ است. باتوجه به اینکه آمپرسنج جریان $0/2\ A$ را نشان می‌دهد و به طور متوالی به مقاومت **R** بسته شده است، جریان عبوری از این دو مقاومت نیز برابر $0/2\ A$ است:

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0/2} = 120\,\Omega$$

باتوجه به اینکه $R_{eq} = R + R_A$ و $R_A = 1/00\,\Omega$ است مقاومت مجهول برابر با $R = 119\,\Omega$ می‌شود.

۸- دشوار

چون همهٔ لامپ‌ها از هر لحاظ یکسان هستند، پیش از بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر همه یکسان و برابر با $\frac{\varepsilon}{3}$ است، که ε نیروی محرکهٔ باتری است: $V_{1A} = V_{1B} = V_{1C} = \frac{\varepsilon}{3}$

پس از بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ **C** برابر صفر می‌شود و بنابراین لامپ **C** از مدار خارج می‌شود و بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$V_{2A} = V_{2B} = \frac{\varepsilon}{2}$$

بنابراین، نسبت اختلاف پتانسیل‌های لامپ های **A** و **B** چنین می‌شود:

$$\frac{V_{2A}}{V_{1A}} = \frac{V_{2B}}{V_{1B}} = \frac{\varepsilon/2}{\varepsilon/3} = 1/5$$

اکنون اگر به گزینه‌های مسئله نگاه کنیم، در می‌یابیم گزینه‌های (پ) و (ت) درست هستند. گزینهٔ (پ) از آن رو درست است که در بالا نشان دادیم $V_{2A} = 1/5\,V_{1A}$ و $V_{2B} = 1/5\,V_B$ می‌شود که این به معنی افزایش ۵۰٪ اختلاف پتانسیل دوسرشان است. گزینهٔ (ت) نیز درست است و ما پیشتر از آن استفاده کردیم. در وضعیت شکل مسئله، وقتی کلید را می‌بندیم، اصطلاحاً می‌گویند دو سر لامپ اتصال کوتاه شده است.

۹- دشوار

آ) $R=\rho\frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho\frac{L}{A_A}}{\rho\frac{L}{A_B}}=\frac{A_B}{A_A}=۲ \Rightarrow R_A=۲R_B$

ب) چون دو مقاومت به طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند:

$$I=\frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow ۲=\frac{۳۰}{R_{eq}} \Rightarrow R_A+R_B=۱۵$$

$$\xrightarrow{R_A=۲R_B} ۳R_B=۱۵$$

$$\Rightarrow R_B=۵\,\Omega \Rightarrow R_A=۱۰\,\Omega$$

۱۰- متوسط

$$R_۱=۲۰\times۱۰^۱=۲۰۰\,\Omega$$

$$R_۲=۳۰\times۱۰^۱=۳۰۰\,\Omega$$

$$R_{eq}=R_۱+R_۲=۵۰۰\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{۱۰۰}{۵۰۰+۰}=۰/۲\,A$$

۱۱- متوسط

$$R_{eq}=R_۱+R_۲+R_۳ \Rightarrow R_{eq}=۲+۳+۶=۱۱\Omega$$

$$I=\frac{V_{مولد}}{R_{eq}}=\frac{۲۲}{۱۱}=۲\,A$$

$$V_{R_۲}=R_۲I=۳\times۲=۶\,V \text{ و } V_{R_۱}=R_۱I=۲\times۲=۴\,V$$

$$V_{R_۳}=R_۳I=۶\times۲=۱۲\,V \text{ و}$$

۱۲- متوسط

$$R_{eq}=R_۱+R_۲+R_۳ \Rightarrow R_{eq}=۴+۲+۸=۱۴\,\Omega$$

$$P_{کل}=R_{eq}I^۲ \Rightarrow ۱۴۰=۱۴I^۲ \Rightarrow I^۲=۱۰$$

$$P_{R_۱}=R_۱I^۲ \Rightarrow P_{R_۱}=۴\times۱۰=۴۰\,W$$

$$P_{R_۲}=R_۲I^۲=۲\times۱۰=۲۰\,W$$

$$P_{R_۳}=R_۳I^۲=۸\times۱۰=۸۰\,W$$

۱۳- دشوار

$$R_۱\uparrow \Rightarrow R_{eq}\uparrow$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I\downarrow$$

آ) $V_{مولد}=\varepsilon-Ir \xrightarrow{I\downarrow} V_{مولد}\uparrow$

ب) $V_{R_۲}=R_۲I \xrightarrow{I\downarrow} V_{R_۲}\downarrow$

در به هم بستن متوالی مقاومت‌ها، جمع ولتاژ دو سر مقاومت ها برابر ولتاژ کل مقاومت‌ها یا همان ولتاژ مولد است.

$$V_{مولد}=V_{R_۱}+V_{R_۲} \xrightarrow[V_{R_۲}\downarrow]{V_{مولد}\uparrow} V_{R_۱}\uparrow$$

۱۴- آسان

آ) ولتاژ ب) موازی پ) کمتر

۱۵- آسان

آ) درست ب) نادرست پ) درست

۱۶- آسان

اتصال موازی باعث می‌شود که بیش‌ترین روشنایی حاصل شود. زیرا در اتصال موازی، اختلاف پتانسیل دو سر همهٔ لامپ‌ها یکسان است. در حالی که در اتصال متوالی، این اختلاف پتانسیل به نسبت مقاومت هر لامپ تقسیم می‌شود. همچنین وقتی چراغ‌های خودرو به طور موازی بسته می‌شوند، با سوختن یک لامپ، همهٔ لامپ‌ها خاموش نمی‌شوند.

۱۷- متوسط

(۱) شکل : $I=\frac{\varepsilon}{R_۱} \Rightarrow I=\frac{۱۵۰}{۱۰۰۰۰۰}=۱/۵\times۱۰^{-۳}\,A=۱/۵\,mA$

(۲) شکل : $\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲} \Rightarrow R_{eq}=\frac{R_۱\times R_۲}{R_۱+R_۲}$

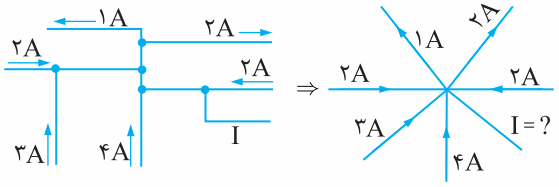
$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۰^۵\times۱۰^۷}{۱۰^۵+۱۰^۷}\simeq۱۰^۵\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}} \Rightarrow I=\frac{۱۵۰}{۱۰^۵}\simeq۱/۵\,mA$$

از این سوال نتیجه می‌شود: وقتی دو مقاومت به صورت موازی به هم متصل می‌شوند، مقاومت معادل در حالتی که یکی از مقاومت‌ها خیلی بزرگ‌تر از مقاومت دیگر است ($R_۲>>R_۱$)، تقریبا برابر با مقاومت کوچک‌تر ($R_۱$) است و جریان گذرنده از $R_۱$ نسبت به زمانی که به تنهایی در مدار قرار دارد، با این حالت تفاوت چندانی ندارد. به همین علت است که مقاومت ولت‌سنج‌ها بسیار بالاست و به طور موازی در مدار بسته می‌شود.

۱۸- آسان

برای سادگی حل سوال، مدار را به شکل سمت راست تبدیل می‌کنیم.



می‌دانیم باید مجموع جریان‌های ورودی و خروجی به گره به هم برابر باشد یا جمع جریان‌های ورودی (+) و خروجی (-) صفر باشد.

$$۲+۳+۴+۲-۲-۱+I=۰ \Rightarrow I=-۸\,A$$

پس جریان I، ۸ A و خروجی است یعنی درشکل اولیه جهت جریان I به سمت راست است.

۱۹- متوسط

$C_{\text{گره}}: I_۱ + I_۳ = I_۲ \Rightarrow ۲ + ۱ = I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۳\,A$

$V_M - Ir_۳ + \varepsilon_۳ - I_۳R_۳ - I_۲R_۲ - \varepsilon_۲ - I_۲r_۲ = V_A$

$۰ - ۱\times۱ + ۸ - ۱\times۶ - ۳\times۴ - ۹ - ۳\times۲ = V_A$

$V_A = -۲۶\,V$

۲۰- آسان

هرچه کلیدهای بیشتری بسته شود، مقاومت‌های موازی بیشتری وارد مدار می‌شود. با افزایش تعداد شاخه‌های موازی، مقاومت مدار کم و در نتیجه جریان عبوری طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{(R+r)}$ زیاد می‌شود. از طرفی، طبق رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ این امر موجب کاهش اختلاف پتانسیل می‌شود. پس نتیجه می‌گیریم با بسته شدن کلیدهای بیشتر، آمپرسنج عددی بزرگ‌تر و ولت‌سنج عددی کوچک‌تر را نشان می‌دهد.

۲۱- متوسط

آ) $\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱}{۱} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow R_۳ = ۲\,\Omega$

ب) $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I = \frac{۳}{۱+۱} = ۱/۵\,A$

پ) $P_{\text{خروجی باتری}} = \varepsilon I - rI^۲$

$\Rightarrow P_{\text{خروجی باتری}} = ۳\times۱/۵ - ۱\times(۱/۵)^۲ = ۲/۲۵\,W$

مجموع توان مصرفی مقاومت‌ها، برابر توان مصرفی مقاومت معادل مدار است.

$P_{\text{مقاومت ها}} = R_{eq}I^۲ = ۱\times۱/۵^۲ = ۲/۲۵\,W$

۲۲- متوسط

روش ۱: ابتدا ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ را محاسبه می‌کنیم:

$V_{R۱} = R_۱I_۱ = ۳\times۳ = ۹\,V$

چون $R_۱$ با $R_۲$ و $R_۳$ موازی است. ولتاژ دو سر مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ نیز ۹ ولت است.

$I_۲ = \frac{V_{R۲}}{R_۲} = \frac{۹}{۶} = ۱/۵\,A$ و $I_۳ = \frac{V_{R۳}}{R_۳} = \frac{۹}{۹} = ۱\,A$

روش ۲: سه مقاومت مطابق شکل هستند. اگر جریان گذرنده از بیش‌ترین مقاومت را **x** بگیریم، داریم:

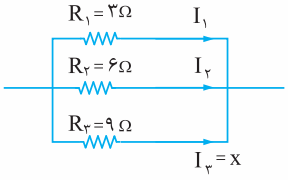
$\frac{R_۳}{R_۲} = \frac{۹}{۶} = ۱/۵ \Rightarrow I_۲ = ۱/۵\,x$

$\frac{R_۳}{R_۱} = \frac{۹}{۳} = ۳ \Rightarrow I_۱ = ۳\,x$

چون $I_۱ = ۳\,A$ است:

$I_۱ = ۳x \Rightarrow ۳ = ۳x \Rightarrow x = ۱ \Rightarrow I_۲ = ۱/۵x = ۱/۵\times۱ = ۱/۵A$

و $I_۳ = x = ۱\,A$



۲۳- متوسط

$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}$

$\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۱۰} + \frac{۱}{۲۰} \Rightarrow R_{eq} = ۲/۵\,\Omega$

توان مصرفی مجموعه مقاومت‌های موازی با توان مصرفی مقاومت معادل آن‌ها برابر است.

$P_{\text{کل}} = \frac{V^۲}{R_{eq}} \Rightarrow ۸۰ = \frac{V^۲}{۲/۵} \Rightarrow V^۲ = ۲۰۰$

ولتاژ دو سر مقاومت‌های موازی یکسان است.

$P_۱ = \frac{V^۲}{R_۱} \Rightarrow P_۱ = \frac{۲۰۰}{۴} = ۵۰\,W$

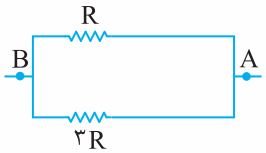
$P_۲ = \frac{V^۲}{R_۲} \Rightarrow P_۲ = \frac{۲۰۰}{۱۰} = ۲۰\,W$

$P_۳ = \frac{V^۲}{R_۳} \Rightarrow P_۳ = \frac{۲۰۰}{۲۰} = ۱۰\,W$

۲۴- دشوار

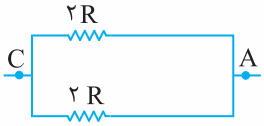
توجه: اگر دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ موازی باشند، مقاومت معادل آن‌ها از رابطهٔ $R_{eq} = \frac{R_۱\times R_۲}{R_۱ + R_۲}$ محاسبه می‌شود.

بین دو نقطه **A** و **B** کمان **AB** و کمان **AMCB**، باهم موازی هستند. چون طول کمان **AMCB**، ۳ برابر طول کمان **AB** است، پس مقاومت آن برابر ۳R است.



$R_{eq_{AB}} = \frac{R\times۳R}{R+۳R} = \frac{۳}{۴}R$

بین دو نقطهٔ **A** و **C**، کمان بالایی **ABC** و کمان پایینی **AMC** موازی است که طول هر کدام ۲ برابر طول کمان **AB** است. پس مقاومت هر یک از این کمان ها ۲R است.



$R_{eq_{AC}} = \frac{۲R\times۲R}{۲R+۲R} = R \Rightarrow \frac{R_{eq_{AB}}}{R_{eq_{AC}}} = \frac{\frac{۳}{۴}R}{R} = \frac{۳}{۴}$

نکته: اگر **n** مقاومت موازی و مساوی که اندازهٔ هر یک برابر **R** است داشته باشیم، مقاومت معادل آن‌ها برابر $\frac{R}{n}$ است.

۲۵- متوسط

توجه: در سیم‌کشی منازل همهٔ مصرف کننده‌ها به طور موازی به هم متصل می‌شوند. بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز اصلی منازل یا کنتور برق منزل برابر با مجموع جریان‌های عبوری از هر یک از مصرف کننده‌ها است.

آ) با استفاده از رابطهٔ $I=\frac{P}{V}$

جریان عبوری از هر یک از این چهار مصرف کننده را به دست می‌آوریم. بنابراین، به، ترتیب داریم:

$$I_{\text{بخاری}}=\frac{P_{\text{بخاری}}}{V}=\frac{۲۰۰۰\,W}{۲۲۰\,V}=۹/۰۹\,A$$

$$I_{\text{سشوار}}=\frac{P_{\text{سشوار}}}{V}=\frac{۲۲۰۰\,W}{۲۲۰\,V}=۱۰/۰\,A$$

$$I_{\text{لامپ}}=\frac{P_{\text{لامپ}}}{V}=\frac{۱۰۰\,W}{۲۲۰\,V}=۰/۴۵۵\,A$$

$$I_{\text{پخش}}=\frac{P_{\text{پخش}}}{V}=\frac{۲۰۰\,W}{۲۲۰\,V}=۰/۹۰۹\,A$$

بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر است با:

$$I_{\text{فیوز}}=I_{\text{کل}}=I_{\text{لامپ}}+I_{\text{بخاری}}+I_{\text{پخش}}+I_{\text{سشوار}}$$
$$=۰/۴۵۵\,A+۹/۰۹\,A+۰/۹۰۹\,A+۱۰/۰\,A=۲۰/۵\,A$$

چون فیوز ۱۵A است بنابراین، فیوز خواهید پرید.

ب) مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$ به دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم:

$$R_{\text{بخاری}}=\frac{V^۲}{P_{\text{بخاری}}}=\frac{(۲۲۰\,V)^۲}{۲۰۰۰\,W}=۲۴/۲\,\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}}=\frac{V^۲}{P_{\text{سشوار}}}=\frac{(۲۲۰\,V)^۲}{۲۲۰۰\,W}=۲۲/۰\,\Omega$$

$$R_{\text{لامپ}}=\frac{V^۲}{P_{\text{لامپ}}}=\frac{(۲۲۰\,V)^۲}{۱۰۰\,W}=۴۸۴\,\Omega$$

$$R_{\text{بخش}}=\frac{V^۲}{P_{\text{بخش}}}=\frac{(۲۲۰\,V)^۲}{۲۰۰\,W}=۲۴۲\,\Omega$$

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_{\text{لامپ}}}+\frac{۱}{R_{\text{بخاری}}}+\frac{۱}{R_{\text{پخش}}}+\frac{۱}{R_{\text{سشوار}}}=\frac{۱}{۴۸۴\,\Omega}$$
$$+\frac{۱}{۲۴/۲\,\Omega}+\frac{۱}{۲۴۲\,\Omega}+\frac{۱}{۲۲/۰\,\Omega}\Rightarrow R_{eq}=۱۰/۷۵\,\Omega$$

بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می‌شود:

$$P_{R_{eq}}=\frac{V^۲}{R_{eq}}=\frac{(۲۲۰\,V)^۲}{۱۰/۷۵\,\Omega}=۴۵۰۰\,W$$

اکنون می‌خواهیم این نتیجه را با مجموع توان‌های هر یک از مصرف کننده‌ها مقایسه کنیم.

مجموع توان مصرف کننده‌ها برابر است با:

$$P_{\text{کل}}=P_{\text{لامپ}}+P_{\text{بخاری}}+P_{\text{پخش}}+P_{\text{سشوار}}$$
$$=۱۰۰\,W+۲۰۰۰\,W+۲۰۰\,W+۲۲۰۰\,W=۴۵۰۰\,W$$

که همان توان مصرفی مقاومت معادل است.

۲۶- دشوار

کمترین توان مربوط به زمانی است که بیش‌ترین مقاومت به تنهایی در مدار باشد.

$$P_{min}=\frac{V^۲}{R_{max}}\Rightarrow R_{max}=\frac{۲۲۰^۲}{۵۰}=۹۶۸\,\Omega$$

وقتی هر دو مقاومت در مدار باشند، چون دو مقاومت به صورت موازی به هم متصل هستند، مقاومت معادل آن‌ها از کم‌ترین مقاومت هم، کمتر است و بیش‌ترین توان مربوط به این حالت است.

$$P_{max}=\frac{V^۲}{R_{eq}}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۲۲۰^۲}{۲۰۰}=۲۴۲\,\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_{max}}+\frac{۱}{R_{min}}\Rightarrow\frac{۱}{۲۴۲}=\frac{۱}{۹۶۸}+\frac{۱}{R_{min}}$$

$$\Rightarrow\frac{۱}{R_{min}}=\frac{۱}{۲۴۲}-\frac{۱}{۹۶۸}$$

$$\frac{۱}{R_{min}}=\frac{۴-۱}{۹۶۸}\Rightarrow R_{min}\simeq ۳۲۳\,\Omega$$

۲۷- دشوار

وقتی تعداد مقاومت‌ها ثابت است، در هر ترکیبی از مقاومت‌ها، با افزایش یکی از آن‌ها، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) افزایش می‌یابد.

$$R_۲\uparrow\Rightarrow R_{eq}\uparrow$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I\downarrow$$

آ) $V_{\text{مولد}}=\varepsilon-Ir\xrightarrow{I\downarrow} V_{\text{مولد}}\uparrow$

ب) ولتاژ دو سر مولد، همان ولتاژ دو سر مقاومت است، چون به طور موازی به آن وصل شده‌اند.

$$V_{R_۱}=V_{\text{مولد}}\Rightarrow V_{R_۱}\uparrow\ \text{و}\ V_{R_۱}=R_۱I_۱\xrightarrow{V_{R_۱}\uparrow} I_۱\uparrow$$

برای جریان گذرنده از $R_۲$ داریم:

$$I=I_۱+I_۲\xrightarrow{I\downarrow,\,I_۱\uparrow} I_۲\downarrow$$

۲۸- آسان

بستن متوالی به معنای بسته شدن مقاومت‌ها یکی پس از دیگری است، به طوری که هیچ انشعابی بین آن‌ها وجود نداشته باشد، و بستن موازی به معنای آن است که یک سر مقاومت‌ها مستقیماً به یکدیگر و سر دیگر آن‌ها نیز مستقیماً به هم وصل شده باشد و اختلاف پتانسیل یکسانی به دو سر این مقاومت‌ها اعمال شده است. با این تعاریف واضح است که در شکل (آ) مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند، در حالی که در شکل‌های (ب) و (پ) مقاومت ها به طور موازی بسته شده اند. همچنین اگر بررسی کنید هیچ کدام از این تعاریف برای شکل (ت) برقرار نیست و در این مدار، مقاومت ها نه متوالی هستند نه موازی.

۲۹- متوسط

در حالت متوالی جریان عبوری از همهٔ مقاومت‌ها یکسان است. از طرفی مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = ۳\,R_۱ = ۳(۱۲\,\Omega) = ۳۶\,\Omega$$

و در نتیجه جریان عبوری از همهٔ مقاومت‌ها چنین می‌شود:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۱۲\,V}{۳۶\,\Omega} = ۰/۳۳\,A$$

در حالت موازی، چون مقاومت‌ها یکسان‌اند، مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{R_۱}{۳} = \frac{۱۲\,\Omega}{۳} = ۴\,\Omega$$

اکنون می‌توانیم جریان کل را به دست آوریم:

$$I_t = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۱۲\,V}{۴\,\Omega} = ۳\,A$$

این جریان در هر سه شاخهٔ موازی به طور مساوی تقسیم می‌شود. بنابراین جریان عبوری از هر مقاومت $۱\,A$ می‌شود.

راه دیگر آن است که جریان را برای هر مقاومت از رابطهٔ $I = \frac{V}{R}$ به دست آوریم و توجه کنیم که باتوجه به موازی بودن مقاومت‌ها، ولتاژ آن‌ها برابر است:

$$I_۱ = I_۲ = I_۳ = \frac{V}{R} = \frac{۱۲\,V}{۱۲\,\Omega} = ۱\,A$$

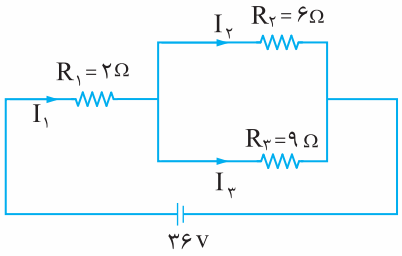
۳۰- متوسط

توان مصرفی را با استفاده از رابطهٔ $P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^۲}{R}$ به دست می‌آوریم. اکنون کافی است مقاومت معادل را در دو حالت متوالی و موازی مقایسه کنیم. در حالت متوالی $R'_{eq} = ۲\,R$ و در حالت موازی $R_{eq} = \frac{R}{۲}$ می‌شود. بنابراین داریم:

$$\frac{P_{\text{موازی}}}{P_{\text{متوالی}}} = \frac{\frac{V^۲}{R_{eq}}}{\frac{V^۲}{R'_{eq}}} = \frac{R'_{eq}}{R_{eq}} = \frac{۲\,R}{\frac{R}{۲}} = ۴$$

۳۱- متوسط

شکل مسئله را رسم می‌کنیم:



$$R_{eq} = R_۱ + \frac{R_۲ \times R_۳}{R_۲ + R_۳} = ۲ + \frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۶\,\Omega$$

$$I_۱ = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow I_۱ = \frac{۳۶}{۶} = ۶\,A$$

اکنون می‌توان به دو روش به سوال پاسخ داد:

روش ۱:

$$R_۲ , R_۳ \text{ موازی} \Rightarrow I_۲R_۲ = I_۳R_۳ \Rightarrow I_۲ \times ۶ = I_۳ \times ۱۲ \Rightarrow I_۲ = ۲I_۳$$

$$I_۱ = I_۲ + I_۳ \Rightarrow ۶ = ۲I_۳ + I_۳ \Rightarrow I_۳ = ۲\,A , I_۲ = ۴\,A$$

$$P_{R_۲} = R_۲I_۲^۲ \Rightarrow P_{R_۲} = ۶ \times ۴^۲ = ۹۶\,W$$

روش ۲: ولتاژ دو سر مقاومت معادل $R_۲ , R_۳$ از ضرب جریان $I_۱$ (جریان کل) در مقاومت معادل این دو محاسبه می‌شود که با ولتاژ دو سر $R_۲$ برابر است چون $R_۲ , R_۳$ موازی هستند.

$$V_{R_۲} = R_{۲,۳} \times I_۱ = \frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} \times ۶ = ۲۴\,V$$

$$\Rightarrow P_{R_۲} = \frac{V_{R_۲}^۲}{R_۲} = \frac{۲۴ \times ۲۴}{۶} = ۹۶\,W$$

۳۲- متوسط

آ) در این مدار از دو مقاومت $R_۱$ و مقاومت متغیر **LDR** استفاده شده است که به طور متوالی به هم وصل‌اند. همان‌طور که می‌دانیم وقتی تابش نور به **LDR** قطع می‌شود، مقاومت آن افزایش می‌یابد. در نتیجه ولتاژ خروجی (**V**خروجی) زیاد می‌شود. این افزایش ولتاژ سبب فعال شدن کلید الکترونیکی می‌شود که به چراغ وصل است و بدین ترتیب چراغ روشن می‌شود.

بنابراین تا زمانی که نور به اندازه کافی بتابد، فعال نمی‌شود.

ب)

$$V_{LDR} = ۵\,V , R_{LDR} = ۲۰۰\,k\Omega$$

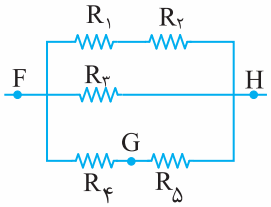
$$\Rightarrow I = \frac{V_{LDR}}{R_{LDR}} = \frac{۵}{۲۰۰ \times ۱۰^۳} = ۲/۵ \times ۱۰^{-۵}\,A$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{LDR} + R_۱} \Rightarrow ۲/۵ \times ۱۰^{-۵} = \frac{۱۲}{۲ \times ۱۰^۵ + R_۱}$$

$$\Rightarrow R_۱ = ۲/۸ \times ۱۰^۵\,\Omega = ۲۸۰\,K\Omega$$

۳۳- دشوار

آ) وضعیت مقاومت‌ها بین **F** و **H** مطابق شکل زیر است:



R_1, R_2 متوالی $\Rightarrow R_{12} = ۸ + ۸ = ۱۶\,\Omega$

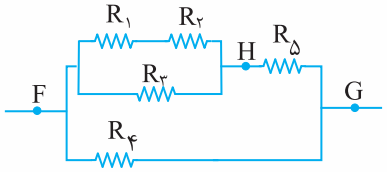
R_4, R_5 متوالی $\Rightarrow R_{45} = ۸ + ۸ = ۱۶\,\Omega$

مقاومت‌های R_{12}, R_3, R_{45} با هم موازی هستند. پس:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_{12}} + \frac{۱}{R_3} + \frac{۱}{R_{45}}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۱۶} + \frac{۱}{۸} + \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow R_{eq} = ۴\,\Omega$$

ب) وضعیت مقاومت‌ها بین **F** و **G** مطابق شکل زیر است:

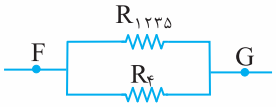


R_1, R_2 متوالی $\Rightarrow R_{12} = ۸ + ۸ = ۱۶\,\Omega$

R_3, R_{12} موازی $\Rightarrow R_{123} = \frac{R_{12} \times R_3}{R_{12} + R_3} = \frac{۱۶ \times ۸}{۱۶ + ۸} = \frac{۱۶}{۳}\,\Omega$

R_5, R_{123} متوالی $\Rightarrow R_{1235} = \frac{۱۶}{۳} + ۸ = \frac{۴۰}{۳}\,\Omega$

اکنون مدار به شکل زیر درمی‌آید:



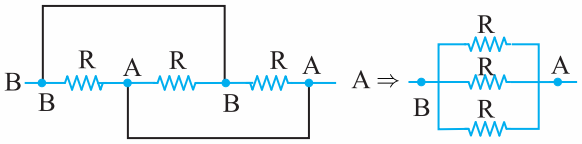
R_4, R_{1235} موازی $\Rightarrow R_{eq} = \frac{۸ \times \frac{۴۰}{۳}}{۸ + \frac{۴۰}{۳}} = ۵\,\Omega$

۳۴- دشوار

توجه: محاسبهٔ مقاومت معادل در مدارهای ترکیبی (روش نامگذاری گره‌ها):

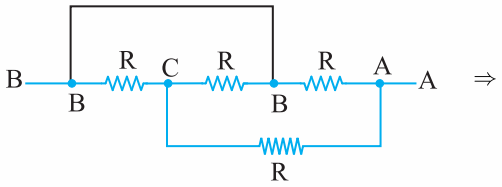
برای محاسبهٔ مقاومت معادل بین دو نقطه از یک مدار، که ترکیبی از مقاومت‌های متوالی و موازی است، ابتدا گره‌ها را با حروف نام‌گذاری می‌کنیم. گره‌هایی که با سیم‌هایی بدون مقاومت یا بدون مولد به هم متصل هستند، یک نام دارند. پس از نام‌گذاری گره‌ها، دو نقطه‌ای که مقاومت معادل بین آن‌ها خواسته شده را مشخص می‌کنیم و مقاومت‌ها را بین این دو نقطه براساس مدار اصلی طوری قرار می‌دهیم که شکلی ساده‌تر از مدار اصلی رسم شود و بر آن اساس، مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.

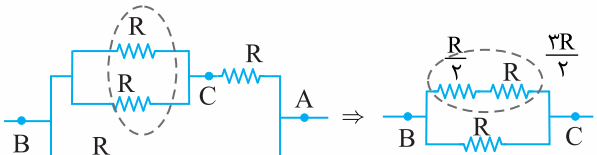
آ) هر سه مقاومت بین گره‌های **A** و **B** هستند. پس هر سه موازی هستند.

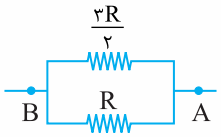


$$\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۳}$$

ب) دو مقاومت بین گره‌های **B** و **C** قرار دارند که با هم موازی هستند و مدار را می‌توان به شکل زیر رسم کرد.

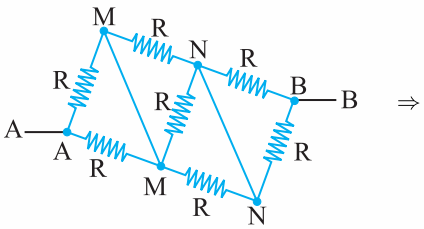


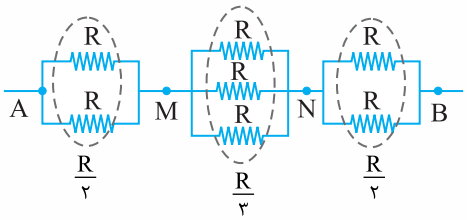


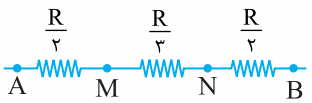


$$R_{eq} = \frac{\frac{۳}{۲}R \times R}{\frac{۳}{۲}R + R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۳}{۵}R$$

پ)







$$R_{eq} = \frac{R}{۲} + \frac{R}{۳} + \frac{R}{۲} = \frac{۴}{۳}R$$

۳۵- دشوار

مقاومت $۴\,\Omega$ را با $R_۱$، مقاومت $۳\,\Omega$ را با $R_۲$ و مقاومت $۶\,\Omega$ را با $R_۳$ نمایش می‌دهیم. نخست، مقاومت معادل این مجموعه را به دست می‌آوریم. توجه کنید که مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ با هم موازی و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت $R_۱$ متوالی است. بنابراین داریم:

$$R_{eq}=\frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳}+R_۱ \Rightarrow R_{eq}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}+۴=۶\,\Omega$$

از اینجا می‌توان جریان کل را به دست آورد که همان جریان $I_۱$ نیز هست:

$$I_۱=\frac{۱۸}{۶}=۳\,A$$

و از طرفی:

$$I_۱=I_۲+I_۳=۳\,A \quad (۱)$$

همچنین دیدیم که مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ موازی‌اند و بنابراین اختلاف پتانسیل دوسر آن‌ها با هم برابر است:

$$I_۲R_۲=I_۳R_۳ \Rightarrow I_۲=۲I_۳$$

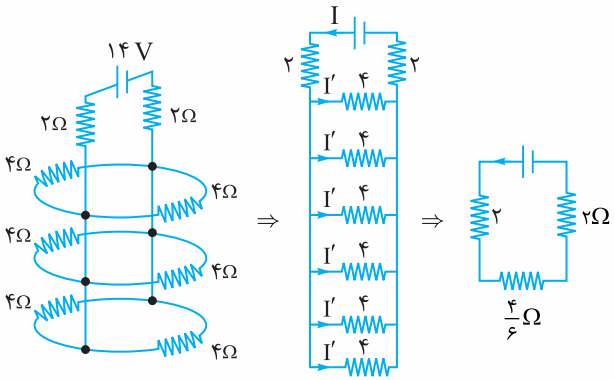
از حل هم زمان معادله‌های (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$۲I_۳+I_۳=۳I_۲=۳\,A$$

بنابراین $I_۳=۱\,A$ و در نتیجه $I_۲=۲\,A$

۳۶- دشوار

مقاومت‌های ۴ اهمی همگی با هم موازی هستند (شکل ۲) و مقاومت معادل آن‌ها برابر $\frac{۴}{۶}$ اهم است که با مقاومت‌های ۲ اهمی متوالی است (شکل ۳)



شکل ۱ شکل ۲ شکل ۳

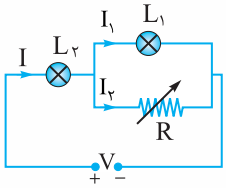
$$R_{eq}=۲+\frac{۴}{۶}+۲=\frac{۱۴}{۳}\Omega$$

جریان گذرنده از مقاومت‌های ۲ اهمی همان جریان کل یا I است. چون مقاومت‌های ۴ اهمی با هم برابر و موازی هستند، جریان کل به صورت مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود پس $I'=\frac{I}{۶}$ است.

$$I=\frac{۱۴}{R_{eq}}=\frac{۱۴}{\frac{۱۴}{۳}}=۳\,A \;,\; I'=\frac{۳}{۶}=۰/۵\,A$$

۳۷- دشوار

در هر ترکیبی از مقاومت‌های موازی و متوالی اگر اندازهٔ یک مقاومت افزایش یابد، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد.



$$R\uparrow \Rightarrow R_{eq}\uparrow$$

$$I=\frac{V}{R_{eq}} \xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I\downarrow$$

چون جریان I از لامپ $L_۲$ می‌گذرد و مقاومت آن ثابت است، با کاهش جریان گذرنده از آن، نور لامپ $L_۲$ کم می‌شود.

لامپ $L_۱$ و مقاومت R موازی هستند و مجموعهٔ آن‌ها با $L_۲$ متوالی است:

$$V=V_{L_۲}+V_{L_۱} \xrightarrow{V_{L_۲}=R_۲I\downarrow \Rightarrow V_{L_۲}\downarrow} V_{L_۱}\uparrow$$

با افزایش ولتاژ دو سر لامپ $L_۱$، چون مقاومت آن $(R_۱)$ ثابت است طبق رابطهٔ $V_{L_۱}=R_۱I_۱$، جریان گذرنده از آن افزایش می‌یابد و نور لامپ $L_۱$ زیاد می شود.

۱- گزینه «۱» آسان

در مقاومت‌های موازی، مقاومت با جریان عبوری از آن نسبت عکس دارد.

$$\frac{R_B}{R_A}=\frac{I_A}{I_B}=\frac{\frac{I}{۳}}{۲\frac{I}{۳}}=\frac{۱}{۲} \quad \text{و} \quad \frac{R_B}{R_A}=\frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\frac{A_A}{A_B}$$

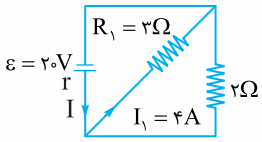
$$\frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۳}\times۱\times\frac{A_A}{A_B}\Rightarrow\frac{A_A}{A_B}=\frac{۳}{۲}$$

۲- گزینه «۱» آسان

مقاومت ولت‌سنج ایده‌آل بی‌نهایت است، بنابراین جریانی در مدار نخواهیم داشت و وقتی جریانی از مولد گرفته نشود، ولت‌سنج نیروی محرکهٔ آن را نشان می‌دهد.

۳- گزینه «۲» آسان

اختلاف پتانسیل مقاومت‌های ۲ اُهمی و ۳ اُهمی و مولد برابرند.



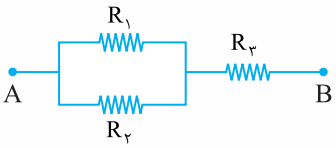
$$V = R_1 I_1 = ۳ \times ۴ = ۱۲\,V$$

$$R_{eq} = \frac{۳ \times ۲}{۳ + ۲} = ۱/۲\,\Omega \,,\; V = R_{eq} \times I \,,\; I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$$

$$V = \frac{\varepsilon R_{eq}}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۱۲ = \frac{۲۰ \times ۱/۲}{۱/۲ + r} \Rightarrow r = ۰/۸\,\Omega$$

۴- گزینه «۱» آسان

مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی هستند و مجموعهٔ آن‌ها با R_3 متوالی است.



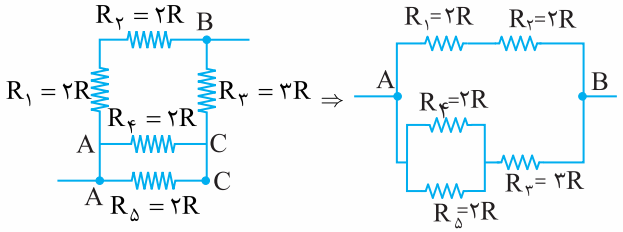
$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3 \xrightarrow{R_{eq} = R_1} R_1 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$\Rightarrow R_3 = R_1\left(1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \Rightarrow R_3 = R_1\left(\frac{R_1 + R_2 - R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

$$\Rightarrow R_3 = \frac{R_1^2}{R_1 + R_2}$$

۵- گزینه «۳» آسان

برای محاسبه مقاومت معادل، نقاطی را که پتانسیل یکسانی دارند با یک نام مشخص کرده و مدار را به شکل جدید نمایش می‌دهیم.



$$R_{12} = R_1 + R_2 = ۲R + ۲R = ۴R$$

$$R_{45} = \frac{R_4}{۲} = \frac{۲R}{۲} = R \text{ و } R_{345} = R_3 + R_{45}$$

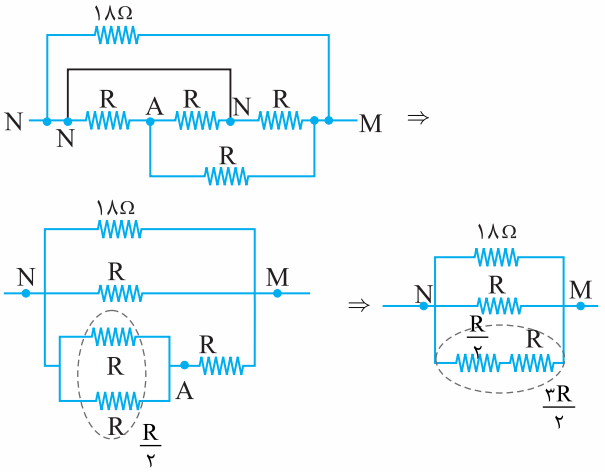
$$= ۳R + R = ۴R$$

R_{12} , R_{345} موازی هستند پس:

$$R_{eq} = \frac{R_{345} \times R_{12}}{R_{345} + R_{12}} = \frac{۴R \times ۴R}{۴R + ۴R} = ۲R$$

۶- گزینه «۳» متوسط

با روش نام‌گذاری نقاط هم پتانسیل، مدار را به صورت ساده‌تر رسم می‌کنیم.



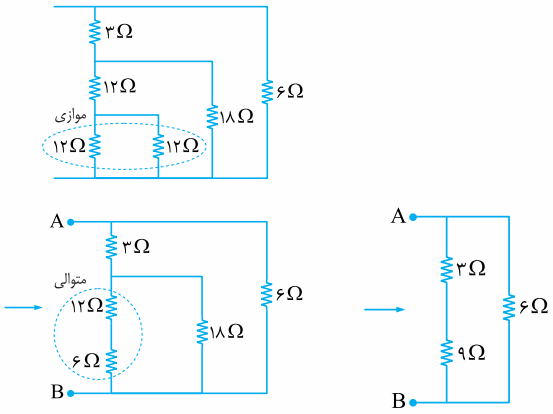
$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۱۸} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{\frac{۳R}{۲}}$$

$$\xrightarrow{R_{eq} = \frac{R}{۲}} \frac{۲}{R} = \frac{۱}{۱۸} + \frac{۱}{R} + \frac{۲}{۳R} \Rightarrow \frac{۱}{۱۸} = \frac{۲}{R} - \frac{۱}{R} - \frac{۲}{۳R}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۱۸} = \frac{۳-۲}{۳R} \Rightarrow ۳R = ۱۸ \Rightarrow R = ۶\,\Omega$$

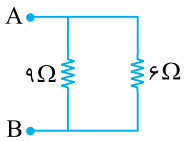
۷- گزینه «۱» دشوار

درصورتی‌که کلید باز باشد، داریم:



$$R_{T_1} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} = ۴\,\Omega$$

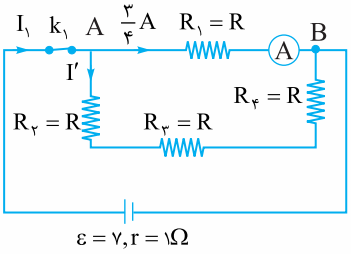
درصورتی‌که کلید **K** بسته شود، مقاومت ۳ اهمی اتصال کوتاه می‌شود و از مدار حذف می‌شود.



$$R_{T_2} = \frac{۶ \times ۹}{۶ + ۹} = ۳/۶\,\Omega \Rightarrow R_{T_1} - R_{T_2} = ۰/۴\,\Omega$$

۸- گزینه «۴» دشوار

کلید K_1 بسته و کلید K_2 باز:



$$R_{۲۳۴} = ۳R$$

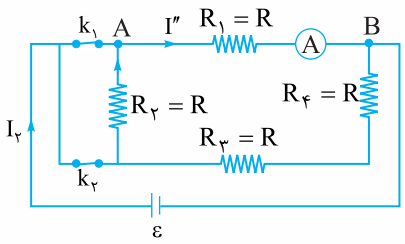
$$V_{AB} = \frac{۳}{۴}R_۱ = I'R_{۲۳۴}$$

$$\frac{۳}{۴}R = I' \times ۳R \Rightarrow I' = \frac{۱}{۴}A \Rightarrow I_۱ = \frac{۳}{۴} + \frac{۱}{۴} = ۱A$$

$$R_{eq} = \frac{R \times ۳R}{R + ۳R} = \frac{۳}{۴}R$$

$$I_۱ = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۱ = \frac{۷}{\frac{۳}{۴}R + ۱} \Rightarrow R = ۸\Omega$$

کلیدهای K_1 و K_2 بسته:



دو سر مقاومت R_2 اتصال کوتاه می‌شود و از مدار حذف می‌شود.

$$R_{۳۴} = R + R = ۲R$$

$$R'_{eq} = \frac{R \times ۲R}{R + ۲R} = \frac{۲}{۳}R = \frac{۱۶}{۳}\Omega$$

$$I_۲ = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۷}{\frac{۱۶}{۳} + ۱} = \frac{۲۱}{۱۹}A$$

$$V'_{AB} = R_۱I'' = R'_{eq}I_۲ \Rightarrow ۸I'' = \frac{۱۶}{۳} \times \frac{۲۱}{۱۹} \Rightarrow I'' = \frac{۱۴}{۱۹}A$$

۹- گزینه «۴» آسان

اختلاف پتانسیل در سه مقاومت موازی یکسان است. با محاسبه مقاومت معادل می‌توان جریان **I** را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

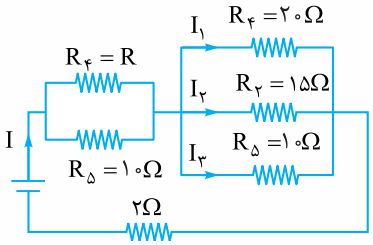
$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{۵} + \frac{۱}{۱۰} + \frac{۱}{۲۰} = \frac{۷}{۲۰}$$

$$\Rightarrow R_T = \frac{۲۰}{۷}$$

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{۱۰}{\frac{۲۰}{۷}} = \frac{۷۰}{۲۰} = ۳/۵A$$

۱۰- گزینه «۲» متوسط

مدار را به صورت ساده شده زیر رسم می‌کنیم و سپس جریان شاخه اصلی را محاسبه می‌کنیم و نهایتاً به محاسبه مقاومت معادل می‌پردازیم:



$$I_۱ = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱A$$

$$I_۲ = \frac{۳۰}{۱۵} = ۲A \Rightarrow I = I_۱ + I_۲ + I_۳ = ۳ + ۲ + ۱ = ۶A$$

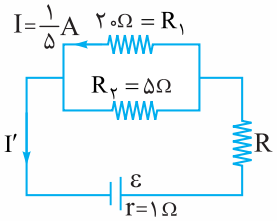
$$I_۳ = \frac{۳۰}{۱۰} = ۳A$$

$$R_{۴۵} = \frac{V_{۴۵}}{I} = \frac{۳۰}{۶} = ۵\Omega$$

$$R_{۱۲۳} = \frac{V_{۱۲۳}}{I} = \frac{۳۰}{۶} = ۵\Omega$$

$$\Rightarrow R_T = R_{۴۵} + R_{۱۲۳} + ۲ = ۵ + ۵ + ۲ = ۱۲\Omega$$

۱۱- گزینه «۴» متوسط



مقاومت‌های R_1 , R_2 موازی هستند و ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر است.

$$V_۱ = R_۱I \Rightarrow V_۱ = ۲۰ \times \frac{۱}{۵} = ۴V$$

و

$$R_{۱۲} = \frac{R_۱ \times R_۲}{R_۱ + R_۲} \Rightarrow R_{۱۲} = \frac{۲۰ \times ۵}{۲۰ + ۵} = ۴\Omega$$

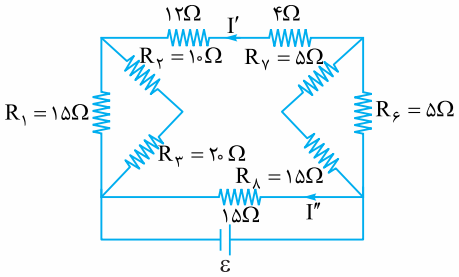
$$V_۱ = R_{۱۲}I' \Rightarrow ۴ = ۴ \times I' \Rightarrow I' = ۱A$$

چون مجموعهٔ مقاومت‌های R_1 , R_2 با مقاومت **R** متوالی هستند، ولتاژ دو سر مولد برابر است با:

$$V_{مولد} = V_۱ + V_R = ۴ + ۳ = ۷V$$

$$V_{مولد} = \varepsilon - I'r \Rightarrow ۷ = \varepsilon - ۱ \times ۱ \Rightarrow \varepsilon = ۸v$$

۱۲- گزینه «۴» متوسط

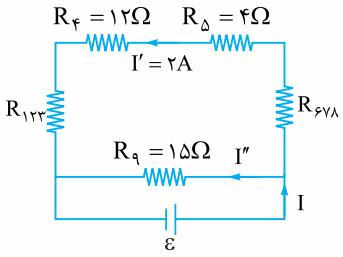


$R_3 , R_2 : R_{23} = 10 + 20 = 30\,\Omega$ متوالی‌اند

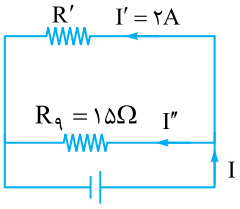
$R_1 , R_{23} : R_{123} = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = 10\,\Omega$ موازی‌اند

$R_8 , R_7 : R_{78} = 5 + 15 = 20\,\Omega$ متوالی‌اند

$R_6 , R_{78} : R_{678} = \frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\,\Omega$ موازی‌اند



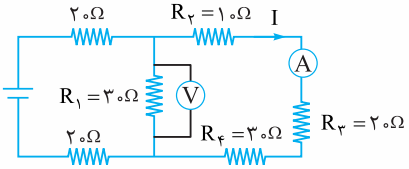
$R' = R_{123} + R_4 + R_5 + R_{678} = 10 + 12 + 4 + 4 = 30\,\Omega$



$R'I' = R_9 I'' \Rightarrow 30 \times 2 = 15 \times I'' \Rightarrow I'' = 4\,A$

$I = I' + I'' = 2 + 4 = 6\,A$

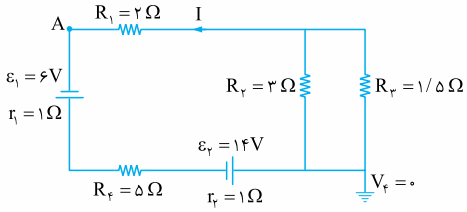
۱۳- گزینه «۱» متوسط



مقاومت‌های R_2 , R_3 , R_4 متوالی هستند و مجموعهٔ آن‌ها با R_1، موازی است. پس ولتاژ دو سر مجموعهٔ مقاومت‌های R_2 , R_3 , R_4 نیز باید ۱۲ ولت باشد.

$I = \frac{V}{R_{123}} \xrightarrow{R_{123} = R_1 + R_2 + R_3} I = \frac{12}{10 + 20 + 30} = 0/2\,A$

۱۴- گزینه «۱» متوسط



$R_{23} = \frac{3 \times 1/5}{3 + 1/5} = 1\Omega$

$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_1 + R_{23} + r_2 + R_4 + r_1}$

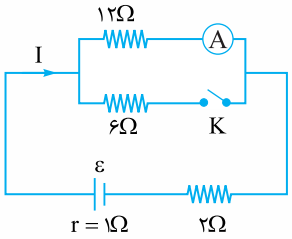
$I = \frac{6 + 14}{2 + 1 + 1 + 5 + 1} = 2A$

$V_A + R_1 I + R_{23} I = V_E$

$V_A + 2I + I = 0 \Rightarrow V_A = -3I = -3 \times 2 \Rightarrow V_A = -6v$

۱۵- گزینه «۱» دشوار

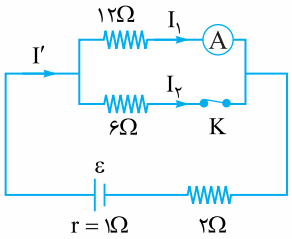
وقتی کلید باز است، مقاومت ۶ اهمی در مدار نیست و مقاومت‌های ۱۲ اهمی و ۲ اهمی متوالی هستند و جریان گذرنده از کل مدار (I) مدار همان جریان گذرنده از آمپرسنج است.



$R_{eq} = 12 + 2 = 14\,\Omega$

$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 1 = \frac{\varepsilon}{14 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 15\,V$

وقتی کلید بسته می‌شود، مقاومت‌های ۱۲ اهمی و ۶ اهمی موازی‌اند و مجموعهٔ آن‌ها با مقاومت ۲ اهمی متوالی است.



$R'_{eq} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} + 2 = 6\,\Omega$

$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{15}{6 + 1} = \frac{15}{7}\,A$

چون ۱۲ اهمی و ۶ اهمی موازی‌اند:

$12 \times I_1 = 6\,I_2 \Rightarrow I_2 = 2\,I_1$

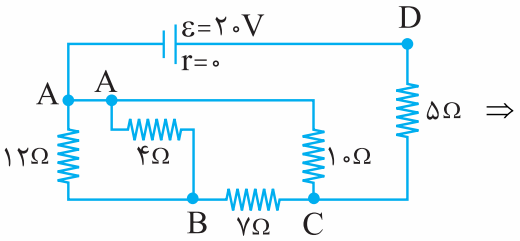
از طرفی:

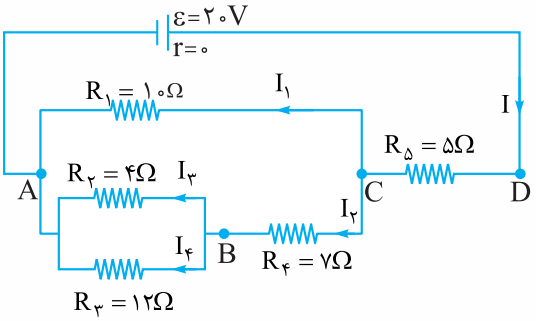
$I' = I_1 + I_2 \Rightarrow \frac{15}{7} = 3\,I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{5}{7}\,A$

که I_1 همان عددی است که آمپرسنج نشان می‌دهد.

۱۶- گزینه «۲» دشوار

ابتدا مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم:





مقاومت‌های R_2 , R_3 موازی‌اند و مجموعه آن‌ها با R_4 متوالی است.

$$R_{234}=\frac{4\times12}{4+12}+7=10\,\Omega$$

R_{234} با R_1 موازی است و مجموعهٔ آن‌ها با R_5 متوالی است.

$$R_{eq}=\frac{R_{234}\times R_1}{R_{234}+R_1}+R_5=\frac{10\times10}{10+10}+5=10\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{20}{10+0}=2\,A\,,\,R_1I_1=R_{234}\times I_2$$

$$\Rightarrow 10I_1=10I_2\Rightarrow I_1=I_2$$

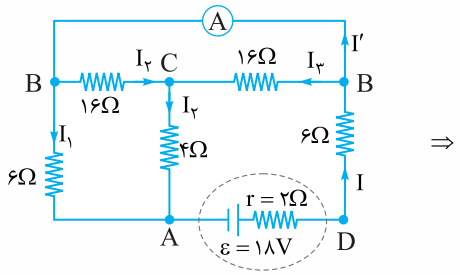
$$I=I_1+I_2\Rightarrow 2=2I_2\Rightarrow I_2=1\,A$$

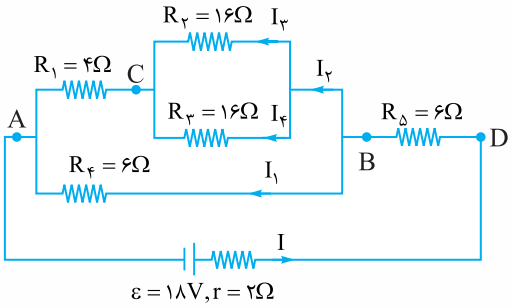
$$R_2I_3=R_3I_4\Rightarrow 4\,I_3=12I_4\Rightarrow I_4=\frac{1}{3}I_3\,,\,I_3+I_4=I_2$$

$$\Rightarrow I_3+\frac{1}{3}I_3=I_2\Rightarrow\frac{4}{3}I_3=1\Rightarrow I_3=\frac{3}{4}\,A$$

۱۷- گزینه «۲» دشوار

ابتدا مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم.





R_2 , R_3 موازی $\Rightarrow R_{23}=\frac{16\times16}{16+16}=8\,\Omega$

R_{23} , R_1 متوالی $\Rightarrow R_{123}=8+4=12\,\Omega$

R_4 , R_{123} موازی $\Rightarrow R_{1234}=\frac{12\times6}{12+6}=4\,\Omega$

R_5 , R_{1234} متوالی $\Rightarrow R_{eq}=4+6=10\,\Omega$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{18}{10+2}=1/5\,A$$

$$R_{123}I_2=R_4I_1\Rightarrow 12I_2=6I_1\Rightarrow I_1=2\,I_2\,,\,I=I_1+I_2$$
$$\Rightarrow 1/5=3\,I_2\Rightarrow I_2=0/5\,A\,,\,I_1=1\,A$$

$$R_2I_3=R_3I_4\Rightarrow 16\,I_3=16I_4$$
$$\Rightarrow I_3=I_4\,,\,I_2=I_3+I_4\Rightarrow I_3=I_4=0/25\,A$$

به جریان‌های نام‌گذاری شده در مدار اصلی توجه کنید. در گره **B** داریم:

$$I=I_3+I'\Rightarrow 1/5=0/25+I'\Rightarrow I'=1/25\,A$$

۱۸- گزینه «۳» آسان

مقاومت معادل مدار در این حالت افزایش می‌یابد:

$$R_T\uparrow\longrightarrow I\downarrow\longrightarrow(\underbrace{V=\varepsilon-rI}_{\text{ولتاژ دو سر مولد}})\uparrow$$
(شاخه اصلی)

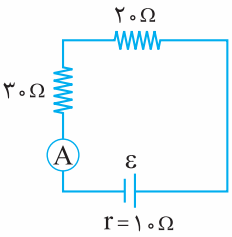
$$\longrightarrow V\uparrow\longrightarrow I_1\uparrow$$
(شاخه وسطی)

۱۹- گزینه «۲» متوسط

با افزایش مقاومت $R_۲$، مقاومت مدار (R_T) افزایش می‌یابد، در نتیجه طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_T+r}\downarrow$ شدت جریان کلی مدار کاهش خواهد یافت، بنابراین آمپرسنج عدد کمتری را نشان می‌دهد، از طرفی طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-rI\uparrow$، اختلاف پتانسیل در دو سر مولد افزایش می‌یابد. با توجه به آن‌که $V_{مولد}=V_{R_۱}\downarrow+V_{R_۳}\uparrow$ می‌باشد و با کاهش جریان $V_{R_۱}=IR_۱\downarrow$ کاهش می‌یابد، پس باید $V_{R_۳}=V_{R_۲}$ افزایش پیدا کند و ولت‌سنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

۲۰- گزینه «۳» متوسط

وقتی هر دو کلید باز باشد، جریان از مقاومت **R** عبور نمی‌کند و حذف می شود.



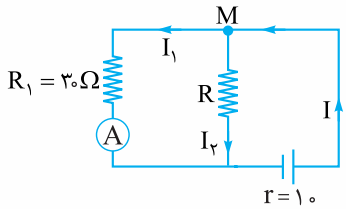
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow ۰/۲=\frac{\varepsilon}{۵۰+۱۰}\Rightarrow \varepsilon=۱۲\,V$$

وقتی هر دو کلید بسته‌اند، مدار به شکل زیر است و چنان چه می‌بینید مقاومت ۲۰ اهمی اتصال کوتاه شده است و دو مقاومت دیگر هم موازی‌اند. ولتاژ دو سر مقاومت ۳۰ اهمی را می‌توان به صورت زیر به دست آورد.

$$V_۱=R_۱I_۱\Rightarrow V_۱=۳۰\times ۰/۲=۶\,V$$

ولتاژ دو سر مولد با $V_۱$ برابر است، بنابراین:

$$V_{مولد}=\varepsilon-rI\Rightarrow ۶=۱۲-۱۰I\Rightarrow I=۰/۶\,A$$



در گره **M** داریم:

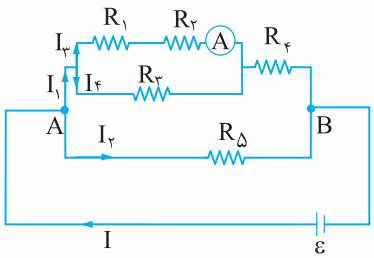
$$I=I_۱+I_۲\Rightarrow ۰/۶=۰/۲+I_۲\Rightarrow I_۲=۰/۴\,A$$

$$V_R=V_۱=۶\,V\,,\,V_R=RI_۲\Rightarrow R=\frac{۶}{۰/۴}=۱۵\,\Omega$$

۲۱- گزینه «۲» دشوار

در هر حالت مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم:

حالت اول:



$R_۱\,,R_۲$ متوالی $\Rightarrow R_{۱۲}=۶+۶=۱۲\,\Omega$

$R_۳\,,R_{۱۲}$ موازی $\Rightarrow R_{۱۲۳}=\frac{۱۲\times ۶}{۱۲+۶}=۴\,\Omega$

$R_{۱۲}I_۳=R_۳I_۴\Rightarrow ۱۲\,I_۳=۶\,I_۴\Rightarrow I_۴=۲\,I_۳$

$R_۴\,,R_{۱۲۳}$ متوالی $\Rightarrow R_{۱۲۳۴}=۴+۶=۱۰\,\Omega$

$R_{۱۲۳۴}\,,R_۵$ موازی $R_{eq}=\frac{۱۰\times ۶}{۱۰+۶}=\frac{۱۵}{۴}\,\Omega$

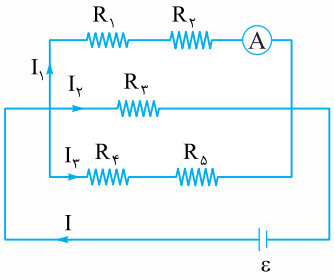
$R_{۱۲۳۴}\,,R_۵\Rightarrow R_{۱۲۳۴}I_۱=R_۵I_۲\Rightarrow ۱۰\,I_۱=۶\,I_۲\Rightarrow I_۲=\frac{۵}{۳}\,I_۱$

$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{۴\varepsilon}{۱۵}\,,I=I_۱+I_۲\Rightarrow \frac{۴\varepsilon}{۱۵}=I_۱+\frac{۵}{۳}I_۱\Rightarrow I_۱=\frac{\varepsilon}{۱۰}$

$I_۱=I_۳+I_۴\Rightarrow \frac{\varepsilon}{۱۰}=I_۳+۲\,I_۳\Rightarrow I_۳=\frac{\varepsilon}{۳۰}\Rightarrow$

آمپرسنج حالت اول $=\frac{\varepsilon}{۳۰}$

حالت دوم:



$R_۱\,,R_۲$ متوالی $\Rightarrow R_{۱۲}=۱۲\,\Omega$ و $R_۴\,,R_۵$ متوالی $\Rightarrow R_{۴۵}=۱۲\,\Omega$

$R_{۴۵}\,,R_۳\,,R_{۱۲}$ موازی $\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow R_{eq}=۳\,\Omega$

$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{۳}$

$R_{۱۲}\times I_۱=R_{۴۵}\times I_۳\Rightarrow I_۱=I_۳\,,R_{۱۲}\times I_۱=R_۳\times I_۲$

$\Rightarrow ۱۲\,I_۱=۶\,I_۲\Rightarrow I_۲=۲\,I_۱$

$I=I_۱+I_۲+I_۳\Rightarrow \frac{\varepsilon}{۳}=I_۱+۲\,I_۱+I_۱\Rightarrow I_۱=\frac{\varepsilon}{۱۲}\Rightarrow$

آمپرسنج حالت دوم $=\frac{\varepsilon}{۱۲}$

$$\frac{\text{آمپرسنج حالت دوم}}{\text{آمپرسنج حالت اول}}=\frac{\frac{\varepsilon}{۱۲}}{\frac{\varepsilon}{۳۰}}=\frac{۳۰}{۱۲}=\frac{۵}{۲}$$

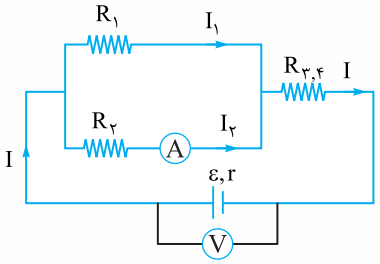
۲۲- گزینه «۲» دشوار

مقاومت‌های R_1 , R_2 موازی و $V_{R_1} = V_{R_2}$ است. مقاومت های R_3 , R_4 هم موازی و $V_{R_3} = V_{R_4}$ است. همچنین مجموعهٔ مقاومت‌های R_1 , R_2 با مجموعهٔ مقاومت‌های R_3 , R_4 متوالی هستند.

با افزایش مقاومت R_1، مقاومت معادل کل مدار (R_{eq}) افزایش می‌یابد و طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ جریان کل مدار (I) کاهش می‌یابد.

طبق رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ با کاهش I، $V_{مولد}$ افزایش یافته و ولت‌سنج عدد بیشتری نشان می‌دهد.

اگر مدار را مطابق شکل بکشیم:



چون R_{34} که مقاومت معادل R_3 , R_4 است، ثابت مانده و I کاهش یافته طبق رابطهٔ $V_{R_{34}} = R_{34}I$, $V_{R_{34}}$ کاهش می‌یابد. از طرفی چون R_{34} با مجموعهٔ مقاومت‌های R_1 , R_2، متوالی است

$$V_{R_1} + V_{R_{34}} = V_{مولد} \xrightarrow{V_{مولد}\uparrow ,\, V_{R_{34}}\downarrow} V_{R_1}\uparrow$$

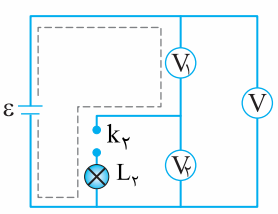
یعنی ولتاژ دو سر R_1 افزایش یافته، پس طبق رابطهٔ $V_{R_1} = R_1 I_1$ با ثابت ماندن R_1، باید I_1 زیاد شود. همچنین چون

$$I = I_1 + I_2 \xrightarrow{I\downarrow ,\, I_1\uparrow} I_2\downarrow$$

باید I_2 کاهش یابد، پس عدد آمپرسنج کم می‌شود.

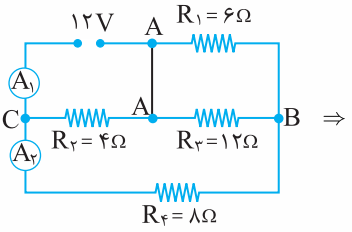
۲۳- گزینه «۲» متوسط

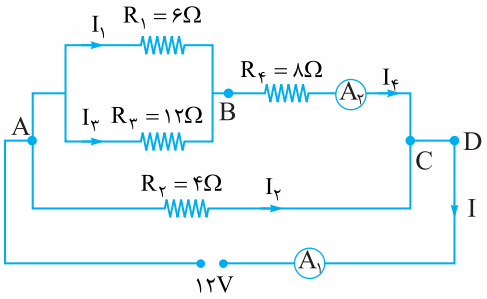
با قطع کلید K_1، مدار مطابق شکل زیر خواهد شد. ولت‌سنج V_1 اجازهٔ برقراری جریان الکتریکی در مدار (قسمتی که با خط چین مشخص شده است) را نمی‌دهد (مقاومت ولت‌سنج ایده‌آل بی‌نهایت). پس لامپ L_2 خاموش شده و ولت‌سنج V_2 که به دو سر لامپ L_2 وصل است، مقدار صفر را نشان می‌دهد. ولت‌سنج‌های V_1 , V به دو سر مولد متصل هستند و ε را نشان می‌دهند.



۲۴- گزینه «۳» متوسط

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم.





موازی R_1 , R_3 $\Rightarrow R_{13} = \frac{۶\times ۱۲}{۶+۱۲} = ۴\Omega$

متوالی R_4 , R_{13} $\Rightarrow R_{134} = ۴ + ۸ = ۱۲\Omega$

موازی R_2 , R_{134} $\Rightarrow R_{eq} = \frac{۱۲\times ۴}{۱۲+۴} = ۳\Omega$

$I = \frac{۱۲}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۳} = ۴\,A \Rightarrow$ آمپرسنج A_1، ۴ آمپر را نشان می‌دهد.

$V_{R_2} = ۱۲\,V \Rightarrow R_2 I_2 = ۱۲ \Rightarrow I_2 = \frac{۱۲}{۴} = ۳\,A$

$I_4 + I_2 = I \Rightarrow I_4 + ۳ = ۴ \Rightarrow I_4 = ۱\,A$ آمپرسنج A_2، ۱ را نشان می‌دهد.

۲۵- گزینه «۲» متوسط

$$R_{eq} = \frac{R\times R}{R+R} = \frac{R}{۲}$$

$$V_A - Ir_1 + \varepsilon = V_B \xrightarrow{V_A = V_B} \varepsilon = Ir_1 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r_1}$$

$$I = \frac{\varepsilon + \varepsilon}{R_{eq} + r_1 + r_2} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{r_1} = \frac{۲\varepsilon}{\frac{R}{۲} + r_1 + r_2}$$

$$\Rightarrow \frac{R}{۲} + r_1 + r_2 = ۲r_1 \Rightarrow R = ۲(r_1 - r_2)$$

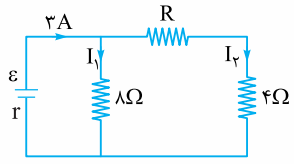
۲۶- گزینه «۴» متوسط

با توجه به این‌که دو مقاومت ۸ اهمی سمت راست مدار موازی و مقاومت معادلشان ۴ اهم است که با مقاومت $\mathbf{R}$ متوالی است:

$V_1 = V_2 \Rightarrow$

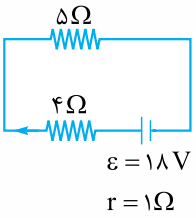
$۸I_1 = ۱۲ + ۴I_2 \Rightarrow I_2 = ۱A \Rightarrow R\times ۱ = ۱۲ \Rightarrow R = ۱۲\Omega$

$I_1 + I_2 = ۳$



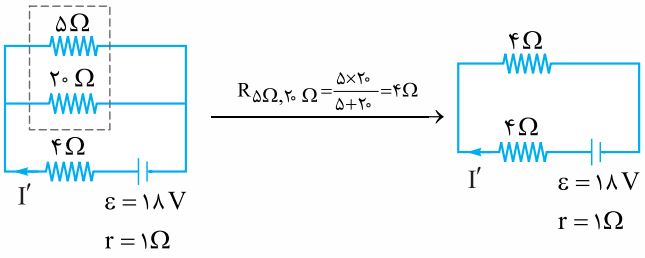
۲۷- گزینه «۳» متوسط

گام اول: قبل از بستن کلید، جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵Ω را به‌دست می‌آوریم. در این حالت مقدار ۲۰Ω در مدار قرار نمی‌گیرد.



$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۸}{۵+۴+۱}=۱/۸A$$
$$V_{۵\Omega}=RI=۵\times ۱/۸=۹V$$

گام دوم: با بستن کلید، مقاومت ۲۰Ω به مدار اضافه می‌شود. در این حالت جریان عبوری از باتری برابر است با:



$$R'_{eq}=۴+۴=۸\Omega$$
$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۱۸}{۸+۱}=۲A$$

گام سوم: اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵Ω همان اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۴Ω معادل می‌باشد که برابر است با:

$$V_{۵\Omega}=V_{۴\Omega}=۴I'=۴\times ۲=۸V$$

بنابراین با بستن کلید اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵Ω به اندازه $۸-۹=-۱V$ تغییر کرده است. یعنی مقدار اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت ۱ ولت کاهش یافته است.

۲۸- گزینه «۴» دشوار

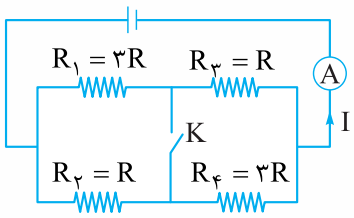
اگر $R=۰$ باشد، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و ولتاژ دو سر آن برابر صفر می‌شود. اگر $R=۱۸\Omega$ باشد داریم:

$$R_{eq}=\frac{۱۸\times ۶}{۱۸+۶}=۴/۵\Omega\ ,\ I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{۱۲}{۴/۵+۱/۵}=۲A$$

$$V_{مولد}=\varepsilon-Ir\Rightarrow V_{مولد}=۱۲-۲\times ۱/۵=۹V$$

۲۹- گزینه «۴» متوسط

کلید **K** باز:



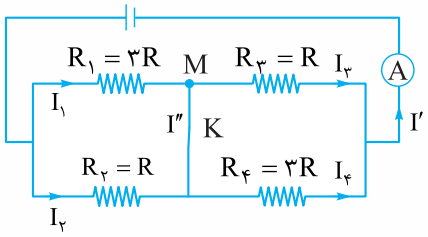
$R_۱, R_۳$ متوالی $\Rightarrow R_{۱۳}=۳R+R=۴R$

$R_۲, R_۴$ متوالی $\Rightarrow R_{۲۴}=R+۳R=۴R$

$R_{۲۴}, R_{۱۳}$ موازی $\Rightarrow R_{eq}=\frac{۴R\times ۴R}{۴R+۴R}=۲R$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}\Rightarrow ۱/۲=\frac{\varepsilon}{۲R}\Rightarrow \varepsilon=۲/۴R$$

کلید **K** بسته:



$R_۲, R_۱$ موازی $\Rightarrow R_{۱۲}=\frac{۳R\times R}{۳R+R}=\frac{۳}{۴}R\ ,\ I_۲=۳I_۱$

$R_۴, R_۳$ موازی $\Rightarrow R_{۳۴}=\frac{۳R\times R}{۳R+R}=\frac{۳}{۴}R\ ,\ I_۳=۳I_۴$

$R_{۳۴}, R_{۱۲}$ متوالی $\Rightarrow R'_{eq}=\frac{۳}{۴}R+\frac{۳}{۴}R=\frac{۳}{۲}R$

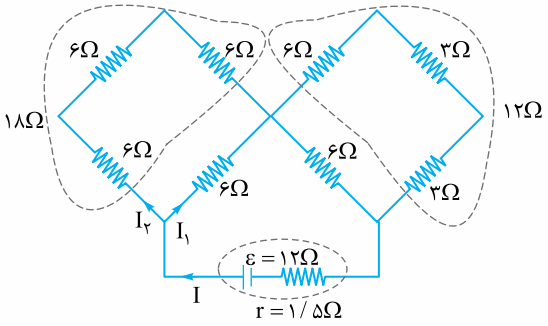
$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I'=\frac{۲/۴R}{\frac{۳}{۲}R}=۱/۶A\ ,\ I_۱+I_۲=I'$$
$$\Rightarrow I_۱+۳I_۱=۱/۶\Rightarrow I_۱=۰/۴A$$

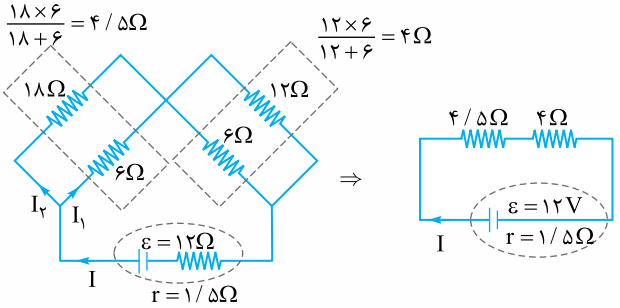
$$I_۳+I_۴=I'\Rightarrow I_۳+\frac{۱}{۳}I_۳=۱/۶\Rightarrow I_۳=۱/۲A$$
$$M: I_۱+I''-I_۳=۰$$
$$\Rightarrow ۰/۴+I''-۱/۲=۰\Rightarrow I''=۰/۸A$$

مقدار مثبت برای I'' به معنای ورود جریان I'' به گره **M** است.

۳۰- گزینه «۳» دشوار

شکل مدار را به صورت زیر ساده می‌کنیم و مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم:





$$R_{eq} = ۴ + ۴/۵ = ۸/۵\,\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۱۲}{۸/۵ + ۱/۵} = \frac{۱۲}{۱۰} = ۱/۲A$$

جریان کل $۱/۲A$ در شکل اصلی مدار، در شاخه سمت چپ به دو قسمت $I_۱$ و $I_۲$ تقسیم می‌شود؛ به طوری که داریم:

$$۱۸ \times I_۲ = ۶ \times I_۱ \Rightarrow ۳I_۲ = I_۱$$

$$I_۱ + I_۲ = ۱/۲ \Rightarrow I_۱ + \frac{۱}{۳}I_۱ = \frac{۴}{۳}I_۱ = ۱/۲ \Rightarrow I_۱ = \frac{۳ \times ۱/۲}{۴} = ۰/۹A$$

۳۱- گزینه «۳» متوسط

یک کلید بسته: $V_{مولد} = \varepsilon - Ir\ ,\ I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow ۶ = \varepsilon - (\frac{\varepsilon}{R+r}) \times r \Rightarrow$

$$۶ = \frac{\varepsilon(R + r - r)}{R + r} \Rightarrow ۶R + ۶r = ۱۰R$$

$$\Rightarrow ۶r = ۴R \Rightarrow R = \frac{۳}{۲}r$$

وقتی هر دو کلید بسته شوند، دو مقاومت **R** با هم موازی هستند:

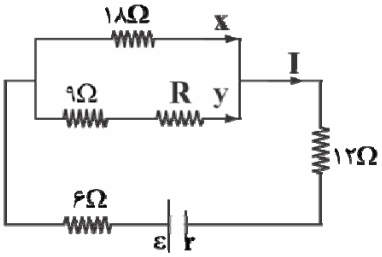
$$R_{eq} = \frac{R \times R}{R + R} = \frac{R}{۲} \xrightarrow{R = \frac{۳}{۲}r} R_{eq} = \frac{۳}{۴}r$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}\ ,\ V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = \varepsilon - (\frac{\varepsilon}{\frac{۳}{۴}r + r})r = ۱۰ - \frac{۱۰}{\frac{۷}{۴}}$$

$$V_{مولد} = ۱۰ - \frac{۴۰}{۷} = \frac{۳۰}{۷}V$$

۳۲- گزینه «۲» متوسط

مقاومت $۱۲\,\Omega$ در شاخه اصلی قرار دارد بنابراین جریان کل را می‌گیرد. بهتر است جریان شاخه بالا و پایین را نام گذاری کنیم.



$$(V = RI)$$
$$I = x + y$$

ولتاژ دو سر ۱۲Ω برابر $۱۲I$ و ولتاژ دو سر ۱۸Ω برابر $۱۸x$ است که با هم برابرند.

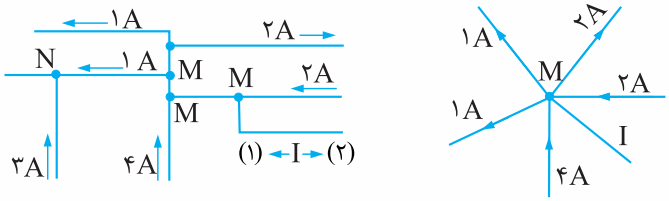
$$۱۲I = ۱۸x$$
$$۱۲(x + y) = ۱۸x$$
$$x = ۲y$$

حال که نسبت **x** و **y** به‌دست آمد، ولتاژ شاخه بالا و پایین را برابر قرار می‌دهیم.

$$۱۸(۲y) = (۹ + R)y \Rightarrow ۱۸ \times ۲ = ۹ + R \Rightarrow R = ۲۷\Omega$$

۳۳- گزینه «۱» متوسط

شکل را ساده‌تر رسم می‌کنیم:



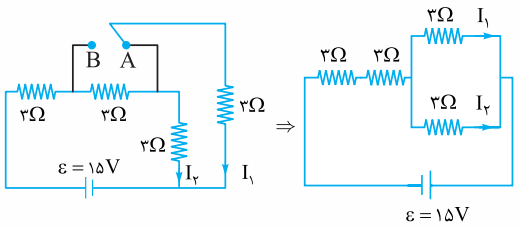
$$-۱ - ۲ + ۲ + I + ۴ - ۱ = ۰ \Rightarrow I = -۲\,A$$

چون I، منفی به‌دست آمد، $۲\,A$ ، I به سمت خارج گره است. یعنی جهت (۲)

توجه: چون جریان **I** مربوط به گره **M** بود و جریان‌های گره **N** با توجه به اطلاعات شکل تأثیری در جریان‌های گره نداشت، جریان $۳\,A$ مربوط به گره را در شکل ساده شده رسم نکردیم.

۳۴- گزینه «۴» دشوار

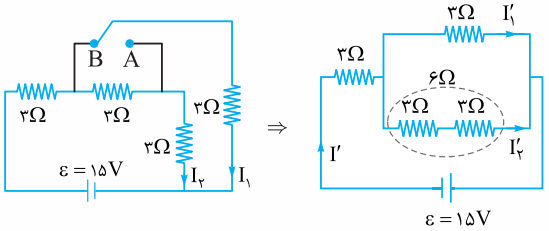
حالت اول:



$$R_{eq}=۳+۳+(\frac{۳\times۳}{۳+۳})=۷/۵\,\Omega\,,\ I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}\ \Rightarrow\ I=\frac{۱۵}{۷/۵}=۲\,A$$

$$I_۱=I_۲\,,\ I_۱+I_۲=۲\,A\ \Rightarrow\ I_۱=I_۲=۱\,A$$

حالت دوم:



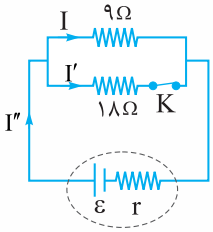
$$R'_{eq}=۳+(\frac{۳\times۶}{۳+۶})=۵\,\Omega\ ,\ I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}}=\frac{۱۵}{۵}=۳\,A$$

$$I'_۱=۲\,I'_۲\,,\ I'_۱+I'_۲=۳\,A\ \Rightarrow\ I'_۱=۲\,A\,,\ I'_۲=۱\,A$$

$$\frac{I'_۱}{I_۱}=\frac{۲}{۱}=۲\ ,\ \frac{I'_۲}{I_۲}=\frac{۱}{۱}=۱$$

۳۵- گزینه «۴» متوسط

کلید بسته: چون ۹ Ω و ۱۸Ω موازی هستند.



$$۹\,I=۱۸\,I'\ \Rightarrow\ ۹\times۲=۱۸\,I'\ \Rightarrow\ I'=۱\,A$$

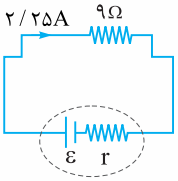
$$I''=I+I'=۲+۱=۳\,A$$

ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت ۹ اهمی برابر است یعنی

$$V_{مولد}=۹\times۲=۱۸V$$

$$V_{مولد}=\varepsilon-I''r\ \Rightarrow\ ۱۸=\varepsilon-۳r\quad(۱)$$

کلید باز: مدار مطابق شکل خواهد شد.



$$V_{مولد}=۹\times۲/۲۵=۲۰/۲۵\,V$$

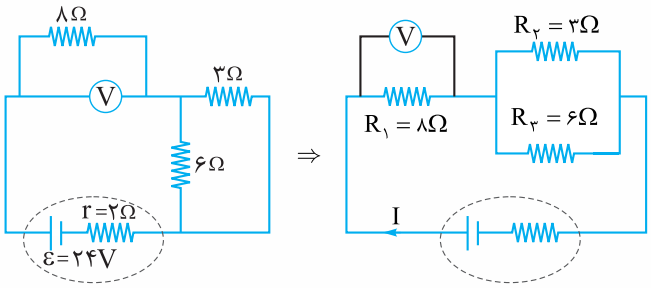
$$V_{مولد}=\varepsilon-۲/۲۵\,r\ \Rightarrow\ ۲۰/۲۵=\varepsilon-۲/۲۵\,r\quad(۲)$$

$$(۱)\,,(۲)\Rightarrow ۲۰/۲۵-۱۸=\varepsilon-۲/۲۵\,r-\varepsilon+۳\,r\Rightarrow ۲/۲۵=۰/۷۵\,r$$

$$\Rightarrow r=۳\,\Omega$$

۳۶- گزینه «۳» دشوار

کلید باز: مدار مطابق شکل است که آن را ساده‌تر رسم می‌کنیم.



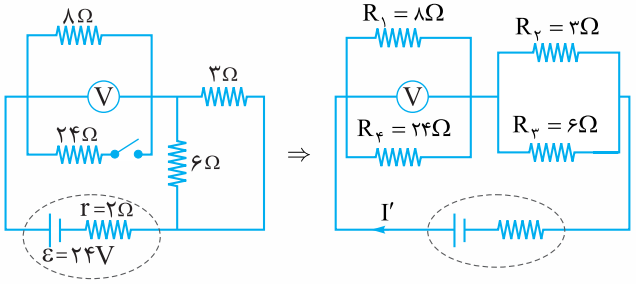
$$\text{موازی}\ R_۲\,,R_۳\ \Rightarrow\ R_{۲۳}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\,\Omega$$

$$\text{متوالی}\ R_{۲۳}\,,R_۱\ \Rightarrow\ R_{eq}=R_۱+R_{۲۳}=۱۰\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\ \Rightarrow\ I=\frac{۲۴}{۱۰+۲}=۲\,A\,,V_{R_۱}=R_۱\times I=۸\times۲=۱۶\,V\Rightarrow$$

ولت‌سنج ۱۶V را نشان می‌دهد.

کلید بسته: مدار مطابق شکل است که آن را ساده‌تر رسم می‌کنیم:



$$\text{موازی}\ R_۴\,,R_۱\ \Rightarrow\ R_{۱۴}=\frac{۸\times۲۴}{۸+۲۴}=۶\,\Omega$$

$$\text{موازی}\ R_۳\,,R_۲\ \Rightarrow\ R_{۲۳}=۲\,\Omega$$

$$\text{متوالی}\ R_{۱۴}\,,R_{۲۳}\ \Rightarrow\ R'_{eq}=۲+۶=۸\,\Omega$$

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I'=\frac{۲۴}{۸+۲}=۲/۴\,A\,,$$

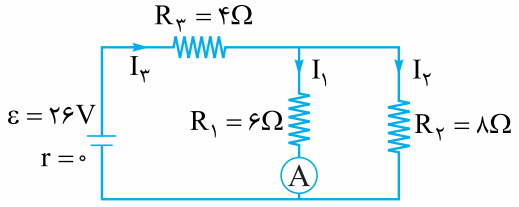
$$V_{R_{۱۴}}=R_{۱۴}\times I'=۶\times۲/۴=۱۴/۴\,V\Rightarrow$$

ولت‌سنج ۱۴/۴ V را نشان می‌دهد.

$$\Delta V=۱۴/۴-۱۶=-۱/۶\,V$$

۳۷- گزینه «۲» دشوار

حالت اول:



R_1 , R_2 موازی $\Rightarrow R_{12} = \frac{8\times 6}{8+6} = \frac{24}{7}\,\Omega$

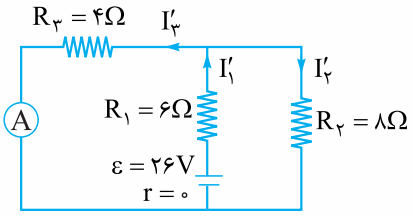
R_3 , R_{12} متوالی $\Rightarrow R_{eq} = 4 + \frac{24}{7} = \frac{52}{7}\,\Omega$

$$I_3 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} \Rightarrow I_3 = \frac{26}{\frac{52}{7}} \Rightarrow I_3 = 3/5\ A$$

$$V_{R_3} = R_3 I_3 = 4\times 3/5 = 14\ V \quad \text{و} \quad \varepsilon = V_{R_3} + V_{R_2}$$

$$\Rightarrow V_{R_2} = 26 - 14 = 12\ V\ ,\ I_2 = \frac{12}{8} = 1/5\ A$$

حالت دوم:



R_2 , R_3 موازی $\Rightarrow R_{23} = \frac{4\times 8}{4+8} = \frac{8}{3}\,\Omega\ ,\ R_2 I'_2 = R_3 I'_3 \Rightarrow I'_3 = 2\, I'_2$

R_1 , R_{23} متوالی $\Rightarrow R_{eq} = 6 + \frac{8}{3} = \frac{26}{3}\,\Omega$

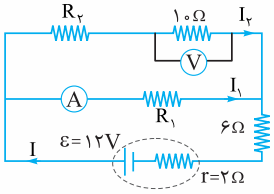
$$I'_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} \Rightarrow I'_1 = \frac{26}{\frac{26}{3}} = 3\ A$$

$$I'_1 = I'_3 + I'_2 \Rightarrow 3 = 3\, I'_2 \Rightarrow I'_2 = 1\ A$$

$$I'_2 - I_2 = 1 - 1/5 = -0/5\ A$$

۳۸- گزینه «۴» متوسط

مقاومت‌های R_2 و ۱۰ اهم متوالی هستند و جریان برابر دارند و:



$$I_2 = \frac{V}{10} = \frac{5}{10} = 0/5\ A$$

آمپرسنج جریان I_1 را نشان می‌دهد.

$$I_1 = 0/25\ A$$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 0/25 + 0/5 = 0/75\ A$$

ولتاژ دو سر مقاومت ۶ اهمی برابر است با:

$$V_{6\Omega} = 6\times I = 6\times 0/75 = 4/5\ V$$

ولتاژ دو سر مولد برابر است با:

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = 12 - 2\times 0/75 = 10/5\ V$$

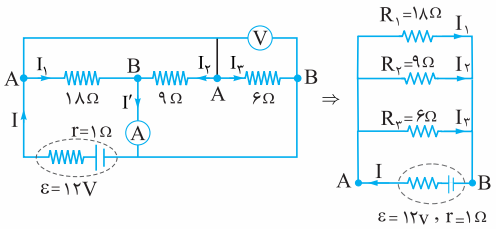
مجموعه مقاومت‌های R_1 , R_2 و ۱۰ اهم با مقاومت ۶ اُهم متوالی هستند و R_1 با R_2 و ۱۰ اهم موازی است پس:

$$V_{مولد} = V_{R_1} + V_{6\Omega} \Rightarrow 10/5 = V_{R_1} + 4/5 \Rightarrow V_{R_1} = 6\ V$$

$$V_{R_1} = R_1 I_1 \Rightarrow 6 = R_1 \times 0/25 \Rightarrow R_1 = 24\,\Omega$$

۳۹- گزینه «۱» دشوار

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم:



توجه کنید که از ولت‌سنج جریانی نمی‌گذرد و آمپرسنج هم مثل یک سیم بدون مقاومت است چون ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی هستند.

هر سه مقاومت موازی‌اند

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1+2+3}{18} \Rightarrow R_{eq} = 3\,\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{3+1} = 3\ A$$

روش پیشنهادی: اگر جریان گذرنده از R_1 که بزرگ‌ترین مقاومت، در مقاومت‌های موازی است را $I_1 = x$ بگیریم آنگاه:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{18}{9} = 2 \Rightarrow I_2 = 2x\ ,\ \frac{R_1}{R_3} = \frac{18}{6} = 3 \Rightarrow I_3 = 3x$$

$$x + 2x + 3x = I \Rightarrow 6x = 3 \Rightarrow x = 0/5\ A \Rightarrow I_1 = 0/5\ A$$

$$,\ I_2 = 1\ A\ ,\ I_3 = 1/5\ A$$

با توجه به جریان‌های مشخص شده در مدار اصلی، در گره **B** داریم:

$$I' = I_1 + I_2 = 0/5 + 1 = 1/5\ A$$

۴۰- گزینه «۱» متوسط

ابتدا مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{۳۰\times۶۰}{۳۰+۶۰}=۲۰\Omega$$

سپس از مقایسه توان تلف شده خارجی و توان تلف شده در باتری، $\mathbf{r}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_۲}{P_۱}=۳ \Rightarrow \frac{R_{eq}I^۲}{rI^۲}=۳ \Rightarrow \frac{R_{eq}}{r}=۳ \xrightarrow{R_{eq}=۲۰\Omega} r=\frac{۲۰}{۳}\Omega$$

سپس شدت جریان کل را محاسبه می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۴۰}{۲۰+\frac{۲۰}{۳}}=\frac{۳}{۲}A$$

در نهایت اختلاف پتانسیل مقاومت $R=۳۰\Omega$ را محاسبه کرده و از رابطه $P=\frac{V^۲}{R}$، توان مصرفی در مقاومت $\mathbf{R}$ را به دست می‌آوریم. ولتاژ دو سر مقاومت ۳۰Ω، همان ولتاژ دو سر مولد است.

$$V_{مولد}=R_{eq}\times I=۲۰\times\frac{۳}{۲}=۳۰\,V$$

$$P=\frac{V^۲}{R}=\frac{۹۰۰}{۳۰}=۳۰\,W$$

۴۱- گزینه «۴» متوسط

وقتی کلید باز است:

($R_۱$ در مدار نیست و $R_۲$ و $R_۳$ متوالی هستند): $R_{eq}=۲R, P=\frac{\varepsilon^۲}{۲R}$

وقتی کلید بسته است

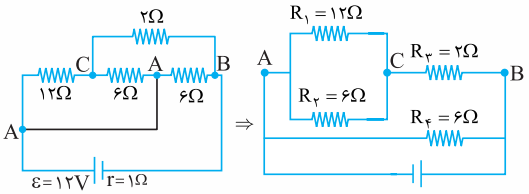
($R_۲$ و $R_۳$ متوالی و مجموعهٔ آن‌ها با $R_۱$ موازی است.): $R'_{eq}=\frac{R\times۲R}{R+۲R}=\frac{۲}{۳}R$

$$P'=\frac{\varepsilon^۲}{\frac{۲}{۳}R}$$

$$\frac{P'}{P}=\frac{R_{eq}}{R'_{eq}}=\frac{۲R}{\frac{۲}{۳}R}=۳$$

۴۲- گزینه «۲» دشوار

ابتدا مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم.



$R_۱$, $R_۲$ موازی‌اند: $R_{۱۲}=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega$

$R_{۱۲}$, $R_۳$ متوالی‌اند: $R_{۱۲۳}=R_{۱۲}+R_۳=۴+۲=۶\,\Omega$

$R_{۱۲۳}$, $R_۴$ موازی‌اند: $R_{eq}=\frac{۶}{۲}=۳\,\Omega$

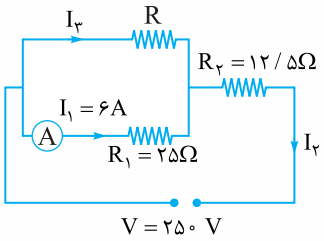
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۲}{۳+۱}=۳\,A$$

توان تلف شده در باتری برابر $rI^۲$ است پس:

اتلافی مولد $P=rI^۲=۱\times۳^۲=۹\,W$

۴۳- گزینه «۱» متوسط

مقاومت $\mathbf{R}$ با مقاومت ۲۵ اهمی موازی بسته شده و بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها برابر است.



$$V_۱=I_۱R_۱ \Rightarrow V_۱=۶\times۲۵=۱۵۰\,V$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ را محاسبه می‌کنیم. مجموعهٔ $R_۱$ و R با $R_۲$ متوالی است پس:

$$V_۱+V_۲=V$$

$$V_۲=V-V_۱=۲۵۰-۱۵۰=۱۰۰\,V$$

شدت جریان شاخه اصلی مدار را محاسبه می‌کنیم که همان جریان گذرنده از $R_۲$ است:

$$I_۲=\frac{V_۲}{R_۲}=\frac{۱۰۰}{۱۲/۵}=۸\,A$$

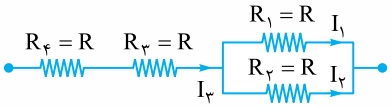
$$I_۳=I_۲-I_۱=۸-۶=۲\,A$$

$$\Rightarrow P_۳=V_۱I_۳=۱۵۰\times۲=۳۰۰\,W=۰/۳\,KW$$

$$U=Pt \Rightarrow U=۰/۳\times۰/۵=۰/۱۵\,kWh$$

۴۴- گزینه «۴» دشوار

برای حل این سوالات ابتدا مقاومتی که بیش‌ترین توان را در مدار مصرف می‌کند، پیدا می‌کنیم و بیش‌ترین توان را به آن نسبت می‌دهیم و سپس توان مصرفی دیگر مقاومت‌ها را براساس آن محاسبه می‌کنیم. توان مصرفی مجموعه مقاومت‌ها برابر جمع توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها با هم است.



مقاومت‌های $R_۱$, $R_۲$ موازی و مساوی هستند پس $I_۱=I_۲=I$ است و $I_۳=I_۱+I_۲=۲I$ مقاومت‌های $R_۳$, $R_۴$ متوالی و مساوی هستند، پس $P_{R_۴}=P_{R_۳}$

$$P_{R_۴}=P_{R_۳}=RI_۳^۲=R\times۴I^۲\,,\ P_{R_۱}=P_{R_۲}=RI^۲$$

پس بیش‌ترین توان را مقاومت‌های $R_۳$, $R_۴$ مصرف می‌کنند. یعنی:

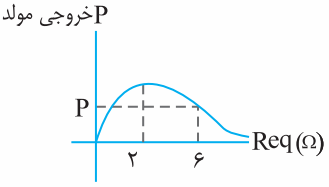
$$P_{R_۴}=P_{R_۳}=۸\,W$$

$$\frac{P_{R_۴}}{P_{R_۱}}=\frac{R\times۴I^۲}{R\times I^۲} \Rightarrow P_{R_۴}=۴P_{R_۱} \Rightarrow P_{R_۱}=۲\,W \Rightarrow P_{R_۲}=۲\,W$$

$$P_{کل}=P_{R_۴}+P_{R_۳}+P_{R_۱}+P_{R_۲} \Rightarrow P_{کل}=۸+۸+۲+۲=۲۰\,W$$

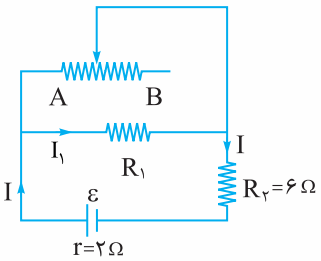
۴۵- گزینه «۳» دشوار

نمودار توان خروجی مولد برحسب مقاومت مدار (R_{eq})، در این مدار مطابق شکل زیر است:



درصورتی که R_1 و رئوستا در مدار نباشند با وجود $R_2 = 6\,\Omega$ توان خروجی مولد مطابق نمودار برابر **P** است. مجموعهٔ R_1 و رئوستا با مقاومت R_2 متوالی هستند و با وجود آنها $R_{eq} > 6\,\Omega$ است.

همچنین با حرکت لغزندهٔ رئوستا از **A** تا **B** مقاومت رئوستا افزایش یافته و باعث می‌شود R_{eq} نیز افزایش یابد، با توجه به نمودار، با افزایش R_{eq} از $6\,\Omega$ به بعد توان خروجی مولد کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش R_{eq} داریم:



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I\downarrow$$

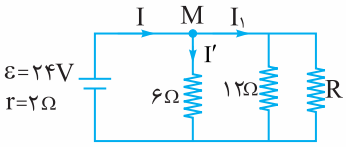
$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I\downarrow} V_{مولد}\uparrow,\ V_{R_2} = R_2 I \xrightarrow{I\downarrow} V_{R_2}\downarrow$$

$$V_{مولد} = V_{R_1} + V_{R_2} \xrightarrow{V_{مولد}\uparrow,\ V_{R_2}\downarrow} V_{R_1}\uparrow$$

$$P_{R_1} = \frac{V_{R_1}^2}{R_1} \xrightarrow{V_{R_1}\uparrow} P_{R_1}\uparrow \Rightarrow$$ توان مصرفی R_1 افزایش می‌یابد.

۴۶- گزینه «۳» متوسط

اگر بخواهیم توان خروجی مولد بیشینه شود، باید مقاومت مدار (R_{eq}) با مقاومت درونی مولد برابر باشد، یعنی $R_{eq} = r = 2\,\Omega$



چون مقاومت‌های R، $12\,\Omega$ و $6\,\Omega$ موازی هستند:

$$\frac{1}{R}+\frac{1}{12}+\frac{1}{6}=\frac{1}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{1}{R}+\frac{1+2}{12}=\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{R}=\frac{1}{2}-\frac{1}{4} \Rightarrow R = 4\,\Omega$$

اکنون I' را محاسبه می کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I = \frac{24}{2+2} = 6\,A$$

$$V_{مولد} = R_{eq} \times I = 2\times 6 = 12\,V$$

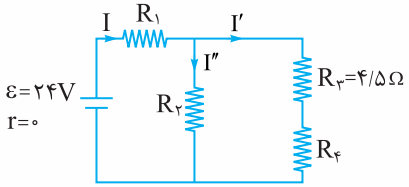
$$V_{6\Omega} = V_{مولد} \Rightarrow 6\times I' = 12 \Rightarrow I' = 2\,A$$

$$M: I = I_1 + I' \Rightarrow 6 = I_1 + 2 \Rightarrow I_1 = 4\,A$$

۴۷- گزینه «۱» دشوار

چون R_3 , R_4 متوالی هستند، جریان برابر دارند و چون توان مصرفی آنها هم برابر است طبق رابطه $P = RI^2$ باید $R_4 = 4/5\,\Omega$ باشد

و $R_{34} = 4/5 + 4/5 = 9\,\Omega$



مجموعه R_3 , R_4 با مقاومت R_2 موازی است. ازطرفی $P_{R_4} + P_{R_3} = 2P_{R_2}$ است، یعنی توان مصرفی مقاومت معادل R_3 , R_4، ۲ برابر توان مصرفی R_2 است. پس: $2P_{R_2} = P_{R_{34}}$

در مقاومت‌های موازی، ولتاژ برابر است، یعنی $V_{R_2} = V_{R_{34}}$

$$2P_{R_2} = P_{R_{34}} \xrightarrow{P=\frac{V^2}{R}} 2\frac{V_{R_2}^2}{R_2} = \frac{V_{R_{34}}^2}{R_{34}} \xrightarrow{V_{R_2}=V_{R_{34}}}$$

$$\frac{2}{R_2} = \frac{1}{9} \Rightarrow R_2 = 18\,\Omega$$

$$V_{R_2} = V_{R_{34}} \Rightarrow R_2 I'' = R_{34} I' \Rightarrow 18\,I'' = 9\,I'$$

$$\Rightarrow I' = 2\,I'',\ I = I' + I'' \Rightarrow I = 3\,I''$$

$$P_{R_2} + P_{R_{34}} = 3P_{R_1} \Rightarrow 18\times I''^2 + 9\,I'^2 = 3R_1 I^2$$

$$\Rightarrow 18\,I''^2 + 9\times 4\,I''^2 = 3R_1 \times 9\,I''^2 \Rightarrow R_1 = 2\,\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + \frac{R_2 \times R_{34}}{R_2 + R_{34}} = 2 + \frac{18\times 9}{18+9} = 8\,\Omega,$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{24}{8} = 3\,A,\ I = 3\,I'' \Rightarrow 3 = 3\,I'' \Rightarrow I'' = 1\,A$$

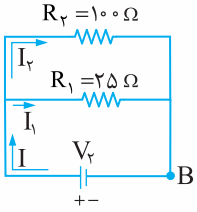
۴۸- گزینه «۳» متوسط

در حالت اول اختلاف پتانسیل دو سر مدار $V_1 = 25\times 2 = 50\,V$ و بنابراین توان خروجی:

$$P_1 = V_1 \times I = 50\times 2 = 100\,W$$

در حالت دوم اختلاف پتانسیل دو سر مدار $V_2 = 25\times 1/92 = 48\,V$ و

$R_{eq} = \frac{100\times 25}{100+25} = 20\Omega$ است.



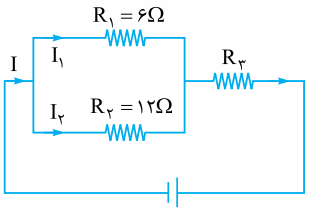
$$\frac{I}{I_1} = \frac{R_1}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{I}{1/92} = \frac{25}{20} \Rightarrow I = 1/92\times\frac{5}{4} = 2/4\,A$$

$$\Rightarrow P_2 = V_2 \times I = 48\times 2/4 = 115/2\,W$$

$$\Delta P = 115/2 - 100 = 15/2\,W$$

۴۹- گزینه «۳» متوسط

مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی هستند.



$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 6 I_1 = 12 I_2 \Rightarrow I_1 = 2 I_2$$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 2 I_2 + I_2 \Rightarrow I = 3 I_2$$

$$P_{R_3} = 6 P_{R_2} \Rightarrow R_3 I^2 = 6 R_2 I_2^2$$

$$R_3 (3 I_2)^2 = 6 \times 12 \times I_2^2$$

$$\Rightarrow 9 R_3 = 6 \times 12 \Rightarrow R_3 = 8\,\Omega$$

۵۰- گزینه «۱» متوسط

چون $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ است. جریان پادساعتگرد بوده و داریم:

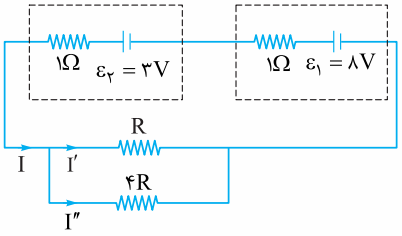
$$v_2 = \varepsilon_2 + I r_2 \Rightarrow 3/5 = 3 + (I \times 1) \Rightarrow I = \frac{1}{2} A$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_{eq} + (r_1 + r_2)} = \frac{8-3}{R_{eq} + 2} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_{eq} = 8\Omega$$

دو مقاومت R و $4R$ موازی‌اند:

$$R_{eq} = \frac{R \times 4R}{R + 4R} = \frac{4}{5} R = 8 \Rightarrow R = 10\Omega$$

$I' R = I'' \times 4R \Rightarrow I' = 4 I''$ رابطه (۱)



$$I' + I'' = I = \frac{1}{2} \xrightarrow{\text{رابطه (۱)}} 5 I'' = \frac{1}{2} \Rightarrow I'' = 0/1 A \,,\, I' = 0/4 A$$

$$P_R = I'^2 R = \frac{16}{100} \times 10 = 1/6 \text{ W}$$

۵۱- گزینه «۲» متوسط

اگر با تغییر مقاومت مدار، توان خروجی مولد (باتری) ثابت بماند، داریم:

$$R_1 R_2 = r^2$$

که R_1 ، R_2 مقاومت‌های مدار در دو حالت و $\mathbf{r}$ مقاومت درونی مولد است.

کلید باز $\Rightarrow R_{eq} = (R + 1)$

کلید بسته $\Rightarrow R'_{eq} = 1\Omega$

با بسته شدن کلید، مقاومت $\mathbf{R}$ از مدار حذف می‌شود.

$$R_{eq} R'_{eq} = r^2 \Rightarrow (R+1) \times 1 = 2^2 \Rightarrow (R+1) = 4 \Rightarrow R = 3\,\Omega$$

۵۲- گزینه «۳» دشوار

توان خروجی باتری با توان مصرفی مقاومت معادل مدار برابر است.

$$P_1 = R_{eq} I^2 = R_{eq} \left(\frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}\right)^2 \xrightarrow{P_1 = 0/64 P_2}$$

$$P_2 = R'_{eq} \left(\frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r}\right)^2$$

از جایگذاری گزینه‌ها استفاده می‌کنیم :

$$\frac{0/64 R'_{eq}}{(R'_{eq} + r)^2} = \frac{R_{eq}}{(R_{eq} + r)^2} \quad \begin{matrix} R_{eq} = 4 + R_2 \\ R'_{eq} = \frac{4R_2}{4 + R_2} \end{matrix} \rightarrow$$

$$R_2 = 4\,\Omega \Rightarrow \begin{cases} R_{eq} = 8\,\Omega \\ R'_{eq} = 2\,\Omega \end{cases} \Rightarrow \frac{0/64 \times 2}{16} = \frac{8}{100} \Rightarrow \text{برقرار}$$

۵۳- گزینه «۴» متوسط

$$V_{\text{مولد}} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{\text{مولد}} = 12 - 2 \times 2 = 8\,V \,,\, P_{\text{خروجی مولد}} = \varepsilon I - r I^2$$

$$\Rightarrow P_{\text{خروجی مولد}} = 12 \times 2 - 2 \times 2^2 = 16\ W$$

$$V_{20\Omega} = V_{10\Omega} = V_{\text{مولد}}$$

$$\Rightarrow P_{20\Omega} = \frac{V_{20\Omega}^2}{R_{20\Omega}} = \frac{8^2}{20} = 3/2\ W \,,\, P_{10\Omega} = \frac{V_{10\Omega}^2}{R_{10\Omega}} = \frac{8^2}{10} = 6/4\ W$$

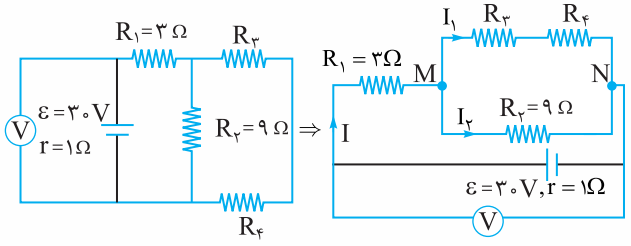
$$P_{\text{خروجی مولد}} = P_{20\Omega} + P_R + P_{10\Omega} \Rightarrow 16 = 3/2 + P_R + 6/4$$

$$\Rightarrow P_R = 6/4\ W$$

$$U_R = P_R \times t = 6/4 \times 60 = 384\ J$$

۵۴- گزینه «۳» دشوار

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم.



$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 27 = 30 - I \times 1 \Rightarrow I = 3\ A$$

$$V_{R_1} = R_1 I \Rightarrow V_{R_1} = 3 \times 3 = 9\ V \,,\, V = V_{R_1} + V_{MN}$$

$$\Rightarrow V_{MN} = 27 - 9 = 18\ V$$

$$V_{MN} = V_{R_2} = R_2 I_2 \Rightarrow 18 = 9 \times I_2 \Rightarrow I_2 = 2\ A \,,\, I = I_1 + I_2$$

$$\Rightarrow 3 = I_1 + 2 \Rightarrow I_1 = 1\ A$$

$$P_{R_4} = R_4 I_1^2 \Rightarrow 6 = R_4 \times 1^2 \Rightarrow R_4 = 6\,\Omega \,,\, V_{R_4} = R_4 I_1$$

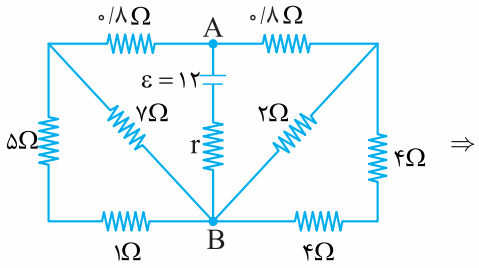
$$\Rightarrow V_{R_4} = 6 \times 1 = 6\ V$$

$$V_{MN} = V_{R_3} + V_{R_4} \Rightarrow 18 = V_{R_3} + 6 \Rightarrow V_{R_3} = 12\ V$$

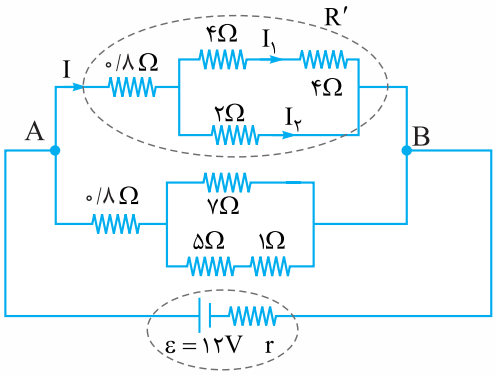
$$V_{R_3} = R_3 I_1 \Rightarrow 12 = R_3 \times 1 \Rightarrow R_3 = 12\,\Omega$$

۵۵- گزینه «۴» متوسط

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم:



⇒



$$P_{۲\Omega}=R_۲I_۲^۲ \Rightarrow ۸=۲I_۲^۲ \Rightarrow I_۲=۲\,A$$

مجموعهٔ دو مقاومت ۴ اُهمی با مقاومت ۲ اُهمی موازی است و ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر است.

$$(۴+۴)I_۱=۲\times I_۲ \Rightarrow ۸I_۱=۲\times ۲ \Rightarrow I_۱=۰/۵\,A\ ,\ I=I_۱+I_۲=۲/۵\,A$$

$$R'=۰/۸+\frac{(۴+۴)\times ۲}{(۴+۴)+۲}=۲/۴\,\Omega \Rightarrow V_{AB}=R'\times I=۲/۴\times ۲/۵=۶\,V$$

V_{AB}، همان ولتاژ دو سر مولد است.

۱- آسان

آ) سرعت سوق — ب) مستقیم

پ) $۱۰^۶$ — ت) بار الکتریکی

۲- آسان

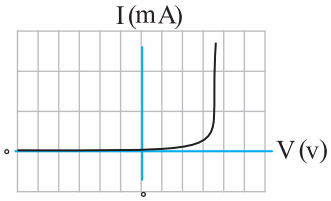
آ) نادرست — ب) درست

پ) نادرست — ت) درست

بد نیست بدانید

۱- دستگاهی که با آن می‌توان اختلاف پتانسیل الکتریکی را در دو سر مدار برقرار کرد و تغییر داد، منبع تغذیه است.

۲- نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل دیود نور گسیل، که یک وسیلهٔ غیراهمی است، مطابق شکل زیر است.

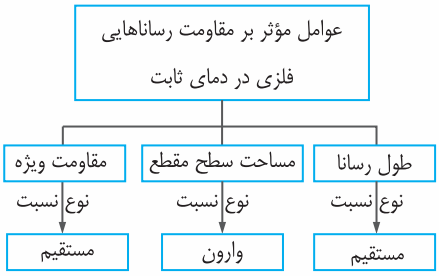


۳- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۲\times ۱۰^{-۳}=\frac{\Delta q}{۳۲} \Rightarrow \Delta q=۶۴\times ۱۰^{-۳}\,C$$

$$\Delta q=ne \Rightarrow ۶۴\times ۱۰^{-۳}=n\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n=۴\times ۱۰^{۱۷}$$

۴- آسان



۵- متوسط

عددی که از روی مشخصات لامپ و با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$ به دست می‌آید بزرگ‌تر است، چون مقاومت لامپ رشته‌ای را در حالت روشن محاسبه می‌کند و در حالت روشن به علت افزایش دما، مقاومت لامپ افزایش می‌یابد.

۶- متوسط

$$\Delta R=\alpha R_۰\Delta T \Rightarrow ۴۴-۴۰=۴\times ۱۰^{-۴}\times ۴۰\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta=\frac{۱}{۴\times ۱۰^{-۳}}=۲۵۰\,^\circ C \Rightarrow \theta_۲=۲۷۰\,^\circ C$$

۷- آسان

آ) ترمیستور — ب) LDR — پ) دیود

۸- آسان

آ) زیاد — ب) پتانسیومتر — پ) تغییر طول

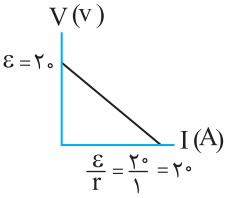
۹- متوسط

آ) $I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I=\frac{۲۰}{۹+۱}=۲\,A$

ب) $V_{\text{باتری}}=\varepsilon-Ir \Rightarrow V_{\text{باتری}}=۲۰-۲\times۱=۱۸\,V$

پ) $V_R=RI \Rightarrow V_R=۹\times۲=۱۸\,V$

ت)



۱۰- متوسط

آ) $\varepsilon_۱+\varepsilon_۳>\varepsilon_۲$ است درنتیجه جهت جریان در مدار پادساعتگرد است و مولد $\varepsilon_۲$ ضد محرک است.

$$I=\frac{\varepsilon_۱-\varepsilon_۲+\varepsilon_۳}{R_۱+R_۲+r_۱+r_۲+r_۳} \Rightarrow I=\frac{۱۰+۵-۷}{۸+۵+۱+۱+۱}=\frac{۸}{۱۶}=۰/۵\,A$$

ب)

مولد ۱، محرک: $V_{\text{مولد}۱}=\varepsilon_۱-Ir_۱=۱۰-۰/۵\times۱=۹/۵\,V$

مولد ۲، ضد محرک: $V_{\text{مولد}۲}=\varepsilon_۲+Ir_۲=۷+۰/۵\times۱=۷/۵\,V$

۱۱- دشوار

افت پتانسیل مولد $=Ir \Rightarrow Ir=\frac{۱}{۸}RI \Rightarrow R=۸r$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow ۱=\frac{۹}{۸r+r} \Rightarrow ۹r=۹$$

$$\Rightarrow r=۱\Omega, R=۸r=۸\times۱=۸\Omega$$

۱۲- متوسط

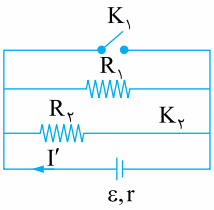
آ) $I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow ۴=\frac{۳۶}{۸+r} \Rightarrow r=۱\Omega$

ب) $V_{\text{مولد}}=\varepsilon-Ir \Rightarrow V_{\text{مولد}}=۳۶-۴\times۱=۳۲\,V$

پ) با حرکت لغزندهٔ رئوستا به سمت راست، مقاومت رئوستا زیاد می‌شود. طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ با افزایش **R** در این مدار، جریان (I) کاهش می‌یابد و آمپرسنج عدد کمتری نشان می‌دهد. با کاهش جریان مدار، طبق رابطهٔ $V_{\text{مولد}}=\varepsilon-Ir$ ، $V_{\text{مولد}}$ افزایش یافته و عدد ولت‌سنج زیاد می‌شود.

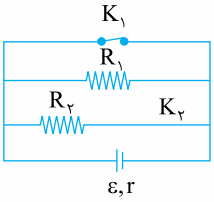
۱۳- متوسط

آ) قبل از بستن کلید $K_۲$، جریان مدار و مقاومت $R_۱$، $I=\frac{\varepsilon}{R_۱+r}$ است.



بعد از بستن کلید $K_۲$، مدار مطابق شکل بالا خواهد بود و مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی می‌شوند و چون مقاومت معادل مقاومت‌های موازی از هر یک از مقاومت‌ها کمتر است، بنابراین حتماً $R_{eq}<R_۱$ است. طبق رابطهٔ $I'=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، با کاهش مقاومت معادل مدار، جریان گذرنده از مدار افزایش می‌یابد. ولتاژ دو سر مولد که ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$، $(V_{R_۱})$ نیز است، طبق رابطهٔ $V_{\text{مولد}}=\varepsilon-I'r$ با افزایش I'، کاهش می‌یابد و طبق رابطهٔ $V_{R_۱}=R_۱I_۱$ با کاهش $V_{R_۱}$، جریان گذرنده از آن کاهش می‌یابد.

ب) با بستن کلید $K_۱$، مطابق شکل دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ اتصال کوتاه شده و جریانی از آن‌ها نمی‌گذرد. پس جریان گذرنده از $R_۱$، صفر خواهد شد.



۱۴- دشوار

آ) موازی $R_۲, R_۱ \Rightarrow R_{eq}=\frac{R_۱\times R_۲}{R_۱+R_۲} \Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\Omega$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{۱۸}{۴+۲}=۳\,A$$

ب)

موازی $R_۲, R_۱ \Rightarrow R_۱I_۱=R_۲I_۲ \Rightarrow ۱۲I_۱=۶I_۲ \Rightarrow I_۲=۲I_۱$

$$I_۱+I_۲=I \Rightarrow ۳I_۱=۳ \Rightarrow I_۱=۱\,A, I_۲=۲\,A$$

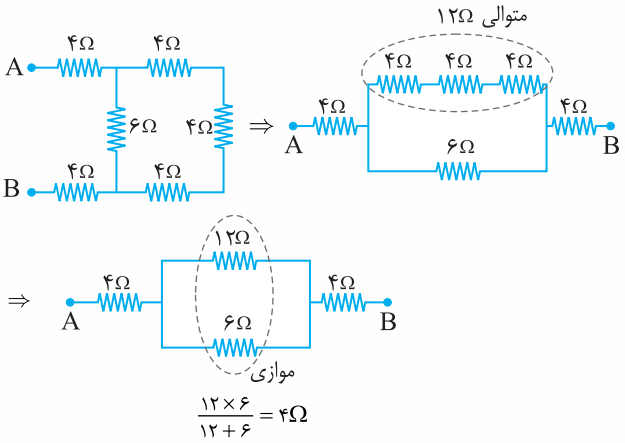
بنابراین عدد آمپرسنج ۲ آمپر است.

پ)

$$\frac{P_{\text{خروجی باتری}}}{P_{R_۱}}=\frac{\varepsilon I-rI^۲}{R_۱I_۱^۲}=\frac{۱۸\times۳-۲\times۳^۲}{۱۲\times۱^۲}=\frac{۳۶}{۱۲}=۳$$

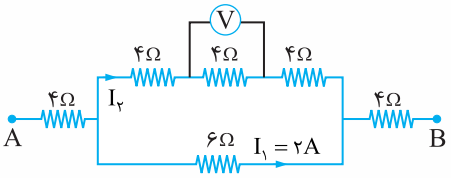
۱۵- متوسط

آ)



$$R_{eq} = ۴ + ۴ + ۴ = ۱۲\,\Omega$$

ب)



مقاومت معادل شاخه‌ای که جریان $I_۲$ از آن می‌گذرد، با مقاومت ۶ اهمی موازی است:

$$(۴+۴+۴)I_۲ = ۶ \times I_۱ \Rightarrow I_۲ = ۱\,A$$

جریان گذرنده از مقاومت‌های متوالی ۴ اهمی در شاخه‌ای که جریان $I_۲$ از آن می‌گذرد، همگی ۱ آمپر است. پس:

$$V_{\text{ولت سنج}} = RI_۲ = ۴ \times ۱ = ۴\,V$$

۱- آسان

آ) $۱۰^{-۵}$ ب) در خلاف پ) کولن بر ثانیه ت) شارش خالص بار

۲- آسان

آ) کمتر- بیشتر- نیروی محرکهٔ الکتریکی ب) مقاومت درونی

۳- متوسط

بار کره‌ها پس از تماس $q'_۱$ و $q'_۲$ است و:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{۶ + (-۸)}{۲} = -۱\ \mu C$$

$$|\Delta q| = |q'_۲ - q_۲| = |-۱ - (-۸)| = ۷\,\mu C$$

یا $$|\Delta q| = |q'_۱ - q_۱| = |-۱ - ۶| = ۷\,\mu C$$

$$I_{\text{متوسط}} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۷ \times ۱۰^{-۶}}{۰/۰۰۱} = ۷ \times ۱۰^{-۳}\ A$$

۴- متوسط

آ) $R_B = \frac{V}{I_B} \Rightarrow R_B = \frac{۱۵}{۳} = ۵\,\Omega$ و $R_A = \frac{V}{I_A} \Rightarrow R_A = \frac{۱۵}{۵} = ۳\,\Omega$

ب) $\frac{R_A}{R_B} = \frac{V_A}{V_B} \times \frac{I_B}{I_A} \xrightarrow{I_A = I_B} \frac{V_A}{V_B} = \frac{R_A}{R_B} = \frac{۳}{۵}$

۵- متوسط

اگر قطر سیم‌ها را با **D** و شعاع آن‌ها را **r** نمایش دهیم:

$$D_M = ۲D_N \Rightarrow r_M = ۲r_N \xrightarrow{A = \pi r^۲} A_M = ۴A_N$$

$$\frac{R_M}{R_N} = \frac{\rho_M}{\rho_N} \times \frac{L_M}{L_N} \times \frac{A_N}{A_M} \xrightarrow{\rho_M = \rho_N\ ,\ L_M = \frac{۱}{۴}L_N} \frac{R_M}{۸۰} = ۱ \times \frac{۱}{۴} \times \frac{A_N}{۴A_N}$$

$$\frac{R_M}{۸۰} = \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow R_M = ۵\,\Omega$$

۶- متوسط

در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابر رسانایی می‌گویند.

۷- متوسط

آ) رئوستا

ب) برای تنظیم شدت جریان

پ) کاهش می‌یابد، زیرا مقاومت افزایش می‌یابد.

ت) تغییر نمی‌کند، زیرا طول سیم با حرکت لغزنده تغییر نمی‌کند.

۸- آسان

آ) دیود نورگسیل یا **LED** ب) ترمیستور

پ) مقاومت نوری یا **LDR**

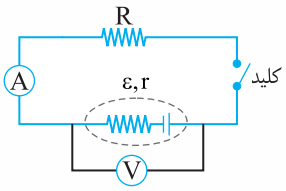
۹- آسان

آ) $I = \frac{\varepsilon}{R + r} \xrightarrow{R = ۰} I = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{۲۰}{۲} = ۱۰\,A$

ب) $V_{\text{مولد}} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{\text{مولد}} = ۲۰ - ۱۰ \times ۲ = ۰$

۱۰- متوسط

مداری مطابق شکل آماده می‌کنیم:



وقتی کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم، این عدد برابر نیرو محرکهٔ مولد (ε) است. کلید را می‌بندیم. در این حالت عدد ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد ($V_{مولد}$) را نشان می‌دهد و عدد آمپرسنج جریان گذرنده از مولد (I) را نشان می‌دهد. باتوجه به رابطهٔ زیر می‌توان مقاومت درونی مولد (r) را اندازه‌گیری کرد.

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir$$

۱۱- متوسط

آ) $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ است و جهت جریان مدار ساعتگرد است.

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{14}{7} = 2\,A$$

ب) عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد برابر است با:

$$V_A - IR_1 - \varepsilon_1 - Ir_1 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = +IR_1 + \varepsilon_1 + Ir_1$$
$$= (2\times 2) + 2 + (2\times 1) = 8\,V$$

۱۲- متوسط

آ) $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3 + r} \Rightarrow I = \frac{5}{3/5 + 3 + 3 + 0/5} = 0/5\,A$

ب) $V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = 5 - 0/5\times 0/5 = 4/75\,V$

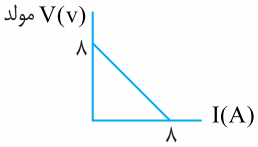
پ) $U = R_3 I^2 t = 3\times 0/5^2 \times 60 = 45\,J$

۱۳- متوسط

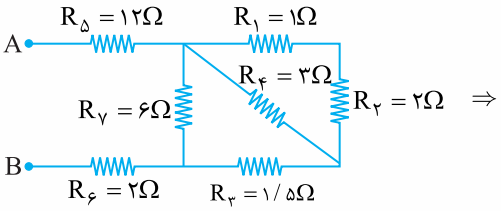
آ) $P = \varepsilon I - rI^2 \begin{cases} 12 = \varepsilon\times 2 - r\times 2^2 \Rightarrow 2\varepsilon - 4r = 12 \\ 3/75 = \varepsilon\times\frac{1}{2} - r\times(\frac{1}{2})^2 \Rightarrow 2\varepsilon - r = 15 \end{cases}$

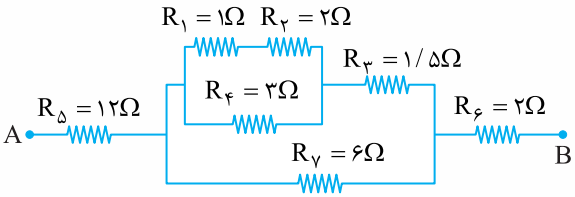
$\varepsilon = 8\,V$ و $r = 1\Omega$

ب)



۱۴- متوسط





R_1, R_2 متوالی $\Rightarrow R_{12} = 1 + 2 = 3\,\Omega$

R_4, R_{12} موازی $\Rightarrow R_{124} = \frac{3\times 3}{3+3} = 1/5\,\Omega$

R_3, R_{124} متوالی $\Rightarrow R_{1234} = 1/5 + 1/5 = 3\,\Omega$

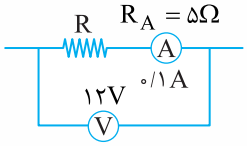
R_7, R_{1234} موازی $\Rightarrow R_{12347} = \frac{3\times 6}{3+6} = 2\,\Omega$

R_6, R_5, R_{12347} متوالی $\Rightarrow R_{eq} = 12 + 2 + 2 = 16\,\Omega$

۱- گزینه «۲» متوسط

وقتی کلید باز است، ولت‌سنج نیروی محرکهٔ مولد یعنی ε را نشان می‌دهد. با بستن کلید، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را که $V = \varepsilon - Ir$ است را نشان خواهد داد. در این حالت می‌بایست افت پتانسیل یعنی Ir برابر صفر باشد تا $V = \varepsilon$ شود. چون از مولد جریان گرفته شده است $(I \neq 0)$. نتیجه می‌گیریم که مقاومت درونی مولد ناچیز است.

۲- گزینه «۱» متوسط



$R_V = 10k\Omega$

$V = R_{eq} I = (R + 5)\times 0/1 = 12$

$R + 5 = 120 \Rightarrow R = 115\,\Omega$

$P_R = RI^2 = 115\times 10^{-2} = 1/15\,W$

۳- گزینه «۱» دشوار

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow \rho_{Cu}\frac{L}{A_{Cu}}=\rho_{Al}\frac{L}{A_{Al}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\rho_{Al}A_{Al}=\rho_{Al}A_{Cu}\Rightarrow A_{Al}=2A_{Cu}$$

$$\frac{m_{Al}}{m_{Cu}}=\frac{\rho_{Al}\times V_{Al}}{\rho_{Cu}\times V_{Cu}}=\frac{2/7\times(AL)_{Al}}{9\times(AL)_{Cu}}=\frac{3}{10}\times\frac{2A_{Cu}}{A_{Cu}}=\frac{3}{5}$$

۴- گزینه «۴» متوسط

رابطهٔ بین مقاومت ویژه یک رسانا با افزایش دما به صورت زیر می باشد:

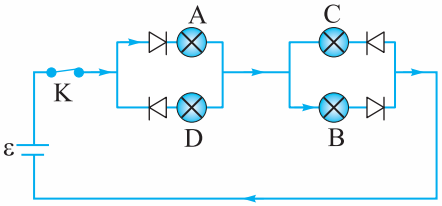
$$\rho_2=\rho_1(1+\alpha\Delta\theta)\Rightarrow \rho_2-\rho_1=\rho_1\alpha\Delta\theta\Rightarrow\frac{\Delta\rho}{\rho_1}=\alpha\Delta\theta$$

$$\frac{+42}{100}=\frac{1}{100}\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta=42^\circ C\Rightarrow\Delta\theta=\theta_2-\theta_1$$

$$\Rightarrow 102-\theta_1=42\Rightarrow\theta_1=60^\circ C$$

۵- گزینه «۱» آسان

ابتدا در حالت کلید بسته، مدار را به صورت زیر رسم می‌نماییم:



بنابراین با توجه به نوع قرار گرفتن دیودها، تنها لامپ‌های **A** و **B** می‌توانند روشن بمانند.

۶- گزینه «۱» متوسط

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{\frac{r}{2}+r}=\frac{2\varepsilon}{3r}$$

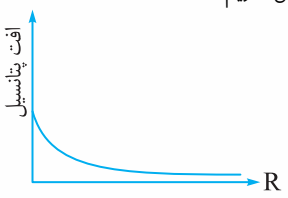
$$V_{مولد}=\varepsilon-Ir\Rightarrow V_{مولد}=\varepsilon-\frac{2\varepsilon}{3r}\times r=\frac{1}{3}\varepsilon$$

۷- گزینه «۱» آسان

با افزایش مقاومت متغیر **R**، شدت جریان عبوری از مدار (۲) کاهش یافته و نور لامپ L_2 کاهش می‌یابد. با کاهش نور لامپ L_2، مقاومت **LDR** در مدار (۱) افزایش یافته و شدت جریان عبوری از مدار(۱) نیز کاهش می‌یابد، بنابراین نور لامپ L_1 نیز کاهش می‌یابد.

۸- گزینه «۳» متوسط

افت پتانسیل در باتری از رابطه rI محاسبه می‌شود، شدت جریان (I) در مدار نیز از رابطهٔ $\frac{\varepsilon}{R+r}$ محاسبه می‌شود، بنابراین داریم:



$$\text{افت پتانسیل}=rI=r\frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$\text{افت پتانسیل}\propto\frac{1}{R}$$

۹- گزینه «۱» متوسط

با تابش نور بر **LDR** مقاومت آن کم می‌شود و جریان مدار زیاد می‌شود.

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R+R_{LDR}}\xrightarrow{R_{LDR}\downarrow}I\uparrow$$

$V_2=\varepsilon-rI\xrightarrow{I\uparrow}$ V_2 کم می‌شود.

$V_1=RI\xrightarrow{I\uparrow}$ V_1 زیاد می‌شود.

۱۰- گزینه «۲» متوسط

اگر به ازای مقاومت‌های R_1 , R_2، توان خروجی (مفید) مولد یکسان باشد، $R_1R_2=r^2$ است.

$$8R_2=4^2\Rightarrow R_2=\frac{16}{8}=2\Omega$$

۱۱- گزینه «۴» آسان

طبق متن کتاب درسی می‌دانیم، ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. اغلب از ترمیستورها به‌عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دما پاها و نیز در دماسنج‌ها استفاده می‌شود.

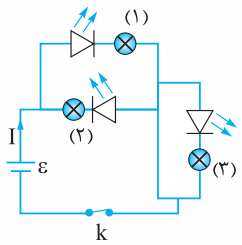
۱۲- گزینه «۲» متوسط

$$\frac{P_2}{P_1}=(\frac{V_2}{V_1})^2\Rightarrow\frac{P_2}{100}=(\frac{110}{220})^2\Rightarrow P_2=100\times\frac{1}{4}=25\ W$$

$$U=P\times t\Rightarrow U=25\times0/5\times3600=45000\ J=45\ kJ$$

۱۳- گزینه «۱» متوسط

دو سر مجموعهٔ لامپ ۳ و **LED** متصل به آن اتصال کوتاه شده و در مدار نیستند. با توجه به جهت جریان ایجاد شده در باتری و جهت قرارگیری **LED**های (۱) و (۲)، جریان فقط از **LED** متوالی با لامپ (۱) عبور می‌کند و لامپ (۱) روشن می‌شود.



۱۴- گزینه «۴» دشوار

کلید ۱ بسته:

فقط مقاومت‌های موازی $۱۲\,\Omega$ و $۶\,\Omega$ در مدار هستند.

$$R_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\,\Omega$$

چون مقاومت درونی باتری صفر است، ولتاژ دو سر مقاومت‌های موازی $۱۲\,\Omega$ و $۶\,\Omega$ همان ε است. توان خروجی باتری، همان توان مصرفی مقاومت معادل مدار است.

$$P_۱=\frac{V^۲}{R_{eq}}\Rightarrow P_۱=\frac{\varepsilon^۲}{۴}$$

کلید ۲ بسته:

مجموعهٔ مقاومت‌های موازی $۱۲\,\Omega$ و $۶\,\Omega$ با مقاومت $۸\,\Omega$ متوالی است.

$$R'_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}+۸=۱۲\,\Omega$$

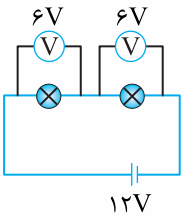
ولتاژ دو سر مقاومت معادل در این حالت نیز ε است چون مقاومت درونی باتری صفر است

$$P_۲=\frac{V^۲}{R'_{eq}}\Rightarrow P_۲=\frac{\varepsilon^۲}{۱۲}$$

$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{\frac{\varepsilon^۲}{۱۲}}{\frac{\varepsilon^۲}{۴}}=\frac{۱}{۳}$$

۱۵- گزینه «۳» متوسط

مقاومت لامپ‌ها، مشابه است. وقتی دو مقاومت مشابه به طور متوالی به هم وصل شوند، ولتاژ دو سر مجموعهٔ آن‌ها به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود.



چون لامپ‌ها به ولتاژ اسمی خود وصل هستند، توان مصرفی آن‌ها با توان اسمی‌شان برابر است.

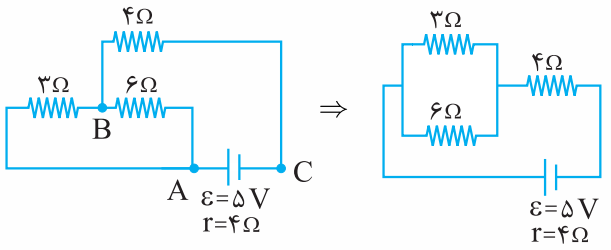
$$P=VI\Rightarrow ۱۲=۶I\Rightarrow I=۲\,A$$

پس از باتری جریان $۲\,A$ عبور می‌کند.

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}\Rightarrow ۲=\frac{۴۸}{\Delta t}\Rightarrow \Delta t=۲۴\,h$$

۱۶- گزینه «۱» دشوار

حالت اول:

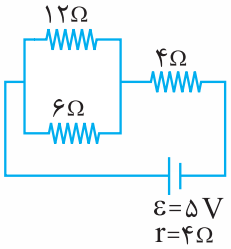


$$R_{eq}=\frac{۶\times۳}{۶+۳}+۴=۶\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{۵}{۶+۴}=\frac{۱}{۲}\,A$$

$$P_{\text{تولیدی باتری}}=\varepsilon I=۵\times\frac{۱}{۲}=\frac{۵}{۲}\,W$$

حالت دوم:



$$R'_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}+۴=۸\,\Omega$$

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۵}{۸+۴}=\frac{۵}{۱۲}\,A$$

$$P'_{\text{تولیدی باتری}}=\varepsilon I'=۵\times\frac{۵}{۱۲}=\frac{۲۵}{۱۲}\,W$$

$$P'_{\text{تولیدی باتری}}-P_{\text{تولیدی باتری}}=\frac{۲۵}{۱۲}-\frac{۵}{۲}=\frac{۲۵-۳۰}{۱۲}=-\frac{۵}{۱۲}\,W$$

۱۷- گزینه «۱» متوسط

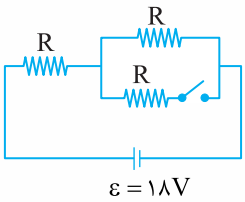
هر دو مولد جهت جریان یکسان در مدار ایجاد می‌کنند.

$$I=\frac{\varepsilon_۱+\varepsilon_۲}{R+r_۱+r_۲}\Rightarrow I=\frac{۶+۶}{۱+۱/۵+۰/۵}=۴\,A$$

$$V_{\text{مولد }۱}=\varepsilon_۱-Ir_۱=۶-۱/۵\times۴=۰$$

۱۸- گزینه «۴» دشوار

کلید باز:



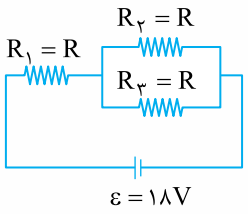
مقاومت متصل به کلید، در مدار نیست و دو مقاومت دیگر متوالی‌اند.

$$R_{eq_1} = R + R = 2R$$

چون مولد، مقاومت درونی ندارد. ولتاژ دو سر مقاومت معادل مدار همان ε است.

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2}{R_{eq_1}} = \frac{18^2}{2R}$$

کلید بسته:



R_2 , R_3 موازی و مجموعهٔ آن‌ها با R_1 متوالی است:

$$R_{eq_2} = R + \frac{R \times R}{R + R} = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$$

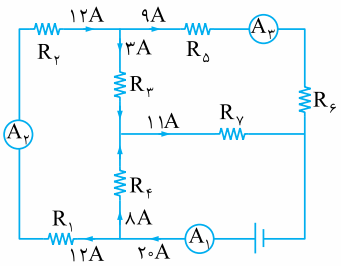
ولتاژ دو سر مقاومت معادل مدار هم ε است.

$$P_2 = \frac{\varepsilon^2}{R_{eq_2}} = \frac{18^2}{\frac{3}{2}R}, P_2 - P_1 = 9, 18^2\left(\frac{2}{3R} - \frac{1}{2R}\right) = 9$$

$$\Rightarrow \frac{4-3}{6R} = \frac{9}{18\times 18} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{3\times 2} \Rightarrow R = 6\,\Omega$$

۱۹- گزینه «۴» متوسط

شکل زیر نحوه تقسیم جریان‌ها را نشان می‌دهد. گزینهٔ ۴ درست است.



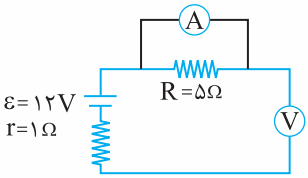
۲۰- گزینه «۱» متوسط

در حالت اول:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12}{6} = 2\,A$$

$$V = RI = 2 \times 5 = 10\,V$$

حالت دوم:



چون ولت‌سنج ایده‌آل در مدار به صورت متوالی قرار گرفته است، جریانی از مدار نمی‌گذرد و آمپرسنج عدد صفر را نشان می‌دهد $(I' = 0)$. ولت‌سنج که عملاً به دو سر مولدی که از آن جریان نمی‌گذرد وصل است ε را نشان می‌دهد. یعنی $V' = 12V$

$$V' = 12V$$

$$I' - I = -2\,A$$

$$V' - V = 12 - 10 = 2\,V$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵ اهمی در این حالت صفر خواهد شد.

$V'_R - V_R = -10V$ است پس پ نادرست است.

بررسی موارد:

آ) $I - I' = -2A$ یعنی عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، ۲ آمپر کاهش می‌یابد، پس آ درست است.

ب) $V' - V = +2V$ یعنی عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، ۲ ولت افزایش می‌یابد، پس ب درست است.

پ) چون از مقاومت **R** جریانی نمی‌گذرد، ولتاژ دو سر آن صفر است و $V'_R - V_R = -10V$ است پس پ نادرست است.

۱- گزینه «۴»

مقدار مقاومت که بستگی به مشخصات ساختمانی مقاومت دارد، از رابطه $R=\rho\frac{L}{A}$ به‌دست می‌آید. با توجه به این‌که طول و مقاومت دو سیم با هم برابر است، مقاومت ویژه با سطح مقطع نسبت مستقیم دارد. برای به‌دست آوردن نسبت سطح مقطع دو سیم باید به سراغ رابطهٔ چگالی با جرم و حجم برویم.

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow\rho=\frac{AR}{L}\xrightarrow[L_A=L_B]{R_A=R_B}\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{A_B}{A_A}$$

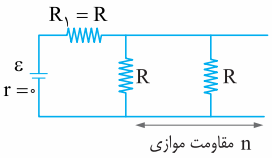
$$\text{چگالی}=\frac{m}{V}\Rightarrow V=\frac{m}{\text{چگالی}}\Rightarrow\frac{V_B}{V_A}=\frac{m_B}{m_A}\times\frac{\text{A چگالی}}{\text{B چگالی}}$$

$$=\frac{2}{3}\times3=2\xrightarrow{v=A\cdot L}\frac{V_B}{V_A}=\frac{A_B}{A_A}\times\frac{L_B}{L_A}$$

$$\xrightarrow{L_B=L_A}\frac{V_B}{V_A}=\frac{A_B}{A_A}=2\Rightarrow\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{A_B}{A_A}=2$$

۲- گزینه «۳»

می‌دانیم مقاومت معادل **n** مقاومت موازی که اندازهٔ هر یک **R** است (مقاومت‌ها هم اندازه هستند) برابر $\frac{R}{n}$ است.



در این سوال مجموعهٔ مقاومت‌های موازی با مقاومت $R_1=R$ متوالی هستند.

$$R_{eq}=R_1+\frac{R}{n}\xrightarrow{R_1=R}R_{eq}=R+\frac{R}{n}$$

$$I_1=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I_1=\frac{\varepsilon}{R+\frac{R}{n}}$$

اگر به تعداد مقاومت‌های موازی، یکی اضافه شود:

$$R'_{eq}=R_1+\frac{R}{n+1}\xrightarrow{R_1=R}R'_{eq}=R+\frac{R}{n+1}$$

$$I_2=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I_2=\frac{\varepsilon}{R+\frac{R}{n+1}}$$

$$\frac{I_2}{I_1}=\frac{\frac{\varepsilon}{R+\frac{R}{n+1}}}{\frac{\varepsilon}{R+\frac{R}{n}}}\Rightarrow\frac{16}{15}=\frac{R(1+\frac{1}{n})}{R(1+\frac{1}{n+1})}\Rightarrow\frac{16}{15}=\frac{\frac{n+1}{n}}{\frac{n+2}{n+1}}\Rightarrow\frac{16}{15}=\frac{(n+1)^2}{n(n+2)}$$

$$\xrightarrow[\text{گزینه ها}]{\text{جایگذاری}}n=3$$

۳- گزینه «۳»

ابتدا مقاومت الکتریکی سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}=10^{-6}\times\frac{2}{0/2\times10^{-6}}=10\Omega$$

حال با استفاده از رابطه انرژی می‌توان گفت:

$$t=20\min=\frac{1}{3}h$$

$$U=\frac{V^2}{R}\times t=\frac{200^2}{10}\times\frac{1}{3}=\frac{4000}{3}W\cdot h=\frac{4}{3}KW.h$$

۴- گزینه «۳»

هر دو مولد محرک هستند. هرگاه دو سر یک مولد محرک با نیرو محرکهٔ ε و مقاومت درونی **r**، اتصال کوتاه شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر شده و جریان گذرنده از آن برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ است.

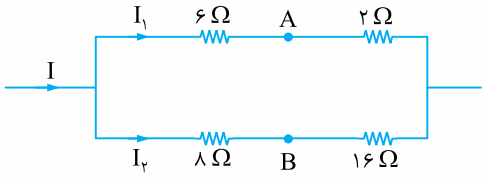
جریان مدار برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{R+r_1+r_2}\xrightarrow{\varepsilon_1=\varepsilon_2}I=\frac{2\varepsilon_2}{r_2-r_1+r_1+r_2}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon_2}{r_2}$$

چون $\frac{\varepsilon_2}{r_2}$، جریان مدار، و همچنین جریان گذرنده از مولد محرک ε_2 است. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر آن یعنی اختلاف پتانسیل بین نقاط **B** و **C** حتماً صفر است.

اختلاف پتانسیل بین **A** و **B** طبق نکته‌ای که بیان شد، صفر نیست، چون جریان گذرنده از مولد ε_1 برابر $\frac{\varepsilon_1}{r_1}$ نیست. همچنین اختلاف دو سر مقاومت **R**، چون از آن جریان می‌گذرد، صفر نیست، پس اختلاف پتانسیل نقاط **A** و **C** نیز صفر نیست. بنابراین گزینهٔ ۳ درست است.

۵- گزینه «۳»



مقاومت شاخهٔ بالا $R_1=6+2=8\Omega$

مقاومت شاخهٔ پایین $R_2=8+16=24\Omega$

$$R_1I_1=R_2I_2\Rightarrow\frac{R_2}{R_1}=\frac{I_1}{I_2}\Rightarrow\frac{24}{8}=\frac{I_1}{I_2}\Rightarrow I_1=3I_2$$

$$I_1+I_2=4\Rightarrow3I_2+I_2=4\Rightarrow I_2=1A, I_1=3A$$

وقتی در جهت جریان **I** از مقاومت **R** می‌گذریم، می‌نویسیم $-RI$ و وقتی در خلاف جهت جریان حرکت می‌کنیم، می‌نویسیم $+RI$.

از نقطهٔ **B** به طرف نقطهٔ **A** حرکت می‌کنیم:

$$V_B+8I_2-6I_1=V_A$$

$$V_B-V_A=-8I_2+6I_1=-8\times1+6\times3=10V$$

۶- گزینه «۳»

$\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲ + \varepsilon_۳$ بنابراین $\varepsilon_۱$ محرک، $\varepsilon_۲$ و $\varepsilon_۳$ ضد محرک و جهت جریان مدار ساعتگرد است.

$$I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲ - \varepsilon_۳}{۴ + ۲ + ۶ + ۸} \Rightarrow I = \frac{۲۰ - ۸ - ۲}{۲۰} = \frac{۱}{۲}\,A$$

$$V_A + ۸ \times I = V_{\text{زمین}} \Rightarrow V_A = -۸ \times \frac{۱}{۲} = -۴\,V$$

$$V_B + ۴\,I + \varepsilon_۳ + ۸\,I = V_{\text{زمین}} \Rightarrow V_B = -(۴ \times \frac{۱}{۲} + ۲ + ۸ \times \frac{۱}{۲}) = -۸\,V$$

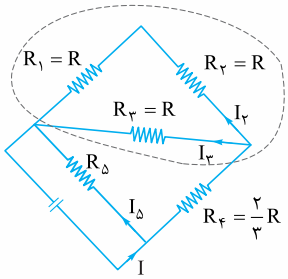
$$V_C - ۲\,I - \varepsilon_۲ - ۶\,I = V_{\text{زمین}} \Rightarrow V_C = ۲ \times \frac{۱}{۲} + ۸ + ۶ \times \frac{۱}{۲} = ۱۲\,V$$

$$V_D - \varepsilon_۲ - ۶\,I = V_{\text{زمین}} \Rightarrow V_D = ۸ + ۶ \times \frac{۱}{۲} = ۱۱\,V$$

در نتیجه پتانسیل نقطهٔ **C** از همهٔ نقاط دیگر بیشتر است.

۷- گزینه «۳»

دو مقاومت $R_۱ = R$ و $R_۲ = R$ متوالی‌اند و معادل آن‌ها با مقاومت $R_۳ = R$ موازی است:



$$R_{۱,۲,۳} = \frac{(R+R)R}{(R+R)+R} = \frac{۲R^۲}{۳R} = \frac{۲}{۳}R$$

$$۲RI_۲ = RI_۳ \Rightarrow I_۳ = ۲I_۲ \Rightarrow I_۲ = \frac{۱}{۲}I_۳ \quad \text{رابطهٔ (۱)}$$

$$R_{۱,۲,۳,۴} = R_{۱,۲,۳} + R_۴ = \frac{۲}{۳}R + \frac{۲}{۳}R = \frac{۴}{۳}R$$

$$I_{R_۴} = I_۲ + I_۳ \xrightarrow{\text{رابطه (۱)}} I_{R_۴} = \frac{۱}{۲}I_۳ + I_۳ = \frac{۳}{۲}I_۳ \quad \text{رابطهٔ (۲)}$$

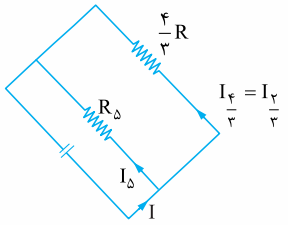
$$R_۵I_۵ = (R_{۱,۲,۳,۴})\,I_{R_۴}$$

$$\xrightarrow{\text{رابطه (۲)}} R_۵I_۵ = \frac{۴}{۳}R \times \frac{۳}{۲}I_۳$$

$$\Rightarrow R_۵I_۵ = ۲RI_۳ \Rightarrow \frac{I_۵}{I_۳} = \frac{۲R}{R_۵} \quad \text{رابطهٔ (۳)}$$

$$P_۳ = \frac{۱}{۳}P_۵ \Rightarrow RI_۳^۲ = \frac{۱}{۳}R_۵I_۵^۲ \Rightarrow \frac{۳R}{R_۵} = (\frac{I_۵}{I_۳})^۲$$

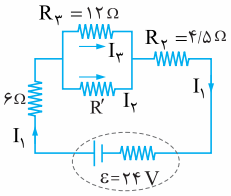
$$\xrightarrow{\text{رابطه (۳)}} \frac{۳R}{R_۵} = (\frac{۲R}{R_۵})^۲ = \frac{۴R^۲}{R_۵^۲} \Rightarrow R_۵ = \frac{۴}{۳}R$$



$R_۵$ و $R_{۱,۲,۳,۴}$ موازی هستند. حالا مقاومت معادل مدار را به دست می‌آوریم:

$$R_{eq} = \frac{R_۵ \times \frac{۴}{۳}R}{R_۵ + \frac{۴}{۳}R} = \frac{\frac{۴}{۳}R \times \frac{۴}{۳}R}{۲(\frac{۴}{۳}R)} = \frac{\frac{۱۶}{۹}R^۲}{\frac{۸}{۳}R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۲}{۳}R$$

۸- گزینه «۳»



$$P_{R_۲} = ۲P_{R'} \Rightarrow R_۲I_۱^۲ = ۲R'I_۲^۲ \Rightarrow ۴/۵\,I_۱^۲ = ۲R'I_۲^۲ \quad (۱)$$

مقاومت R' , $R_۳$ موازی هستند.

$$R_۳I_۳ = R'I_۲ \Rightarrow ۱۲\,I_۳ = R'I_۲$$

از طرفی

$$I_۳ + I_۲ = I_۱ \Rightarrow I_۳ = I_۱ - I_۲$$

بنابراین

$$۱۲(I_۱ - I_۲) = R'I_۲ \Rightarrow I_۲ = (\frac{۱۲}{R' + ۱۲})I_۱$$

حال مقدار $I_۲$ را در رابطهٔ (۱) قرار می‌دهیم.

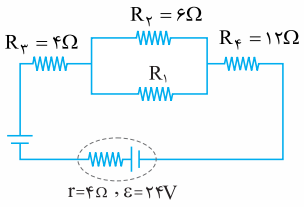
$$۴/۵\,I_۱^۲ = ۲R'((\frac{۱۲}{R'+۱۲})I_۱)^۲ \Rightarrow ۴/۵\,I_۱^۲ = ۲R'(\frac{۱۲}{R'+۱۲})^۲I_۱^۲$$

$$\Rightarrow ۴/۵ = ۲R' \times \frac{۱۴۴}{(R'+۱۲)^۲} \xrightarrow{\text{جایگذاری گزینه ها}} R' = ۳۶\,\Omega\,,\ R' = ۴\,\Omega$$

چون کم‌ترین مقاومت خواسته شده $R' = ۴\,\Omega$ جواب است.

۹- گزینه «۳»

وقتی کلید باز است، مدار مطابق شکل زیر است.

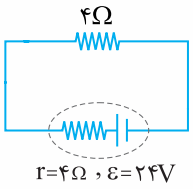


$R_۱$, $R_۲$ موازی $\Rightarrow R_{۱۲} = \frac{۶ \times R_۱}{۶ + R_۱}$

$R_۴$, $R_۳$, $R_{۱۲}$ متوالی $\Rightarrow R_{eq} = ۴ + \frac{۶\,R_۱}{۶ + R_۱} + ۱۲ = ۱۶ + \frac{۶\,R_۱}{۶ + R_۱}$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{۲۴}{R_{eq} + ۴}\,,\ V_{\text{مولد}} = R_{eq} \times I \Rightarrow V_{\text{مولد}} = R_{eq}(\frac{۲۴}{R_{eq} + ۴})$$

وقتی کلید بسته است، مدار مطابق شکل زیر است:



$$I' = \frac{\varepsilon}{۴ + r} \Rightarrow I' = \frac{۲۴}{۴ + ۴} = ۳\,A\,,\ V_{\text{مولد}} = ۴ \times I' = ۴ \times ۳ = ۱۲\,V$$

$$V'_{\text{مولد}} = ۰/۶\,V_{\text{مولد}} \Rightarrow ۱۲ = ۰/۶\,R_{eq}(\frac{۲۴}{R_{eq} + ۴})$$

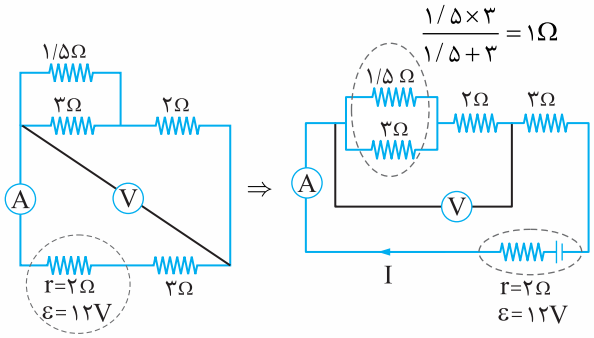
$$\Rightarrow ۲۰\,R_{eq} + ۸۰ = ۲۴\,R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = ۲۰\,\Omega$$

$$R_{eq} = ۱۶ + \frac{۶\,R_۱}{۶ + R_۱} \Rightarrow ۲۰ = ۱۶ + \frac{۶\,R_۱}{۶ + R_۱}$$

$$\Rightarrow ۲۴ + ۴\,R_۱ = ۶\,R_۱ \Rightarrow R_۱ = ۱۲\,\Omega$$

۱۰- گزینه «۳»

آمپرسنج آرمانی، مقاومتش صفر است و مثل سیم رسانا می‌ماند بنابراین مقاومت‌های ۴Ω و ۱۲Ω اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند و مدار مطابق شکل خواهد بود.



$$R_{eq}=1+2+3=6\Omega$$

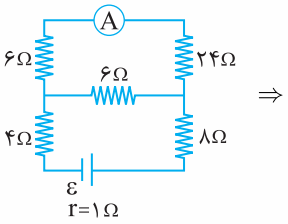
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{12}{6+2}=1/5\,A$$

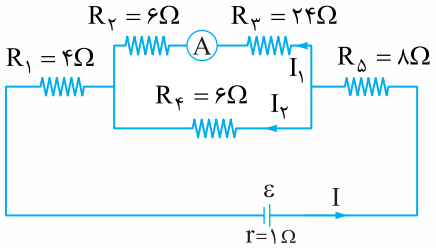
عدد آمپرسنج ۱/۵ آمپر است.

$$V_{\text{ولت سنج}}=(1+2)\times I\Rightarrow V_{\text{ولت سنج}}=3\times 1/5=4/5\,V$$

۱۱- گزینه «۱»

کلید باز:





متوالی $R_2 , R_3 \Rightarrow R_{23}=30\,\Omega$

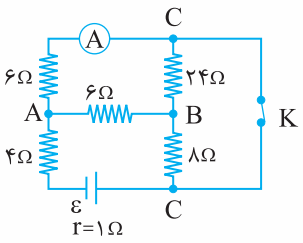
موازی R_4 , R_{23} $\begin{cases} R_{23}I_1=R_4I_2\Rightarrow I_2=5\,I_1 \\ R_{234}=\frac{30\times 6}{30+6}=5\,\Omega \end{cases}$

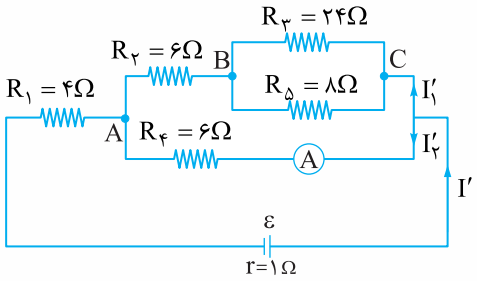
$$R_{eq}=R_1+R_{234}+R_5=4+5+8=17\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{\varepsilon}{17+1}=\frac{\varepsilon}{18},\ I=I_1+I_2$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon}{18}=I_1+5I_1\Rightarrow I_1=\frac{\varepsilon}{6\times 18}$$

کلید بسته:





موازی $R_3 , R_5 \Rightarrow R_{35}=\frac{24\times 8}{24+8}=6\,\Omega$

متوالی $R_2 , R_{35} \Rightarrow R_{235}=6+6=12\,\Omega$

موازی R_4 , R_{235} $\begin{cases} R_{2354}=\frac{12\times 6}{12+6}=4\,\Omega \\ R_{235}I'_1=R_4I'_2\Rightarrow I'_1=\frac{1}{2}I'_2 \end{cases}$

متوالی $R_{2354} , R_1 \Rightarrow R'_{eq}=4+4=8\,\Omega$

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I'=\frac{\varepsilon}{8+1}=\frac{\varepsilon}{9}$$

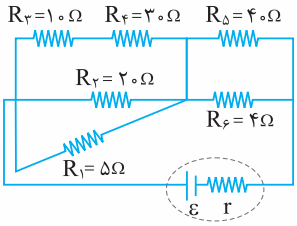
$$I'=I'_1+I'_2\Rightarrow \frac{\varepsilon}{9}=\frac{3}{2}I'_2$$

$$I'_2=\frac{2\varepsilon}{27}$$

$$\frac{I'_2}{I_1}=\frac{\frac{2\varepsilon}{27}}{\frac{\varepsilon}{6\times 18}}$$

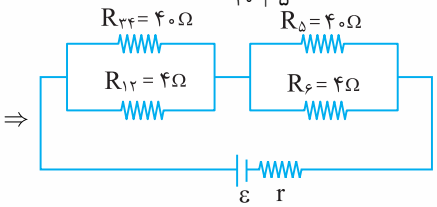
$$\frac{I'_1}{I_1}=\frac{6\times 18\times 2}{27}=8$$

۱۲- گزینه «۴»



R_3 , R_4 متوالی $\Rightarrow R_{34}=40\,\Omega$

R_2 , R_1 موازی $\Rightarrow R_{12}=\frac{20\times5}{20+5}=4\,\Omega$



R_{34} و R_{12} موازی هستند و دقیقاً R_5 و R_6 با مقاومت‌های مشابه موازی هستند و همچنین مقاومت معادل R_{12} و R_{34} با مقاومت معادل R_5 و R_6 متوالی هستند و ولتاژ دو سر مولد به صورت مساوی تقسیم می‌شود. به طوری که ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 , R_2 , R_5 , R_6 با هم مساوی هستند که آن را $\mathbf{V}$ فرض می‌کنیم. طبق رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، کم‌ترین مقاومت، بیش‌ترین توان مصرفی را خواهد داشت که همان R_6 است.

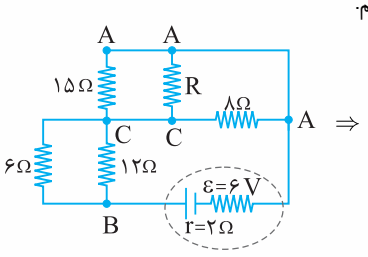
ولتاژ دو سر مجموعهٔ مقاومت‌های متوالی R_3 , R_4 , V است به طوری که $V_{R_4}=\frac{3V}{4}$ و $V_{R_3}=\frac{V}{4}$ است.

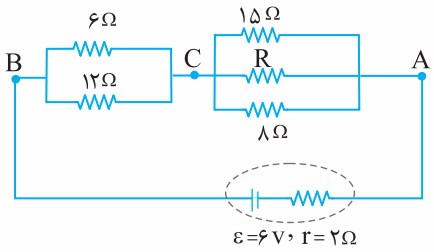
$$P_{R_3}=\frac{(\frac{V}{4})^2}{10}=\frac{V^2}{160}, P_{R_4}=\frac{(3\frac{V}{4})^2}{30}=\frac{9V^2}{480},$$

$$P_{R_6}=\frac{V^2}{4} \Rightarrow \text{بیش‌ترین } P_{R_6}$$

۱۳- گزینه «۲»

مدار را مطابق شکل، ساده می‌کنیم.

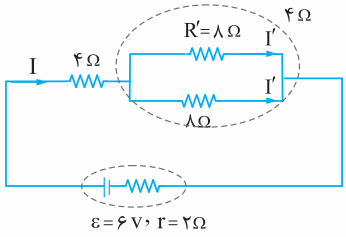




مجموعهٔ مقاومت‌های موازی $6\,\Omega$ و $12\,\Omega$ با مجموعهٔ مقاومت‌های موازی $15\,\Omega , R , 8\,\Omega$ متوالی هستند و چون $V_{8\,\Omega}=V_{6\,\Omega}$ است؛ مقاومت معادل $6\,\Omega$ و $12\,\Omega$ با مقاومت معادل $15\,\Omega , R , 8\,\Omega$ برابر باشد. اگر مقاومت معادل $15\,\Omega , R$ را با R' نمایش دهیم داریم:

$$\frac{6\times12}{6+12}=\frac{R'\times8}{R'+8} \Rightarrow R'=8\,\Omega$$

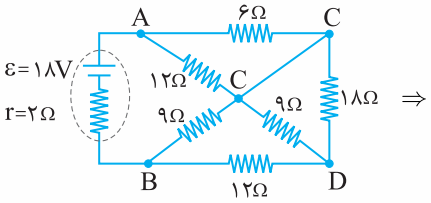
اکنون مدار مطابق شکل زیر خواهد بود و جریان گذرنده از R' و $8\,\Omega$ برابر است و مساوی نصف $\mathbf{I}$ است:

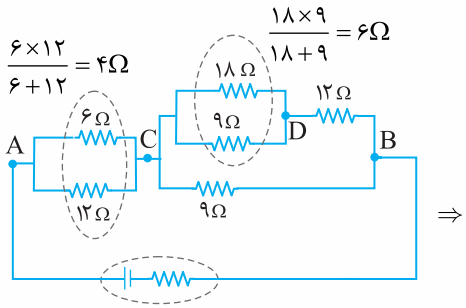


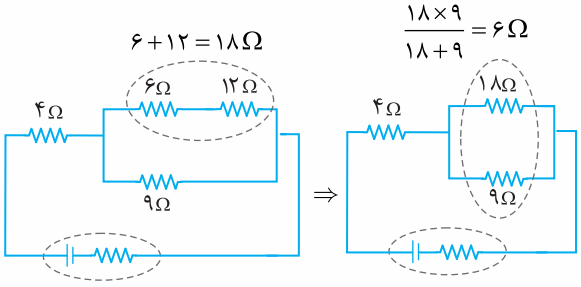
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{6}{4+4+2}=0/6\,A \Rightarrow I'=\frac{0/6}{2}=0/3\,A$$

۱۴- گزینه «۳»

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم:





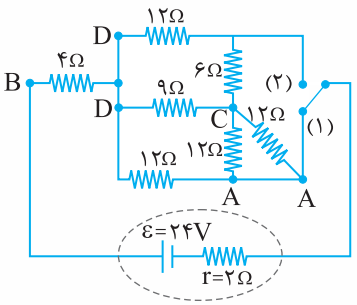


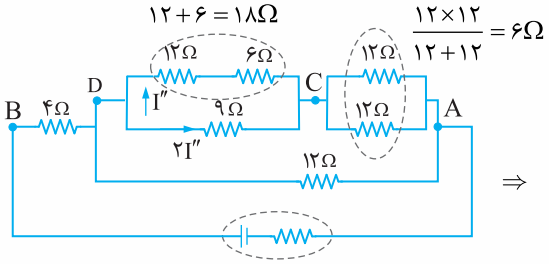
$$R_{eq}=4+6=10\,\Omega , I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{18}{10+2}=1/5\,A$$

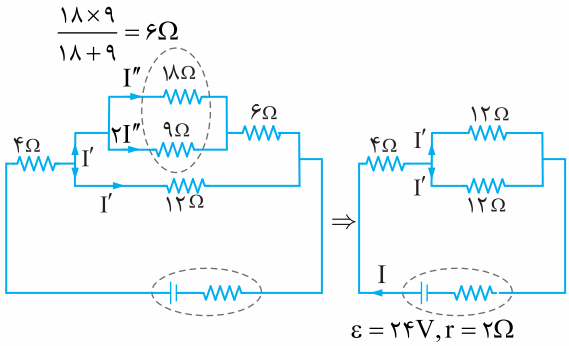
$$V_{\text{باتری}}=R_{eq}\times I=10\times1/5=15\,V$$

۱۵- گزینه «۲»

کلید ۱ بسته:





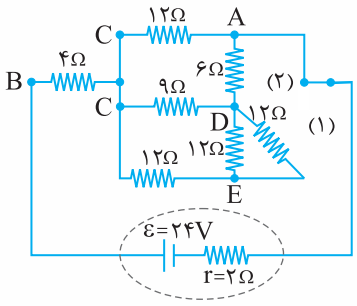


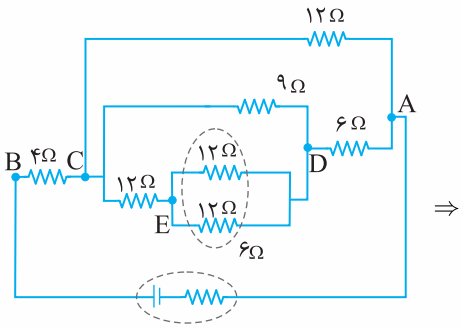
$$R_{eq}=۴+\frac{۱۲\times۱۲}{۱۲+۱۲}=۱۰\Omega\,,\,I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{۲۴}{۱۰+۲}=۲\,A$$

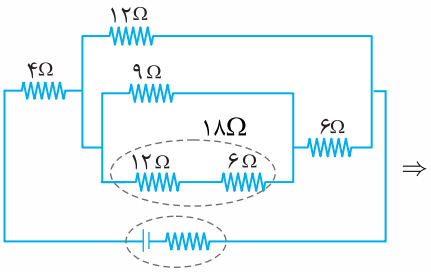
$$I=۲I'\,,\,I'=۱\,A\,,\,۳\,I''=I'\Rightarrow I''=\frac{۱}{۳}\,A$$

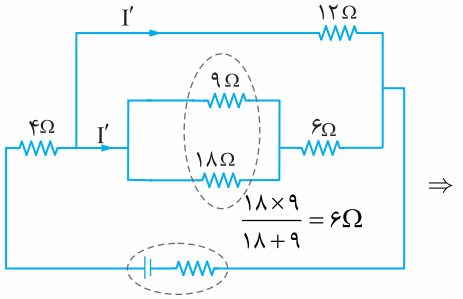
از مقاومت ۶ اهمی مدار اصلی $\frac{۱}{۳}$ A جریان می‌گذرد.

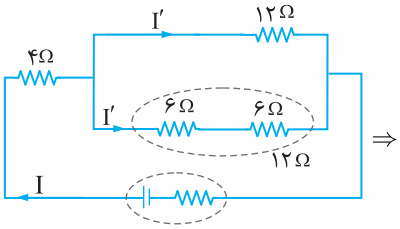
کلید ۲ بسته:











$$R_{eq}=۴+\frac{۱۲\times۱۲}{۱۲+۱۲}=۱۰\Omega$$

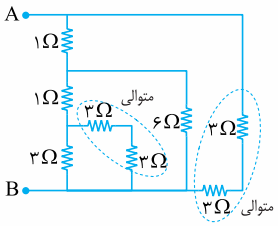
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۲۴}{۱۰+۲}=۲\,A\,,\,I'=\frac{I}{۲}=۱\,A\Rightarrow$$

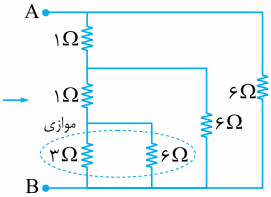
جریان گذرنده از ۶ مقاومت اهمی مدار اصلی ۱ آمپر است.

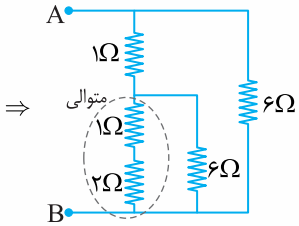
$$P=RI^{۲}\Rightarrow\frac{P'_{۶\Omega}}{P_{۶\Omega}}=\frac{۶\times۱^{۲}}{۶\times(\frac{۱}{۳})^{۲}}=۹$$

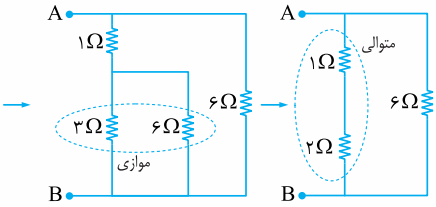
۱۶- گزینه «۲»

اگر کلید باز باشد:



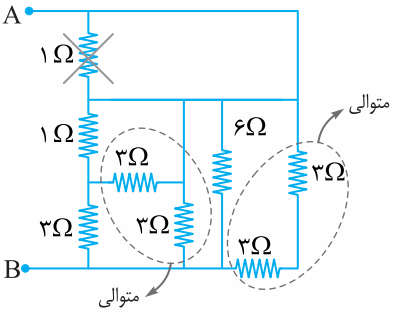


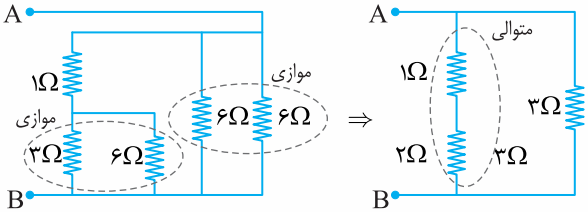




$$R_{eq_1}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\,\Omega$$

اگر کلید بسته باشد، داریم:



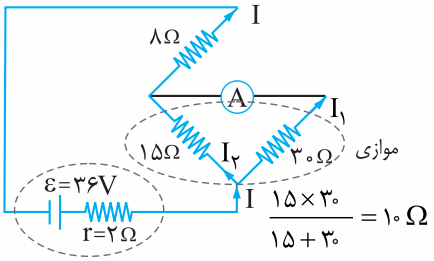


$$R_{eq_2}=\frac{۳}{۲}=۱/۵\,\Omega$$

$$R_{eq_1}-R_{eq_2}=۲-۱/۵=۰/۵\,\Omega$$

۱۷- گزینه «۴»

کلید باز:



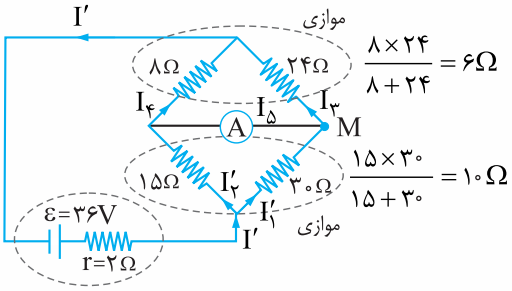
$$R_{eq}=۱۰+۸=۱۸\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۳۶}{۱۸+۲}=۱/۸\,A$$

$$۳۰\,I_۱=۱۵\,I_۲\ \Rightarrow\ I_۲=۲\,I_۱$$

$$I_۱+I_۲=I\ \Rightarrow\ ۳\,I_۱=۱/۸\ \rightarrow\ I_۱=۰/۶\,A$$ جریان آمپرسنج

کلید بسته:



$$R'_{eq}=۶+۱۰=۱۶\,\Omega$$

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۳۶}{۱۶+۲}=۲\,A$$

$$۳۰\,I'_۱=۱۵\,I'_۲\ \Rightarrow\ I'_۲=۲\,I'_۱$$

$$I'_۱+I'_۲=I'\ \Rightarrow\ ۳\,I'_۱=۲\ \Rightarrow\ I'_۱=\frac{۲}{۳}\,A$$

$$۲۴\,I_۳=۸\,I_۴\ \Rightarrow\ I_۴=۳\,I_۳$$

$$I_۳+I_۴=I'\ \Rightarrow\ ۴I_۳=۲\ \Rightarrow\ I_۳=\frac{۱}{۲}\,A$$

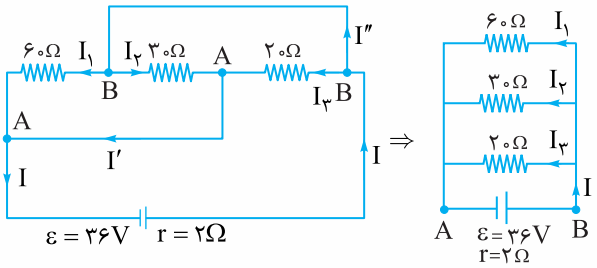
$$M: I'_۱+I_۵+I_۳=۰\ \Rightarrow\ \frac{۲}{۳}+I_۵-\frac{۱}{۲}=۰\ \Rightarrow\ I_۵=-\frac{۱}{۶}\,A$$

جریان $I_۵$ که از آمپرسنج می‌گذرد $\frac{۱}{۶}\,A$ و از گره **M** خارج می‌شود.

$$\Delta I_{\text{آمپرسنج}}=\frac{۱}{۶}-۰/۶=\frac{۱}{۶}-\frac{۶}{۱۰}=\frac{۱۰-۳۶}{۶۰}=-\frac{۲۶}{۶۰}=-\frac{۱۳}{۳۰}\,A$$

۱۸- گزینه «۳»

هر سه مقاومت موازی هستند.



$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۶۰}+\frac{۱}{۳۰}+\frac{۱}{۲۰} \Rightarrow R_{eq}=۱۰\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{۳۶}{۱۰+۲}=۳\,A$$

$$V_{مولد}=R_{eq}\times I=۱۰\times ۳=۳۰\,V$$

ولتاژ دو سر همهٔ مقاومت‌ها، همان $V_{مولد}$ است:

$$I_R=\frac{V_{مولد}}{R}\begin{cases} I_۱=\frac{۳۰}{۶۰}=۰/۵\,A \\ I_۲=\frac{۳۰}{۳۰}=۱\,A \\ I_۳=\frac{۳۰}{۲۰}=۱/۵\,A \end{cases}$$

با توجه به جریان‌های مشخص شده در مدار اصلی در **A** در سمت چپ شکل داریم:

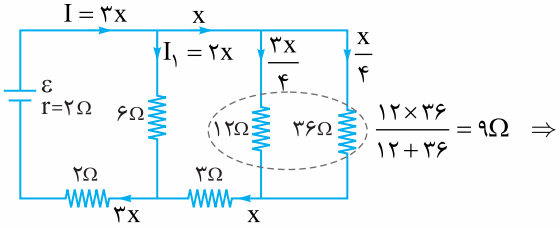
$$I_۱+I'=I \Rightarrow ۰/۵+I'=۳ \Rightarrow I'=۲/۵\,A$$

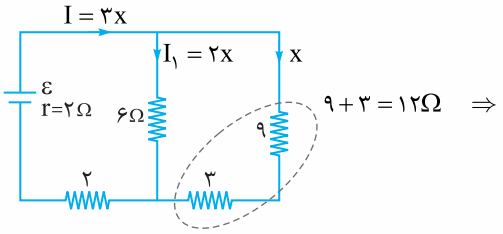
یا می‌توانستیم گره **A** بین مقاومت ۲۰ اهمی و ۳۰ اهمی را درنظر بگیریم:

$$I'=I_۲+I_۳ \Rightarrow I'=۱+۱/۵=۲/۵\,A$$

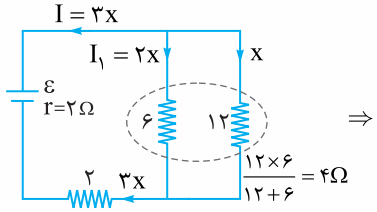
۱۹- گزینه «۴»

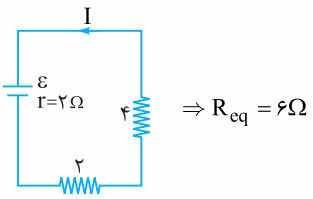
مدار را مرحله به مرحله ساده‌تر رسم می‌کنیم و تقسیم جریان‌ها را انجام می‌دهیم.





حال توان مصرفی مقاومت‌ها را در مدار اولیه با هم مقایسه می‌کنیم:





$$P=RI^۲ \Rightarrow P_{۲\Omega}=۲(۳x)^۲=۱۸x^۲,$$

$$P_{۶\Omega}=۶(۲x)^۲=۲۴x^۲, P_{۳\Omega}=۳(x)^۲=۳x^۲$$

بین مقاومت‌های موازی ۳۶ اُهمی و ۱۲ اُهمی، طبق $P=\frac{V^۲}{R}$ حتماً مقاومت ۱۲ اهمی توان مصرفی بیشتری دارد و

$$P_{۱۲\Omega}=۱۲(\frac{۳x}{۴})^۲=\frac{۲۷}{۴}x^۲$$

با توجه به توان‌های محاسبه شده متوجه می‌شویم که توان مصرفی مقاومت ۶ اُهمی از همه بیشتر است و ولتاژ دو سر این مقاومت برابر ۱۲ V است.

$$V_{۶\Omega}=۱۲\,V \Rightarrow ۶\times I_۱=۱۲ \Rightarrow I_۱=۲\,A \xrightarrow{I_۱=۲x} ۲x=۲ \Rightarrow x=۱$$

$$\xrightarrow{I=۳x} I=۳\,A \; I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow ۳=\frac{\varepsilon}{۶+۲} \Rightarrow \varepsilon=۲۴\,V$$

توجه: برای تقسیم جریان‌ها از شکل مرحله ۳ به شکل مرحلهٔ ۱، تقسیم جریان‌ها انجام داده‌ایم و جریان مقاومت ۱۲ اهمی در مرحلهٔ ۳ را **x** درنظر گرفتیم.

۲۰- گزینه «۴»

اگر در یک مدت معین انرژی مصرفی مقاومت $R_۱$، ۳ برابر انرژی مصرفی مقاومت $R_۲$ باشد. یعنی:

$$P_{R_۱}=۳P_{R_۲}$$

مقاومت‌های $R_۲, R_۳$ موازی هستند و ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر است.

$$P=\frac{V^۲}{R} \Rightarrow \frac{P_{R_۳}}{P_{R_۲}}=\frac{R_۲}{R_۳} \Rightarrow P_{R_۳}=\frac{R_۲}{۱۲}\times P_{R_۲}$$

مقاومت معادل $R_۲, R_۳$ را با $R_{۲۳}$ نمایش می‌دهیم. توان مصرفی مقاومت معادل $R_۲, R_۳$ را با $P_{R_{۲۳}}$ نمایش می‌دهیم و داریم:

$$P_{R_{۲۳}}=P_{R_۲}+P_{R_۳} \Rightarrow P_{R_{۲۳}}=P_{R_۲}+\frac{R_۲}{۱۲}P_{R_۲}$$

$$\Rightarrow P_{R_{۲۳}}=(۱+\frac{R_۲}{۱۲})P_{R_۲}$$

مقاومت $R_{۲۳}$ با مقاومت $R_۱$ متوالی است و برای مقایسهٔ توان‌های آن‌ها از $P=RI^۲$ داریم:

$$\frac{P_{R_۱}}{P_{R_{۲۳}}}=\frac{R_۱}{R_{۲۳}} \Rightarrow P_{R_۱}=\frac{۸}{R_{۲۳}}\times P_{R_{۲۳}} \xrightarrow{R_{۲۳}=\frac{۱۲R_۲}{۱۲+R_۲}}$$

$$P_{R_۱}=\frac{۸(۱۲+R_۲)}{۱۲R_۲}\times(۱+\frac{R_۲}{۱۲})P_{R_۲}$$

$$\xrightarrow{P_{R_۱}=۳P_{R_۲}} ۳\cancel{P_{R_۲}}=\frac{۸(۱۲+R_۲)}{۱۲R_۲}(\frac{R_۲+۱۲}{۱۲})\cancel{P_{R_۲}} \Rightarrow ۳=\frac{(R_۲+۱۲)^۲}{۱۸R_۲}$$

$$\Rightarrow ۵۴R_۲=(R_۲+۱۲)^۲ \xrightarrow{\text{جایگذاری گزینه ها}} R_۲=۲۴\,\Omega$$