فهرست

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری ۷

فصل دوم: کار، انرژی و توان ۱۶

فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد ۴۰

فصل چهارم: دما و گرما ۵۸

فصل پنجم: الکتریسیتهٔ ساکن ۸۰

فصل ششم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۱۳

فصل هفتم: مغناطیس و القای الکترومغناطیسی ۱۵۰

فصل هشتم: حرکت بر خط راست ۱۸۳

فصل نهم: دینامیک ۲۱۹

فصل دهم: نوسان و امواج ۲۵۲

فصل یازدهم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای ۳۰۶

کنکور سراسری ۱۴۰۰ ..... ۳۳۳

پاسخ‌نامهٔ کنکور سراسری ۱۴۰۰ ..... ۳۴۳

پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۳۶۶

راهنمای آیکون‌های کتاب:

نکته | توجه | هشدار

مثال | پاسخ | حواستان باشد

یادآوری

فصل ششم
جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

رابطهٔ جریان و بار الکتریکی

بین جریان الکتریکی یکنواخت و باری که از یک مقطع سیم می‌گذرد، رابطهٔ زیر برقرار است:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}\leftarrow \begin{matrix}\text{جریان الکتریکی (A)}\\ \text{بار الکتریکی (C)}\\ \text{زمان (s)}\end{matrix} \Rightarrow \boxed{\Delta q=I(\Delta t)} \quad \text{و} \quad q=\pm ne$$

آمپرساعت (Ah) : واحد دیگری برای بار الکتریکی است که مقدار آن از رابطهٔ $\Delta q=I(\Delta t)$ به دست می‌آید:

$$q=1A\times 1h=1Ah \xrightarrow{1h=3600s} 1Ah=3600As \xrightarrow{1As=1C} 1Ah=3600C$$

جریان ۴/۸ mA در مدت ۵ s از مداری می‌گذرد. در این مدت، چه تعداد الکترون آزاد از یک سطح مقطع مدار عبور کرده است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$)

۱) $1/5\times10^{16}$ ۲) $1/5\times10^{17}$ ۳) $1/5\times10^{18}$ ۴) 15×10^{19}

گزینهٔ «۲»

$$\left.\begin{matrix}q=ne\\ q=I(\Delta t)\end{matrix}\right\} \Rightarrow ne=I(\Delta t) \Rightarrow n=\frac{I(\Delta t)}{e}=\frac{4/8\times10^{-3}\times5}{1/6\times10^{-19}}=15\times10^{16}=1/5\times10^{17}$$

مقاومت الکتریکی و قانون اهم

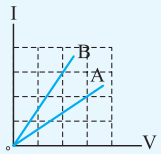
رساناهای الکتریکی دو نوع هستند: ۱ اهمی ۲ غیراهمی

قانون اهم: در رساناهای اهمی نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان عبوری از آن در دمای ثابت، مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می‌گوییم.

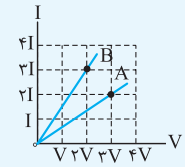
$$R=\frac{V}{I}\rightarrow \begin{matrix}\text{اختلاف پتانسیل (V)}\\ \text{جریان الکتریکی (A)}\end{matrix} \Rightarrow \boxed{V=IR} \leftarrow \text{مقاومت الکتریکی } (\Omega)$$

در رساناهای غیراهمی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر رسانا، مقاومت (یا همان نسبت $\frac{V}{I}$) تغییر می‌کند. مانند: دیود نورگسیل (LED).

شکل زیر، رابطهٔ بین جریان عبوری از مقاومت‌های A و B و اختلاف پتانسیل دو سر آن مقاومت‌ها را نشان می‌دهد. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟ (ریاضی ۹۸)



۱) $\frac{4}{9}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) $\frac{9}{4}$



گزینهٔ «۱» با توجه به نمودار روبه‌رو، از فرمول $R=\frac{V}{I}$ به طور نسبتی برای نقاط مشخص‌شده استفاده می‌کنیم:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow\frac{R_B}{R_A}=\frac{V_B}{V_A}\times\frac{I_A}{I_B}=\frac{۲V}{۳V}\times\frac{۲I}{۳I}=\frac{۲}{۳}\times\frac{۲}{۳}=\frac{۴}{۹}$$

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

اندازهٔ مقاومت الکتریکی یک جسم در دمای ثابت به جنس، طول و سطح مقطع آن بستگی دارد:

$R=\rho\frac{L}{A}$ ← مقاومت (Ω) ، L → طول (m) ، A → سطح مقطع $(m^۲)$ ، ρ → مقاومت ویژه

مقاومت ویژه (ρ) کمیتی است که به جنس و دمای جسم بستگی دارد و یکای آن اهم‌متر $(\Omega.m)$ است.

تأثیر دما بر مقاومت ویژه: با افزایش دما مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی افزایش و مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها کاهش می‌یابد.

ابررسانایی: در برخی مواد (مانند جیوه و قلع) با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی ناگهان صفر می‌شود و در دماهای پایین‌تر صفر می‌ماند. به این پدیده ابررسانایی می‌گوییم.

دو سیم فلزی A و B دارای طول و مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. اگر جرم سیم B، $\frac{۲}{۳}$ جرم سیم A بوده و چگالی آن $\frac{۱}{۳}$ چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژهٔ سیم B چند برابر مقاومت ویژهٔ سیم A است؟ (تجربی ۹۵ ـ مشابه ریاضی ۹۰ ـ مشابه ریاضی خارج ۹۰)

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) ۳ ۴) ۲

گزینهٔ «۴»

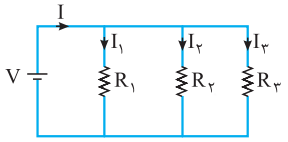
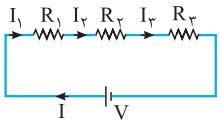
$$R_A=R_B\Rightarrow\frac{\rho_A\cancel{L}}{A_A}=\frac{\rho_B\cancel{L}}{A_B}\Rightarrow\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{A_B}{A_A}\quad(۱)$$

$$\frac{\text{چگالی B}}{\text{چگالی A}}=\frac{m_B}{m_A}\times\frac{V_A}{V_B}\xrightarrow{V=AL}\frac{۱}{۳}=\frac{۲}{۳}\times\frac{A_A\cancel{L}}{A_B\cancel{L}}\Rightarrow\frac{A_B}{A_A}=۲\xrightarrow{(۱)}\frac{\rho_B}{\rho_A}=۲$$

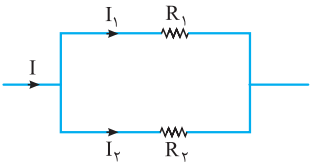
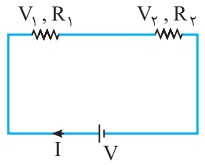
به‌هم‌بستن مقاومت‌ها

مقاومت‌ها را به دو صورت به یکدیگر متصل می‌کنند: ۱ موازی ۲ متوالی (سری)

در جدول زیر، ویژگی‌های آن‌ها را با هم مقایسه می‌کنیم:

موازی	متوالی (سری)
 اگر دو سر یک مقاومت مستقیماً به دو سر یک مقاومت دیگر متصل باشد، اتصال آن‌ها موازی است.	 اگر فقط یک سر دو مقاومت با سیم مستقیم به هم متصل باشند و بین آن‌ها هیچ انشعابی نباشد، اتصال آن‌ها متوالی است.

ادامهٔ جدول در صفحهٔ بعد

موازی	متوالی (سری)
$V = V_۱ = V_۲ = V_۳$	$I = I_۱ = I_۲ = I_۳$
$I = I_۱ + I_۲ + I_۳$	$V = V_۱ + V_۲ + V_۳$
$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}$	$R_{eq} = R_۱ + R_۲ + R_۳$ مقاومت معادل
اگر فقط دو مقاومت به صورت موازی به هم وصل باشند: $R_{eq} = \frac{\text{ضربشون}}{\text{جمعشون}} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲}$	
مقاومت معادل، از کوچک‌ترین مقاومت نیز کوچک‌تر است.	مقاومت معادل، از بزرگ‌ترین مقاومت نیز بزرگ‌تر است.
اگر n مقاومت مشابه به هم متصل باشند:	
$R_{eq} = \frac{R}{n}$	$R_{eq} = nR$
از مقاومت بزرگ‌تر، جریان کم‌تری عبور می‌کند. $I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V \text{ در همه یکسان است.}} \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$	ولتاژ دو سر مقاومت بزرگ‌تر، بیشتر است. $V = IR \xrightarrow{I \text{ در همه یکسان است.}} \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{R_۲}{R_۱}$
 $I_۱ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} I \ , \ I_۲ = \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲} I$	 $V_۱ = \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲} V \ , \ V_۲ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} V$

حداقل چند مقاومت ۴۰ اهمی را باید به هم وصل کنیم تا از یک منبع برق ۱۲۰ ولتی، شدت جریان الکتریکی A ۱۵ بگیریم؟ *(ریاضی ۹۴)*

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

گزینهٔ «۳» قانون اهم را می‌نویسیم تا اندازهٔ مقاومت معادل مورد نیاز را به دست آوریم:

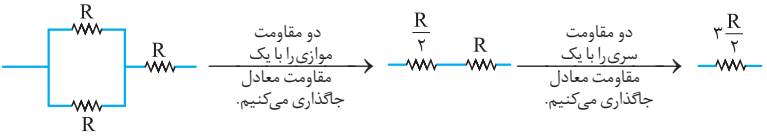
$$R = \frac{V}{I} = \frac{۱۲۰}{۱۵} = ۸\,\Omega$$

برای این‌که مقاومت معادل کم‌تر از هر یک از مقاومت‌ها باشد، باید حتماً آن‌ها را به صورت موازی به هم متصل کنیم.

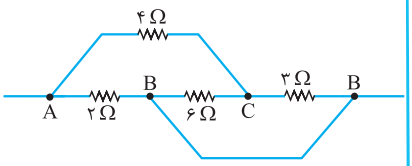
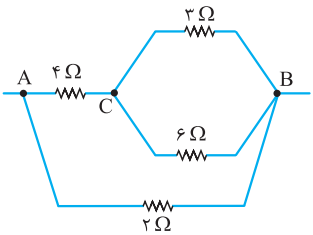
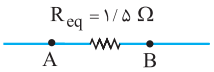
$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow ۸ = \frac{۴۰}{n} \Rightarrow n = ۵$: مقاومت معادل در اتصال موازی n مقاومت مشابه

مدارهای ترکیبی مقاومت: گاهی با مدارهای پیچیده‌تری از اتصال مقاومت‌ها روبه‌رو می‌شویم که هم شامل اتصال‌های موازی و هم اتصال‌های سری هستند. در این‌گونه موارد باید مرحله به مرحله مدار را ساده کنیم و در هر مرحله، به جای دو یا چند مقاومت موازی یا متوالی، یک مقاومت معادل را قرار دهیم.

یک مثال ساده:



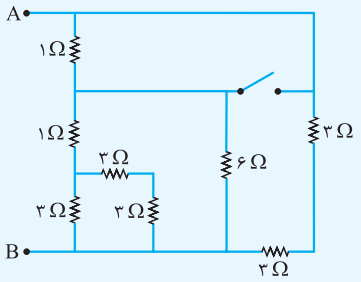
روش نام‌گذاری گره‌ها: در اتصال‌های پیچیده‌تر مقاومت‌ها، مقاومت معادل را با روش نام‌گذاری گره‌ها تعیین می‌کنیم.

مراحل روش نام‌گذاری گره‌ها	مثال
۱) به هر گره (یعنی محلی که حداقل سه انشعاب داشته باشد) یک نام اختصاص می‌دهیم. تمام گره‌های هم‌پتانسیل (یعنی گره‌هایی که با سیم بدون مقاومت به هم متصل هستند)، باید هم‌نام باشند.	
۲) گره‌های ابتدا، انتها و میانی را به ترتیب در شکل جدیدی رسم می‌کنیم.	
۳) تک‌تک مقاومت‌هایی که در شکل اصلی هستند را با توجه به این‌که بین کدام دو گره قرار دارند، در شکل جدید رسم می‌کنیم.	
۴) با توجه به سری یا موازی بودن مقاومت‌ها در شکل ساده‌شده‌ای که در مرحلهٔ ۳ به دست آمد، مقاومت معادل را تعیین می‌کنیم.	

مقاومت‌هایی که دو سر آن‌ها با یک سیم به هم متصل شوند، اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شوند.

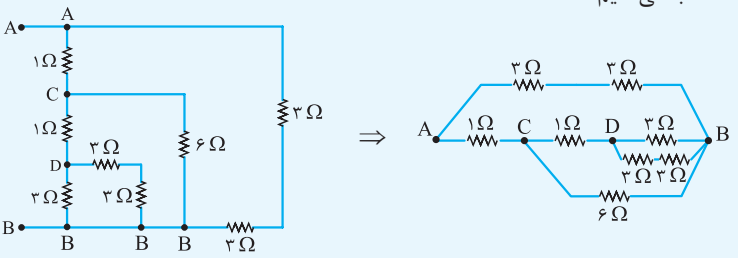
در اتصال موازی مقاومت‌ها، اگر یکی از شاخه‌ها اتصال کوتاه شود، بقیهٔ مقاومت‌های موازی نیز اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شوند.

در مدار روبه‌رو، ابتدا کلید باز است. اگر کلید بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۲۵ (تجربی خارج ۹۳ - مشابه ریاضی خارج ۹۲)
۲) ۰/۵
۳) ۰/۷۵
۴) ۱/۲۵

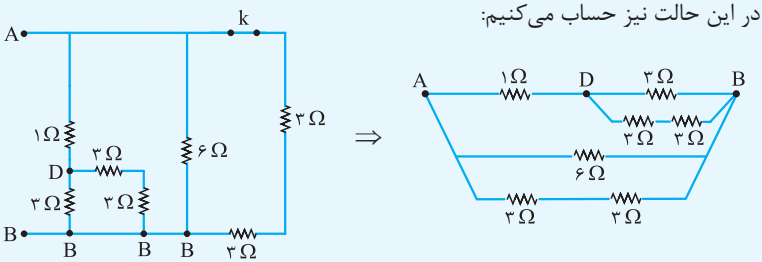
گزینهٔ «۲» در حالتی که کلید باز است، مقاومت معادل بین A و B را با روش نام‌گذاری گره‌ها حساب می‌کنیم:



با محاسبهٔ مقاومت معادل در شکل ساده‌شدهٔ بالا می‌رسیم به:

$R_{AB} = ۲\,\Omega$ در حالت کلید باز

وقتی کلید بسته می‌شود، مقاومت ۱Ω بالایی اتصال کوتاه شده و حذف می‌شود. مقاومت معادل را در این حالت نیز حساب می‌کنیم:

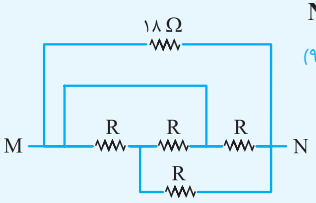


در شکل ساده‌شدهٔ بالا می‌رسیم به:

$R_{AB} = ۱/۵\,\Omega$ در حالت کلید بسته

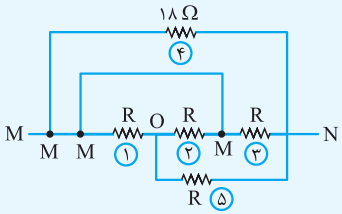
$\Rightarrow$ تغییر مقاومت معادل $= ۲ - ۱/۵ = ۰/۵\,\Omega$

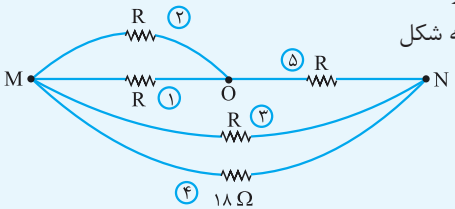
در مدار مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ M و N برابر $\frac{R}{۲}$ است. R چند اهم است؟ (ریاضی ۹۸)



۱) ۱۸
۲) ۱۲
۳) ۶
۴) ۳

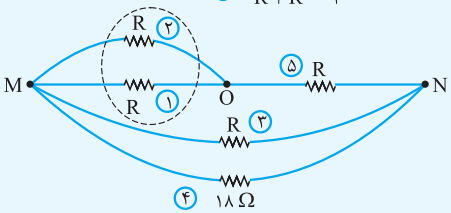
گزینهٔ «۳» **گام اول** ابتدا به کمک تکنیک نام‌گذاری مدار را به شکل ساده‌تری رسم می‌کنیم. با توجه به سه نقطهٔ M، N و O که در مدار مشخص کرده‌ایم، می‌توانیم بگوییم مقاومت‌های (۱) و (۲) بین دو نقطهٔ M و O، مقاومت‌های (۳) و (۴) بین دو نقطهٔ M و N و مقاومت (۵) بین دو نقطهٔ O و N است، یعنی می‌توانیم مدار را به شکل مقابل درآوریم:





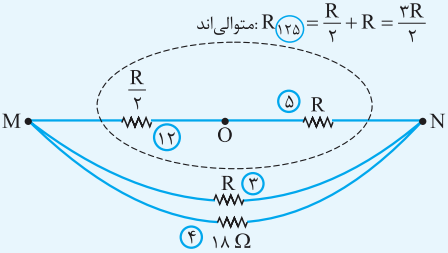
گام دوم در این مدار مقاومت‌های (۱) و (۲) با هم موازی‌اند؛ پس:

موازی‌اند: $R_{(۱۲)}=\frac{R\times R}{R+R}=\frac{R}{۲}$

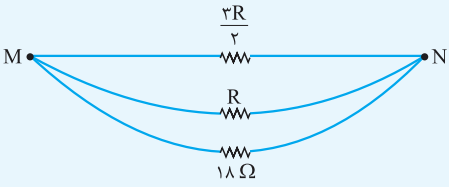


$\Rightarrow$

متوالی‌اند: $R_{(۱۲۵)}=\frac{R}{۲}+R=\frac{۳R}{۲}$



در مدار زیر ۳ مقاومت موازی‌اند و مقاومت معادلشان برابر $\frac{R}{۲}$ است؛ پس:

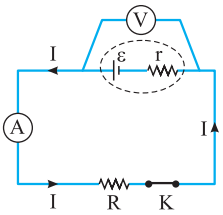


$$\frac{۱}{\frac{۳R}{۲}}+\frac{۱}{R}+\frac{۱}{۱۸}=\frac{۱}{\frac{R}{۲}}$$

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

$$\Rightarrow R=۶\,\Omega$$

معرفی و بررسی مدار تک‌حلقهٔ تک‌باتری



شکل روبه‌رو، یک مدار تک‌حلقهٔ تک‌باتری است. در این‌جا اجزای این مدار را معرفی کرده و به بررسی آن می‌پردازیم.

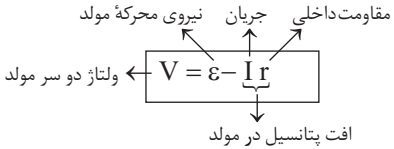
مولد الکتریکی (منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی؛ —|—|— یا —(ε r)—): مولدها با ایجاد اختلاف پتانسیل، باعث حرکت بارهای الکتریکی در مدار می‌شوند.

نیروی محرکهٔ الکتریکی (ε): کاری است که مولد روی واحد بار مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه‌ای با پتانسیل کم‌تر به پایانه‌ای با پتانسیل بیشتر ببرد.

نیروی محرکهٔ الکتریکی از جنس نیرو نیست و واحد آن در SI ولت است و $\text{ولت} = \frac{\text{ژول}}{\text{کولن}}$.

افت پتانسیل در مولد

به مقاومتی که مولد در مقابل عبور جریان از خود نشان می‌دهد، مقاومت داخلی مولد (r) می‌گوییم. هنگام عبور جریان از مولد، وجود مقاومت داخلی باعث افت پتانسیل در مولد می‌شود:



مقاومت (—R—): مقاومت‌ها انرژی الکتریکی را به صورت‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌کنند. عبور جریان از یک مقاومت باعث افت پتانسیل به اندازهٔ IR می‌شود.

مقاومت متغیر (رئوستا یا پتانسیومتر؛ —/— یا —↘—): هم در اتصال موازی و هم در اتصال متوالی مقاومت‌ها، افزایش مقاومت متغیر باعث افزایش مقاومت معادل (R_{eq}) در مدار می‌شود و کاهش مقاومت متغیر، مقاومت معادل را کاهش می‌دهد.

کلید (—K—): کلید باز به معنای قطع جریان است و کلید بسته را باید مثل یک سیم در نظر گرفت. بستن کلید باعث کاهش مقاومت معادل (R_{eq}) مدار می‌شود.

جریان مدار تک‌حلقه

جریان کل در یک مدار تک‌حلقه به صورت زیر است:

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

ε: نیروی محرکهٔ کل مدار (V)
R_{eq}: مقاومت معادل درونی (Ω)
I: جریان کل مدار (A)
r: مقاومت معادل بیرونی (Ω)

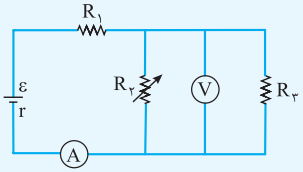
اگر در یک مدار، چند مقاومت موازی وجود داشته باشد، می‌توان آن‌ها را با یک مقاومت معادل جایگزین کرده و مدار را به صورت متوالی (تک‌حلقه) در نظر گرفت. در این حالت، رابطهٔ بالا جریان عبوری از شاخهٔ اصلی (جریان عبوری از مولد) را به دست می‌دهد.

ولت‌سنج (—(V)—): ولت‌سنج را به صورت **موازی** به دو سر مولد یا مقاومت می‌بندیم. مقاومتِ یک ولت‌سنج ایده‌آل بی‌نهایت است و به همین دلیل اگر ولت‌سنج در شاخه‌ای از مدار قرار بگیرد، جریان در آن شاخه قطع می‌شود.

آمپرسنج (—Ⓐ—): برای اندازه‌گیری جریان در مدار، آمپرسنج را در مسیر جریان (یعنی به صورت **متوالی**) قرار می‌دهیم. مقاومت یک آمپرسنج ایده‌آل صفر است و اگر به صورت موازی با یک مقاومت بسته شود، آن مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شود.

- وقتی یک خازن پر در مدار قرار می‌گیرد، مانند کلید قطع عمل کرده و جریان از آن عبور نمی‌کند.

در مدار زیر، با افزایش مقاومت R_2، شدت جریانی که آمپرسنج A نشان می‌دهد و اختلاف پتانسیلی که ولت‌سنج V نشان می‌دهد، چگونه تغییر می‌کنند؟ (به ترتیب از راست به چپ)



(ریاضی ۹۵ ـ مشابه تجربی ۹۴ ـ مشابه ریاضی خارج ۹۴)

۱) کاهش ـ کاهش
۲) کاهش ـ افزایش
۳) افزایش ـ افزایش
۴) افزایش ـ کاهش

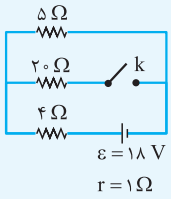
گزینهٔ «۲»

R_2 افزایش $\Rightarrow$ R_{23} افزایش مقاومت معادل

$\Rightarrow (R_{eq})$ افزایش مقاومت کل مدار $\xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}}$ کاهش جریان

$\Rightarrow R_1$ نسبت به R_{23} افزایش سهم ولتاژ مقاومت معادل $\Rightarrow$ افزایش عدد ولت‌سنج

در مدار روبه‌رو، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵ اهمی چگونه تغییر می‌کند؟

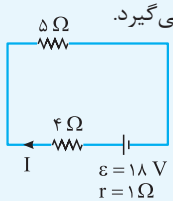


(ریاضی ۹۹ ـ مشابه ریاضی خارج ۹۴)

۱) ۸ ولت کاهش می‌یابد.
۲) ۸ ولت افزایش می‌یابد.
۳) یک ولت کاهش می‌یابد.
۴) یک ولت افزایش می‌یابد.

گزینهٔ «۳»

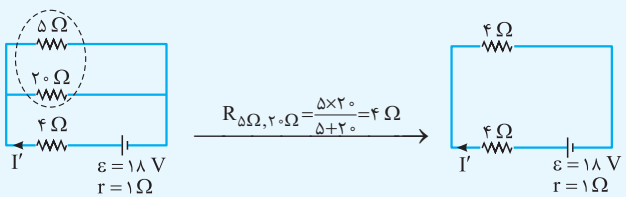
گام اول قبل از بستن کلید، جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $5\,\Omega$ را به دست می‌آوریم. در این حالت مقاومت $20\,\Omega$ در مدار قرار نمی‌گیرد.



$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{18}{5+4+1}=1/8\ A$$

$$V_{5\Omega}=RI=5\times 1/8=9\ V$$

گام دوم با بستن کلید، مقاومت $20\,\Omega$ به مدار اضافه می‌شود. در این حالت جریان عبوری از باتری برابر است با:



$$R'_{eq} = ۴ + ۴ = ۸\,\Omega$$

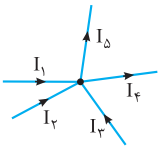
$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۱۸}{۸ + ۱} = ۲\,A$$

گام سوم اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $۵\,\Omega$ همان اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل $۴\,\Omega$ می‌باشد که برابر است با:

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

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

قاعدهٔ انشعاب[۱]



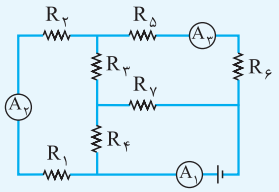
جمع جریان‌هایی که به یک گره (انشعاب) وارد می‌شود با جمع جریان‌هایی که از آن گره خارج می‌شود برابر است.

$$I_۱ + I_۲ + I_۳ = I_۴ + I_۵$$

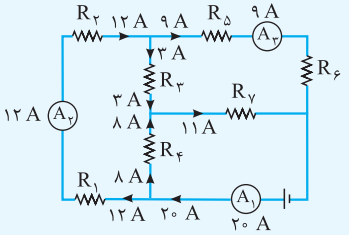
در مدار مقابل، آمپرسنج‌های $A_۱$، $A_۲$ و $A_۳$ به ترتیب جریان‌های $۲۰\,A$، $۱۲\,A$ و $۹\,A$ را نشان می‌دهند. از مقاومت $R_۷$ جریان چند آمپر عبور می‌کند؟ (ریاضی ۹۷)

۱) ۳ ۲) ۴

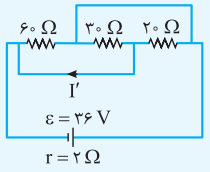
۳) ۸ ۴) ۱۱



گزینهٔ «۴» جمع جریان‌های ورودی به هر گره با جریان‌های خروجی از آن برابر است. تقسیم جریان‌ها را روی شکل ببینید.



در مدار روبه‌رو، I' چند آمپر است؟ (ریاضی ۹۲)



۱) صفر

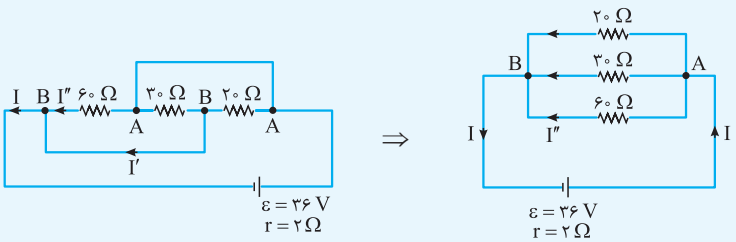
۲) ۰/۵

۳) ۲/۵

۴) ۱/۵

۱- این قاعدهٔ ساده به طور مستقیم در سر فصل‌های کتاب تجربی نیامده ولی یادگرفتن آن به فهم و حل راحت‌تر برخی از مسائل کمک می‌کند.

گزینهٔ «۳» با روش نام‌گذاری گره‌ها می‌توانیم شکل ساده‌تری از مدار رسم کنیم:



با توجه به شکل سمت چپ: $I = I' + I''$

برای محاسبهٔ I' لازم است I و I'' را به دست آوریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{۶۰} = \frac{۳+۲+۱}{۶۰} \Rightarrow R_{eq} = ۱۰\,\Omega \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I = \frac{۳۶}{۱۰+۲} = ۳\,A$$

حالا با استفاده از I، ولتاژ دو سر مقاومت $۶۰\,\Omega$ و جریان عبوری از آن را حساب می‌کنیم:

$$V = \varepsilon - Ir = ۳۶ - ۳\times۲ = ۳۰\,V \Rightarrow I'' = \frac{V}{R} = \frac{۳۰}{۶۰} = ۰/۵\,A$$

$$\Rightarrow I' = I - I'' = ۳ - ۰/۵ = ۲/۵\,A$$

تکنیک می‌توانستیم از روش تسهیم به نسبت جریان بین مقاومت‌های موازی استفاده کنیم. در این روش، جریان گذرنده از بزرگ‌ترین مقاومت (که کوچک‌ترین جریان است) را به صورت پارامتری (در این‌جا I'') در نظر گرفته و جریان شاخه‌های دیگر را براساس آن تعیین می‌کنیم.

$$۶۰\,\Omega \Rightarrow I'' \Rightarrow \begin{cases} ۳۰\,\Omega \rightarrow ۲I'' \\ ۲۰\,\Omega \rightarrow ۳I'' \end{cases} \Rightarrow I = I'' + ۲I'' + ۳I'' = ۶I''$$

$$\Rightarrow I'' = \frac{I}{۶} = \frac{۳}{۶} = ۰/۵ \Rightarrow I' = I - I'' = ۳ - ۰/۵ = ۲/۵\,A$$

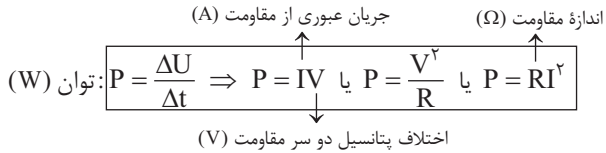
توان در مدارهای الکتریکی

در مدارهای الکتریکی با دو نوع توان روبه‌رو هستیم:

۱ توان مصرفی در مقاومت‌ها ۲ توان تولیدی در مولدها

توان مصرفی در مقاومت‌ها

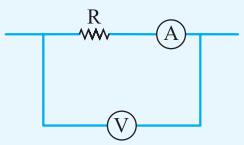
بسته به این‌که با چه داده‌هایی در مسئله روبه‌رو باشیم، توان مصرفی در یک مقاومت از یکی از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:



توان مصرفی در مقاومت‌های متصل به هم

موازی	متوالی
اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی یکسان است. بنابراین با توجه به رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ توان مصرفی با مقاومت رابطهٔ عکس دارد و برای مقایسهٔ توان مصرفی مقاومت‌ها داریم: $\frac{P_2}{P_1}=\frac{R_1}{R_2}$	جریان در همهٔ مقاومت‌های متوالی یکسان است. بنابراین از رابطهٔ $P=RI^2$ می‌فهمیم که توان مصرفی با مقاومت رابطهٔ مستقیم دارد و برای مقایسهٔ توان مصرفی مقاومت‌ها داریم: $\frac{P_2}{P_1}=\frac{R_2}{R_1}$
بیشترین توان در کوچک‌ترین مقاومت مصرف می‌شود.	بیشترین توان در بزرگ‌ترین مقاومت مصرف می‌شود.

در هر دو اتصال، توان مصرفی کل، برابر با مجموع توان‌های مصرفی هر یک از مقاومت‌ها است.



در شکل مقابل، مقاومت ولت‌سنج $10\,k\Omega$ و مقاومت آمپرسنج $5\,\Omega$ است. اگر ولت‌سنج و آمپرسنج به ترتیب $12\,V$ و $0/1\,A$ را نشان دهند، توان مصرفی مقاومت R چند وات است؟ *(ریاضی ۹۷)*

۱) ۱/۱۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۱۱/۵ ۴) ۱۵

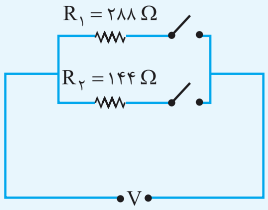
گزینهٔ «۱»

در شاخهٔ بالا: $V=R_TI \Rightarrow 12=R_T\times 0/1 \Rightarrow R_T=R+R_{\text{آمپرسنج}}=120\,\Omega$

$\Rightarrow R=120-5=115\,\Omega$

$P=RI^2=115\times(0/1)^2=1/15\,W$

در مدار مقابل، با بستن هر دو کلید یا یکی از آن‌ها می‌توان سه توان مصرفی در مدار ایجاد کرد. نسبت بیشترین توان مصرفی مدار به کم‌ترین توان مصرفی کدام است؟ *(تجربی خارج ۹۸ ـ مشابه تجربی خارج ۹۷)*



۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

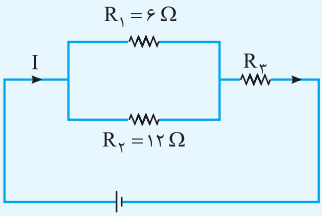
گزینهٔ «۳» از آن‌جایی که اختلاف پتانسیل دو سر تمام مقاومت‌ها یکسان و برابر V است، برای بحث دربارهٔ توان مصرفی آن‌ها از فرمول $P=\frac{V^2}{R}$ استفاده می‌کنیم. طبق این رابطه، در این حالت، توان مصرفی مقاومت‌ها با خود مقاومت الکتریکی نسبت وارون دارد؛ پس بیشترین توان مصرفی به ازای کم‌ترین مقدار مقاومت و کم‌ترین توان مصرفی به ازای بیشترین

مقدار مقاومت حاصل می‌شود. بیشترین مقدار مقاومت برابر $R_1 = 288\,\Omega$ است و کم‌ترین مقدار مقاومت زمانی به دست می‌آید که هر دو مقاومت به طور موازی با هم در مدار قرار گیرند؛ بنابراین:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{288 \times 144}{288 + 144} = \frac{288 \times 1}{2 + 1} = \frac{288}{3} = 96\,\Omega$$

$$\left.\begin{aligned} P_{max} &= \frac{V^2}{R_{eq}} \\ P_{min} &= \frac{V^2}{R_1} \end{aligned}\right\} \frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{R_1}{R_{eq}} = \frac{288}{96} = 3$$

شکل مقابل یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. اگر توان مصرفی مقاومت R_3، ۶ برابر توان مصرفی مقاومت R_2 باشد، R_3 چند اهم است؟ *(ریاضی ۱۴۰۰)*



۱) ۱۸
۲) ۱۲
۳) ۸
۴) ۶

گزینهٔ «۳» **گام اول** جریان عبوری از مقاومت R_2 را برحسب I به دست می‌آوریم. دو مقاومت R_1 و R_2 موازی‌اند. بنابراین نسبت جریان عبوری از آن‌ها برابر وارون مقاومت الکتریکی آن‌ها است:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \xrightarrow{I = I_1 + I_2} I = 2I_2 + I_2 = 3I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{I}{3}$$

گام دوم با توجه به صورت تست داریم:

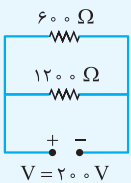
$$\frac{P_3}{P_2} = 6 \xrightarrow{P = RI^2} \frac{R_3 I^2}{R_2 I_2^2} = 6 \Rightarrow \frac{R_3 I^2}{12 \times (\frac{I}{3})^2} = 6 \Rightarrow \frac{9 \times R_3}{12} = 6 \Rightarrow R_3 = \frac{6 \times 12}{9} = 8\,\Omega$$

کیلووات ساعت(kWh): اگر در رابطهٔ انرژی $(U = P.t)$، توان را برحسب کیلووات و زمان را برحسب ساعت بگذاریم، واحد جدیدی برای انرژی به نام کیلووات‌ساعت به دست می‌آید.

بهای برق مصرفی در قبض‌های برق بر مبنای کیلووات‌ساعت محاسبه می‌شود:

قیمت یک کیلووات‌ساعت × انرژی الکتریکی مصرفی برحسب kWh = بهای برق مصرفی

با توجه به جدول داده‌شده، انرژی الکتریکی مصرفی مدار در مدت ۹۰ دقیقه چند کیلووات‌ساعت است؟ *(تجربی خارج ۹۴ با تغییر)*



۱) ۰/۵۴
۲) ۱۵
۳) ۵/۴۰
۴) ۰/۱۵

گزینهٔ «۴» اول اندازهٔ مقاومت معادل را تعیین می‌کنیم: $R_{eq}=\frac{۶۰۰\times۱۲۰۰}{۶۰۰+۱۲۰۰}=۴۰۰\,\Omega$

توان مجموعه: $P=\frac{V^۲}{R_{eq}}=\frac{۲۰۰\times۲۰۰}{۴۰۰}=۱۰۰\,W=۰/۱\,kW$

حالا رابطهٔ انرژی را نوشته و به جای وات از کیلووات و به جای ثانیه از ساعت استفاده می‌کنیم. می‌دانیم که ۹۰ دقیقه برابر با ۱/۵ ساعت است:

انرژی مصرفی مجموعه: $U=P.t=۰/۱\times۱/۵=۰/۱۵\,kWh$

ولتاژ اسمی (V_n) ـ توان اسمی (P_n): دو عددی که برحسب ولت و وات بر روی وسایل برقی نوشته می‌شوند، ولتاژ اسمی و توان اسمی آن وسیله است. اگر وسیلهٔ برقی به ولتاژ اسمی‌اش متصل شود، توان مصرفی‌اش برابر با توان اسمی خواهد بود.

اگر یک مصرف‌کننده با ولتاژ اسمی V_n به ولتاژ واقعی V_r بسته شود، داریم:

$$\frac{P_r}{P_n}=(\frac{V_r}{V_n})^۲$$

P_r: توان مصرفی واقعی، P_n: توان اسمی

اگر ولتاژ اسمی (V_n) در دو وسیله برابر باشد، مقاومت وسیله با توان اسمی (P_n) رابطهٔ عکس دارد:

$$\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{P_{n_۱}}{P_{n_۲}}$$

روی یک لامپ عددهای ۲۲۰ V و ۱۰۰ W ثبت شده است. اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل ۲۰۰ V وصل شود، با فرض ثابت‌ماندن مقاومت لامپ، در مدت ۱۱ ساعت چند کیلووات‌ساعت انرژی مصرف می‌کند؟ *(ریاضی خارج ۹۸)*

۱) $\frac{۱۰}{۱۲۱}$ ۲) $\frac{۱۰}{۱۱}$ ۳) ۱۰ ۴) ۱۱

گزینهٔ «۲» **گام اول** اختلاف پتانسیل و توان اسمی لامپ و اختلاف پتانسیل واقعی لامپ را می‌دانیم و توان واقعی لامپ را می‌خواهیم؛ بنابراین:

$$\frac{P_r}{P_n}=(\frac{V_r}{V_n})^۲\Rightarrow\frac{P_r}{۱۰۰}=(\frac{۲۰۰}{۲۲۰})^۲=\frac{۱۰۰}{۱۲۱}\Rightarrow P_r=\frac{۱۰۰\times۱۰۰}{۱۲۱}\,W$$

همین‌جوری نگهش می‌داریم!

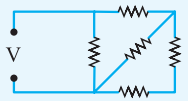
گام دوم حالا انرژی مصرف‌شده در ۱۱ ساعت را حساب می‌کنیم. هم‌زمان، تبدیل به کیلو را نیز انجام می‌دهیم:

$$E=Pt=\frac{۱۰۰\times۱۰۰}{۱۲۱}\times۱۱\times۱۰^{-۳}\,kW.h=\frac{۱۰}{۱۱}\,kW.h$$

ولتاژ تحمل ـ توان تحمل: بیشترین ولتاژ و توانی را که یک مقاومت می‌تواند بدون این‌که بسوزد تحمل کند، ولتاژ تحمل و توان تحمل می‌نامیم.

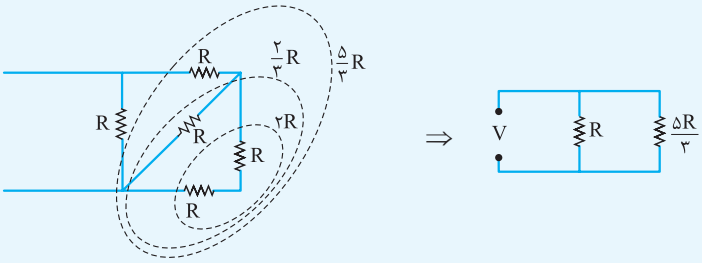
اگر در مدار داده‌شده توان تحمل همهٔ مقاومت‌ها یکسان باشد، مقاومتی که بیشترین توان را مصرف می‌کند پیدا می‌کنیم و توان آن را برابر با توان تحمل قرار می‌دهیم. توان مصرفی بقیهٔ مقاومت‌ها براساس آن به دست می‌آید.

در مدار روبه‌رو، همهٔ مقاومت‌ها مشابه‌اند و هر مقاومت حداکثر توان ۲۰ W را می‌تواند تحمل کند. حداکثر توان الکتریکی که ممکن است در این مدار مصرف شود تا هیچ مقاومتی آسیب نبیند، چند وات است؟ (ریاضی ۹۳)



۱) ۶۰ ۲) ۴۰ ۳) ۳۶ ۴) ۳۲

گزینهٔ «۴» هر یک از مقاومت‌ها را R فرض می‌کنیم. با توجه به شکل، مشخص است که مقاومت سمت چپ بیشترین ولتاژ را دارد. چون دو سر آن مستقیماً به باتری متصل است، این مقاومت، بیشترین توان را مصرف می‌کند و برای این‌که هیچ مقاومتی آسیب نبیند، کافی است که توان مصرفی آن را برابر ۲۰ W در نظر بگیریم. مقاومت معادل ۴ مقاومت دیگر را به دست آورده و موازی مقاومت اول قرار می‌دهیم:



در مقاومت‌های موازی، توان و مقاومت رابطهٔ عکس دارند. با توجه به توان ۲۰ واتی مقاومت R، توان مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{R_۱}{R_۲} \Rightarrow \frac{۲۰}{P_۱}=\frac{\frac{۵}{۳}R}{R}=\frac{۵}{۳} \Rightarrow P_۱=۱۲\ W$$

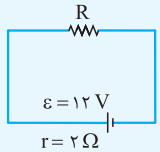
$$\Rightarrow \text{توان مصرفی کل}: P=۲۰+۱۲=۳۲\ W$$

توان مولد

رابطهٔ ولتاژ دو سر مولد در حال تخلیه را در نظر بگیرید ($V=\varepsilon-rI$). اگر دو طرف این تساوی را در I ضرب کنیم، انواع توان‌های مولد را به دست می‌آوریم. در هر مولد با سه نوع توان روبه‌رو هستیم:

$$\underbrace{VI}_{\text{توان خروجی (مفید)}}=\overbrace{\varepsilon I}^{\text{توان تولیدی (کل)}}-\underbrace{rI^۲}_{\text{توان مصرفی مولد (اتلافی)}} \Rightarrow P_{\text{مفید}}=P_{\text{تولیدی}}-P_{\text{اتلافی}}$$

در مدار روبه‌رو، اگر توان تلف‌شده در مقاومت درونی مولد برابر ۸ W باشد، مقاومت R چند اهم است؟ (تجربی ۹۳)



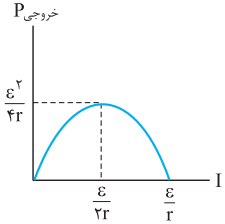
۱) ۲ ۲) ۴
۳) ۶ ۴) ۸

گزینهٔ «۲» توان تلف‌شده در مقاومت درونی: $P_r = rI^2 \Rightarrow 8 = 2I^2 \Rightarrow I = 2\,A$

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

توان خروجی از مولد: را می‌توان از رابطه‌های دیگری نیز به دست آورد. توان خروجی همان توانی است که در مقاومت‌های خارجی مدار (R_{eq}) مصرف می‌شود:

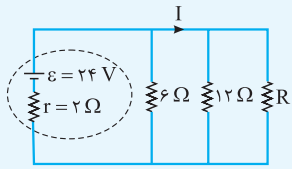
$$P_{\text{مفید}} = VI = \frac{V^2}{R_{eq}} = R_{eq}I^2$$



توان خروجی (مفید) مولد وقتی بیشینه می‌شود که $R_{eq} = r$ باشد. در این حالت:

$$I = \frac{\varepsilon}{2r} \quad \text{و} \quad (P_{\text{خروجی}})_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

در مدار زیر، مقاومت R چند اهم باشد تا توان خروجی از مولد بیشینه شود و در این حالت I برابر با چند آمپر است؟ (ریاضی ۹۷- مشابه ریاضی خارج ۹۳)

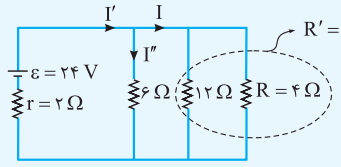


۱) صفر و ۱۲
۲) ۳ و ۸
۳) ۴ و ۴
۴) ۴ و ۲/۴

گزینهٔ «۳» **گام اول** برای بیشینه‌شدن توان خروجی مولد باید داشته باشیم: $R_T = r$؛ بنابراین:

$$\frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{R} = \frac{1}{2} \Rightarrow R = 4\,\Omega$$

گام دوم



$$\text{جریان شاخهٔ اصلی } I' = \frac{\varepsilon}{r + \underbrace{R_T}_{r=R_T}} = \frac{24}{2+2} = 6\,A$$

جریان شاخهٔ اصلی به نسبت عکس مقاومت‌ها بین R' و ۶ Ω تقسیم می‌شود.

$$\frac{6}{R'} = \frac{I}{I''} \Rightarrow \frac{6}{3} = \frac{I}{I''} \Rightarrow I'' = \frac{I}{2} \Rightarrow \frac{I}{2} + I = 6\,A \Rightarrow I = 4\,A$$

فرمول‌های فصل

رابطهٔ جریان و بار الکتریکی:

$$\Delta q = I(\Delta t)$$

مقاومت الکتریکی

قانون اهم: $V = IR$ (در رسانای اهمی)

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی: $R = \rho \frac{L}{A}$

به هم بستن مقاومت‌ها

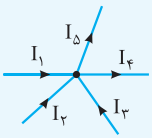
۱ موازی: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, $I = I_1 + I_2 + I_3$, $V = V_1 = V_2 = V_3$

۲ متوالی: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$, $V = V_1 + V_2 + V_3$, $I = I_1 = I_2 = I_3$

مدار تک‌حلقه

افت پتانسیل در مولد (ولتاژ دو سر باتری در حال تخلیه): $V = \varepsilon - Ir$

جریان در مدار تک حلقه: $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$



قاعدهٔ انشعاب: $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$

توان در مدارهای الکتریکی

توان مصرفی در مقاومت‌ها: $P = \frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow P = IV = \frac{V^2}{R} = RI^2$

توان مصرفی در مقاومت‌های متصل به هم:

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

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

ولتاژ اسمی ـ توان اسمی: $\frac{P_r}{P_n} = (\frac{V_r}{V_n})^2$

توان مولد: $\underbrace{VI}_{\text{توان خروجی (مفید)}} = \underbrace{\varepsilon I}_{\text{توان تولیدی (کل)}} - \underbrace{rI^2}_{\text{توان مصرفی مولد (اتلافی)}}$

$$P_{\text{مفید}} = VI = \frac{V^2}{R_{eq}} = R_{eq} I^2$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱۳۰- یک ولت‌سنج به مقاومت $60\ k\Omega$ را به دو سر یک باتری با نیروی محرکهٔ ۶ ولت و مقاومت درونی $3\ \Omega$ می‌بندیم. مرتبهٔ بزرگی تعداد الکترون‌هایی که در هر دقیقه از این ولت‌سنج می‌گذرند، چه‌قدر است؟ $(e = 1/6\times10^{-19}\ C)$ (تجربی ۹۹)

۱) 10^{16} ۲) 10^{17} ۳) 10^{18} ۴) 10^{19}

۱۳۱- مقاومت الکتریکی سیمی $6\ \Omega$ است. $\frac{3}{4}$ سیم را بریده و کنار می‌گذاریم و $\frac{1}{4}$ باقی‌مانده را از دستگاهی عبور می‌دهیم تا آن را یکنواخت نازک کرده و طولش را به طول سیم اولیه برساند. با ثابت‌ماندن دما، مقاومت سیم جدید چند اهم می‌شود؟ (ریاضی ۹۹)

۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۸ ۴) ۲۴

۱۳۲- از سیمی به طول $25\ m$ که اختلاف پتانسیل $3\ V$ در دو سر آن برقرار است، جریان $1/2\ A$ عبور می‌کند. اگر مقاومت ویژهٔ سیم $1/8\times10^{-8}\ \Omega.m$ و چگالی آن $8\ g/cm^3$ باشد، جرم سیم چند گرم است؟

۱) ۱۸ ۲) ۳۶ ۳) ۵۴ ۴) ۷۲ (ریاضی خارج ۹۶)

۱۳۳- دو سیم هم‌طول مسی و آلومینیمی در یک دمای معین، دارای مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. اگر چگالی مس و آلومینیم به ترتیب $9\ g/cm^3$ و $2/7\ g/cm^3$ و مقاومت ویژهٔ مس $\frac{1}{2}$ برابر مقاومت ویژهٔ آلومینیم باشد، جرم سیم آلومینیمی چند برابر جرم سیم مسی است؟ (ریاضی ۹۶)

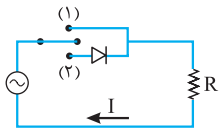
۱) $\frac{3}{5}$ ۲) $\frac{4}{5}$ ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) $\frac{5}{3}$

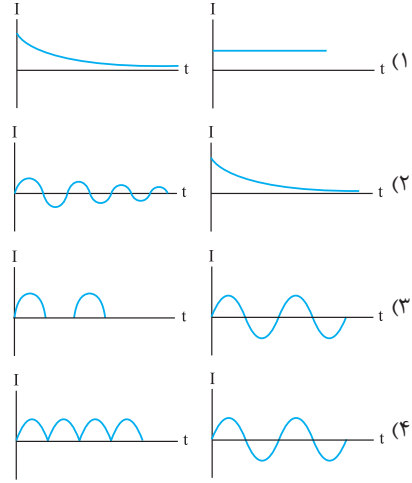
۱۳۴- مقاومت الکتریکی لامپ معمولی با رشتهٔ تنگستن: (تجربی ۹۴)

۱) پس از روشن‌شدن لامپ، کاهش می‌یابد. ۲) پس از روشن‌شدن لامپ، به صفر می‌رسد.

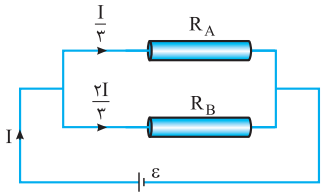
۳) هنگامی که لامپ خاموش است، صفر است. ۴) هنگام روشن‌بودن بیشتر از هنگام خاموش‌بودن است.

۱۳۵- در شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار می‌گیرد و سپس در حالت (۲) قرار می‌گیرد. نمودار جریان الکتریکی به ترتیب به کدام صورت خواهد بود؟ (ریاضی خارج ۹۹)





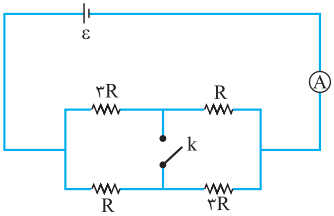
۱۳۶- مطابق شکل مقابل، دو سیم فلزی توپر A و B به طول‌های مساوی، به یک مولد متصل‌اند. اگر مقاومت ویژهٔ سیم A، ۳ برابر مقاومت ویژهٔ سیم B باشد، سطح مقطع سیم A چند برابر سطح مقطع سیم B است؟



(تجربی خارج ۹۵ ـ مشابه ریاضی ۹۱ ـ مشابه تجربی خارج ۸۸)

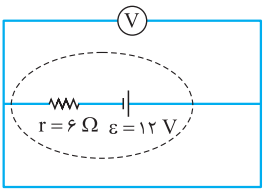
۱) $\frac{۳}{۲}$
۲) $\frac{۴}{۳}$
۳) ۲
۴) ۶

۱۳۷- در مدار شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی ۱/۲ آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید را وصل کنیم، از مسیر کلید، جریان الکتریکی چند آمپر می‌گذرد؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



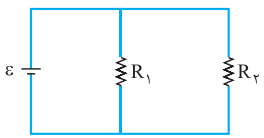
۱) ۰/۲
۲) ۰/۴
۳) ۰/۶
۴) ۰/۸

۱۳۸- در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟ (ریاضی ۹۸)



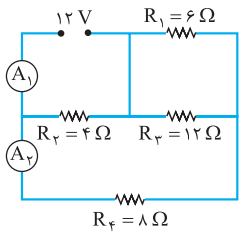
۱) صفر
۲) ۲
۳) ۶
۴) ۱۲

۱۳۹- در مدار روبه‌رو، یک باتری آرمانی با $\varepsilon = ۲۰\ V$، $R_۱ = ۲۰۰\ k\Omega$ و $R_۲ = ۲\ M\Omega$ قرار دارند. جریانی که از باتری می‌گذرد، چند میلی‌آمپر است؟ (ریاضی خارج ۹۸)



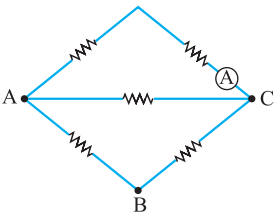
۱) ۰/۲۱
۲) ۲/۱
۳) ۲۱
۴) ۲۱۰

۱۴۰- در مدار مقابل، آمپرسنج‌های آرمانی $A_۱$ و $A_۲$ به ترتیب چند آمپر را نشان می‌دهند؟ (ریاضی خارج ۹۹)



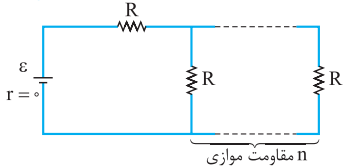
۱) ۳ و ۱
۲) ۳ و ۱/۵
۳) ۴ و ۱
۴) ۴ و ۱/۵

۱۴۱- در شکل مقابل، هر یک از مقاومت‌ها، ۶ اهمی‌اند. یک باتری آرمانی یک بار بین دو نقطهٔ B و A و بار دوم بین دو نقطهٔ C و A بسته می‌شود. جریانی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، در حالت دوم چند برابر حالت اول است؟ (تجربی خارج ۹۹)



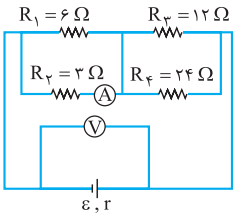
۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) $\frac{۵}{۲}$
۳) $\frac{۵}{۳}$
۴) ۳

۱۴۲- در مدار زیر، اگر n به n+۱ تبدیل شود، شدت جریان عبوری از باتری $\frac{۱۶}{۱۵}$ برابر می‌شود. n کدام است؟ *(تجربی ۹۶)*



۱) ۵
۲) ۴
۳) ۳
۴) ۲

۱۴۳- در مدار روبه‌رو، اگر به جای مقاومت ۳ اهمی، مقاومت ۶ اهمی قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟ *(تجربی ۹۸ ـ مشابه تجربی ۹۷ ـ مشابه ریاضی ۹۳)*

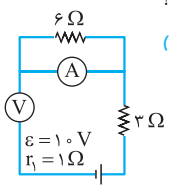


۱) افزایش ـ کاهش
۲) کاهش ـ افزایش
۳) کاهش ـ کاهش
۴) افزایش ـ افزایش

۱۴۴- ولت‌سنجی آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری را که به مداری وصل نیست، ۱۲ V نشان می‌دهد. حال اگر یک مقاومت ۸ اهمی را به دو سر آن ببندیم، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را ۹/۶ V نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اهم است؟ *(تجربی خارج ۹۸)*

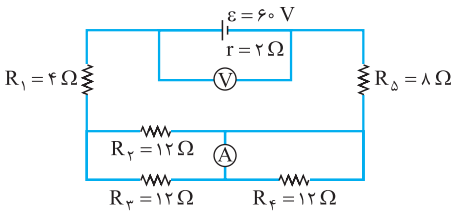
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۴۵- در مدار زیر، آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی چه اعدادی را به ترتیب نشان می‌دهند؟ *(ریاضی خارج ۹۷ ـ مشابه تجربی ۹۱)*



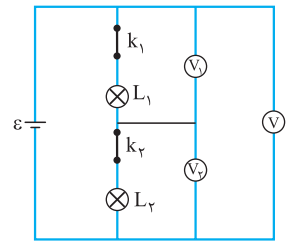
۱) صفر ـ صفر
۲) صفر ـ ۱۰ V
۳) ۹ V ـ ۱ A
۴) ۱۰ V ـ ۱ A

۱۴۶- در مدار زیر، ولت‌سنج آرمانی و آمپرسنج آرمانی چه اعدادی را نشان می‌دهند؟ *(تجربی ۹۹ ـ مشابه تجربی ۹۸ ـ مشابه تجربی ۹۳)*



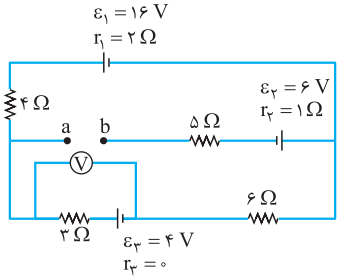
۱) ۱/۵ A , ۵۴ V
۲) ۱/۵ A , ۵۵ V
۳) ۳ A , ۵۴ V
۴) ۳ A , ۵۵ V

۱۴۷- در شکل مقابل، ولت‌سنج‌ها آرمانی هستند و هر دو لامپ روشن است. اگر کلید $k_۱$ را قطع کنیم، کدام‌یک از ولت‌سنج‌ها صفر را نشان می‌دهد؟ *(ریاضی ۱۴۰۰)*



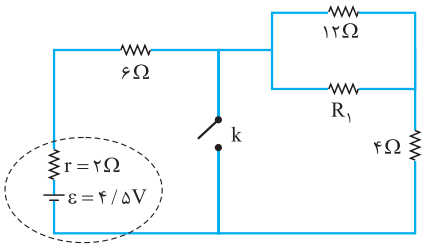
۱) $V_۱$
۲) $V_۲$
۳) $V_۱$ و V
۴) $V_۲$ و V

۱۴۸- در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج آرمانی چند ولت را نشان می‌دهد؟ (ریاضی ۹۹)



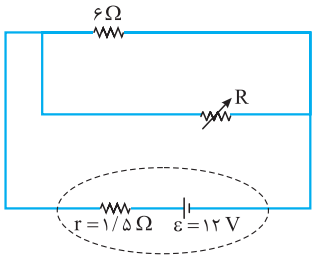
۱) ۰/۶
۲) ۲/۴
۳) ۵/۲
۴) ۶/۴

۱۴۹- در شکل مقابل، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت ۶اهمی دو برابر می‌شود. R_1 چند اهم است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



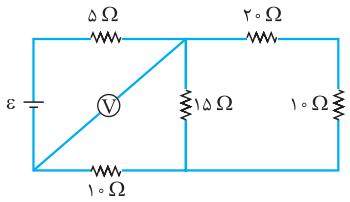
۱) ۲/۴
۲) ۳
۳) ۶
۴) ۸/۲

۱۵۰- در شکل مقابل، اگر مقاومت متغیر از صفر به ۱۸ Ω افزایش یابد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری از چند ولت به چند ولت تغییر می‌کند؟ (ریاضی ۱۴۰۰)



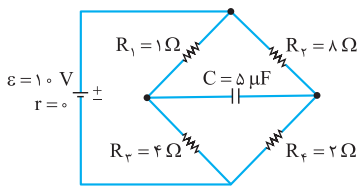
۱) ۱۲ به ۶
۲) ۱۲ به ۹
۳) صفر به ۶
۴) صفر به ۹

۱۵۱- در مدار زیر، ولت‌سنج آرمانی ۶ V را نشان می‌دهد. ولتاژ دو سر مولد چند ولت است؟ (ریاضی خارج ۹۸)



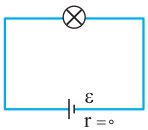
۱) ۳/۰
۲) ۴/۵
۳) ۵/۰
۴) ۷/۵

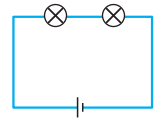
۱۵۲- در مدار روبه‌رو، انرژی ذخیره‌شده در خازن، چند میکروژول است؟ (ریاضی ۹۵ ـ مشابه ریاضی خارج ۹۲ ـ مشابه ریاضی خارج ۹۱)

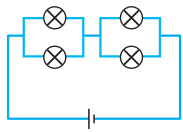


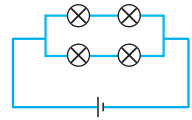
۱) صفر
۲) ۱۰
۳) ۴۰
۴) ۹۰

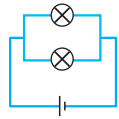
۱۵۳- یک لامپ را در مداری مطابق شکل روبه‌رو می‌بندیم و لامپ روشن می‌شود. در کدام‌یک از مدارهای زیر، شدت نور هر یک از لامپ‌ها تقریباً برابر با شدت نور همین لامپ است؟ (تمامی لامپ‌ها و باتری‌ها مشابه لامپ و باتری همین مدارند.) (ریاضی خارج ۹۲)



۱)


۲)


۳)


۴)


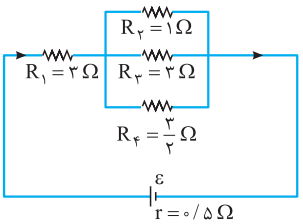
۱۵۴- دو مقاومت یکسان R را به طور متوالی به ولتاژ ثابتی می‌بندیم. توانی که در مجموعهٔ دو مقاومت مصرف می‌شود، $40\ W$ است. اگر این دو مقاومت را به طور موازی به همان اختلاف پتانسیل ببندیم، توان مصرفی در مجموعهٔ دو مقاومت در این حالت چند وات است؟ (تجربی خارج ۹۷)

۱) ۱۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۶۰

۱۵۵- یک مقاومت ۲۵اهمی را به یک باتری می‌بندیم، جریان $2\ A$ از آن عبور می‌کند. اگر یک مقاومت ۱۰۰اهمی را با مقاومت ۲۵اهمی موازی ببندیم، جریانی که در این حالت از مقاومت ۲۵اهمی عبور می‌کند، $1/92\ A$ می‌شود. توان خروجی باتری در مدار دوم چند وات بیشتر از توان خروجی باتری در مدار اول است؟ (تجربی ۹۹)

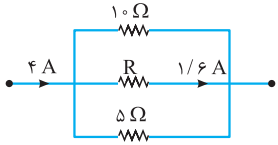
۱) ۲ ۲) ۴/۸ ۳) ۱۵/۲ ۴) ۲۴

۱۵۶- در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار الکتریکی است، توان مصرفی مقاومت R_1 چند برابر توان مصرفی مقاومت R_4 است؟ (ریاضی خارج ۹۷ - مشابه تجربی خارج ۹۶)



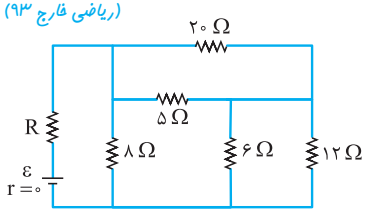
۱) ۱ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۳۶

۱۵۷- شکل روبه‌رو، قسمتی از یک مدار الکتریکی است. انرژی که در مدت ۲۵ دقیقه در مقاومت R مصرف می‌شود، چند کیلوژول است؟ (ریاضی ۹۹ - مشابه ریاضی خارج ۹۱)



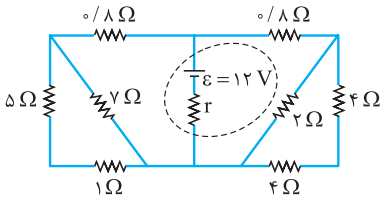
۱) ۴/۸ ۲) ۹/۶ ۳) ۱۹/۲ ۴) ۲۷/۴

۱۵۸- در مدار شکل زیر، مقاومت R چند اهم باشد تا توان مصرفی در آن بیشینه باشد؟ (ریاضی خارج ۹۳)



۱) ۱۲
۲) ۸
۳) ۴
۴) ۲

۱۵۹- در شکل زیر، اگر توان مصرفی مقاومت ۲ اهمی برابر ۸ وات باشد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد چند ولت است؟ (تجربی ۹۷ ـ مشابه تجربی ۹۸)

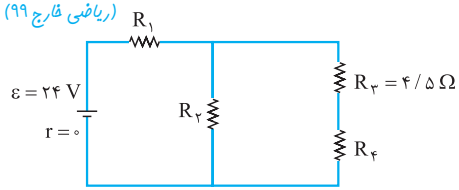


۱) ۱۲
۲) ۹
۳) ۸
۴) ۶

۱۶۰- اختلاف پتانسیل ۱۷ V به دو سر یک سیم مسی به طول ۳۰ m و شعاع مقطع ۱ mm اعمال می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ ($\rho = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸}\ \Omega.m$, $\pi = ۳$) (تجربی خارج ۹۶)

۱) ۱۷۰۰
۲) ۱۰۰
۳) ۱۷۰
۴) ۱۰

۱۶۱- در مدار زیر، توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها یکسان است. جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ چند آمپر است؟ (ریاضی خارج ۹۹)

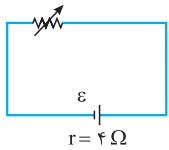


۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۱۶۲- روی یک لامپ رشته‌ای معمولی نوشته شده است (۱۰۰ W, ۲۲۰ V). دانش‌آموزی مقاومت این لامپ را با اهم‌سنج اندازه می‌گیرد و با توجه به رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ به این نتیجه می‌رسد که توان این مقاومت با برق ۲۲۰ V، باید خیلی بیشتر از ۱۰۰ W باشد که روی لامپ نوشته شده است، پس این نوشته اشکال دارد. کدام توضیح این نتیجه‌گیری را تصحیح می‌کند؟ (تجربی خارج ۹۱)

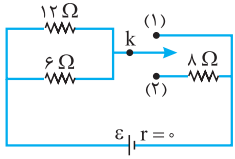
۱) به احتمال زیاد، اهم‌سنج خطا داشته است.
۲) برق خانه متناوب است و قانون اهم در آن صادق نیست.
۳) با افزایش دمای رشته، مقاومت الکتریکی آن و هم‌چنین توان مصرفی آن کاهش خواهد یافت.
۴) مقاومت الکتریکی رشتهٔ لامپ، وقتی که گداخته می‌شود، بیشتر از آن خواهد بود که دانش‌آموز اندازه گرفته است.

۱۶۳- در مدار زیر، وقتی مقاومت رئوستا برابر ۸ Ω است، توان مفید مولد برابر P_1 است. مقاومت رئوستا را به چند اهم برسانیم تا توان مفید مولد دوباره برابر P_1 شود؟ (ریاضی ۹۴)



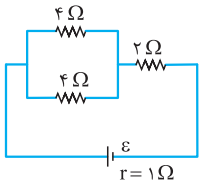
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۶

۱۶۴- در مدار شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار دارد و توان خروجی باتری P_1 است. اگر کلید در حالت (۲) قرار گیرد، توان خروجی باتری P_2 می‌شود. $\frac{P_2}{P_1}$ چه‌قدر است؟ (ریاضی خارج ۹۹)



۱) ۲
۲) $\frac{۲}{۳}$
۳) $\frac{۱}{۲}$
۴) $\frac{۱}{۳}$

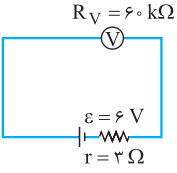
۱۶۵- بازده مولد (نسبت توان مفید به توان کل)، در مدار شکل زیر چند درصد است؟ (توان مفید، توان مصرف‌کننده‌های خارج از باتری است.) (تجربی خارج ۹۱)



۱) ۲۵
۲) ۵۰
۳) ۷۵
۴) ۸۰

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

۱۳۰- گزینهٔ «۱» **گام اول** ابتدا شکل مدار را رسم می‌کنیم و با توجه به آن، جریان عبوری از ولت‌سنج را حساب می‌کنیم:



$$I = \frac{\varepsilon}{R_V + r} = \frac{۶}{۶۰\times۱۰^{۳} \overbrace{+۳}^{\text{قابل چشم‌پوشی}}} = \frac{۶}{۶\times۱۰^{۴}} = ۱۰^{-۴}\ A$$

گام دوم حالا به کمک رابطهٔ $q = I\Delta t$، اندازهٔ بار عبوری را حساب می‌کنیم:

$$q = ۱۰^{-۴}\times۶۰ = ۶\times۱۰^{-۳}\ C$$

گام سوم با داشتن بار عبوری q، تعداد الکترون به دست می‌آید:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{۶\times۱۰^{-۳}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = \underbrace{۳/۷۵}_{\text{مهم نیست!}}\times۱۰^{۱۶} \simeq ۱۰^{۱۶}$$

(چون فقط مرتبه را می‌خواهیم، لازم نبود $\frac{۶}{۱/۶}$ را دقیقاً محاسبه کنیم!)

۱۳۱- گزینهٔ «۴» وقتی $\frac{۱}{۴}$ از سیم باقی می‌ماند، یعنی $\frac{۱}{۴}$ از مقاومت ۶ Ω باقی مانده است:

$$R = \frac{۱}{۴}\times۶ = ۱/۵\ \Omega$$

وقتی در دمای ثابت و بدون تغییر حجم، طول سیمی را n برابر کنیم، مقاومت آن $n^۲$ برابر می‌شود.

در این تست، طول سیم ۴ برابر شده است: $R' = n^۲R = ۱۶\times۱/۵ = ۲۴\ \Omega$

۱۳۲- گزینهٔ «۲» می‌دانیم که جرم سیم از رابطهٔ $m = \rho' V$ محاسبه می‌شود (که در این رابطه ρ' چگالی سیم است). اما چون اندازهٔ سطح مقطع سیم را نداریم، باید حجم سیم را به صورت پارامتری جایگزین کنیم: $V = AL$

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

(چگالی سیم، مقاومت ویژهٔ سیم)

$$m = \rho' V = \rho' AL = \frac{\rho' L^{۲}\rho}{R}$$

$$\xrightarrow{R=\frac{V}{I}} m = \frac{\rho' L^{۲}\rho I}{V} = \frac{۸\times(\overbrace{۲۵۰۰}^{\text{cm}})^{۲}\times\overbrace{۱/۸\times۱۰^{-۶}}^{\Omega\cdot\text{cm}}\times۱/۲}{۳} = ۳۶\ g$$

۱۳۳- گزینهٔ «۱» **گام اول** طبق رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ داریم: $R_{\text{آلومینیم}} = R_{\text{مس}}$

$$\Rightarrow \rho_{\text{آلومینیم}}\times\frac{L_{\text{آلومینیم}}}{A_{\text{آلومینیم}}} = \rho_{\text{مس}}\times\frac{L_{\text{مس}}}{A_{\text{مس}}} \xrightarrow[\rho_{\text{مس}}=\frac{۱}{۲}\rho_{\text{آلومینیم}}]{L_{\text{مس}}=L_{\text{آلومینیم}}} A_{\text{آلومینیم}} = ۲A_{\text{مس}}$$

گام دوم می‌دانیم که حجم سیم را از رابطهٔ $V = LA$ محاسبه می‌کنیم. چون طول دو سیم برابر است، نسبت حجم دو سیم برابر با نسبت سطح مقطع دو سیم است:

$$\frac{V_{\text{آلومینیم}}}{V_{\text{مس}}} = ۲$$

گام سوم در صورت سؤال چگالی دو سیم را داریم پس می‌نویسیم:

$$\frac{m_{\text{آلومینیم}}}{m_{\text{مس}}}=\frac{\rho_{\text{آلومینیم}}}{\rho_{\text{مس}}}\left(\frac{V_{\text{آلومینیم}}}{V_{\text{مس}}}\right)^{۲}=\frac{۲/۷}{۹}\times۲=\frac{۶}{۱۰}=\frac{۳}{۵}$$

در گام اول، ρ مقاومت ویژه و در گام سوم، ρ چگالی است.

۱۳۴- گزینهٔ «۴» لامپ رشته‌ای روشن دمای بالاتری نسبت به لامپ خاموش دارد و با توجه به رابطهٔ $\Delta R=R_{\circ}\alpha\Delta T$ مقاومت فلزات (رشتهٔ لامپ) با افزایش دما افزایش می‌یابد.

۱۳۵- گزینهٔ «۳» نماد ⏦ مربوط به یک مولد جریان متناوب است که اختلاف پتانسیل آن به صورت سینوسی است.

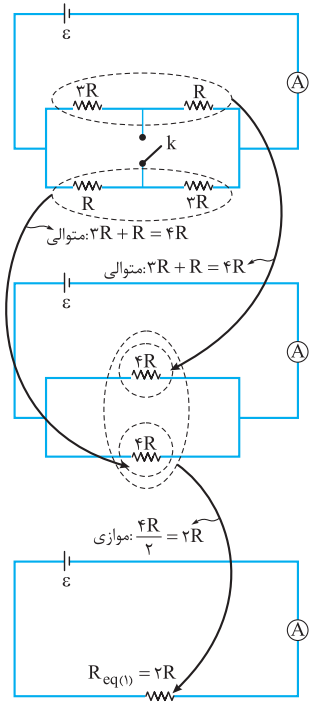
هنگامی که کلید در حالت (۱) قرار دارد، همواره جریان سینوسی از مقاومت R عبور می‌کند و نمودار جریان عبوری از R به صورت یک نمودار سینوسی کامل است. با وصل کلید در حالت (۲) دیود تنها اجازهٔ عبور جریان در یک سو را می‌دهد. بنابراین جریان عبوری از مدار در هر دورهٔ تناوب مولد، به مدت نصف دوره مخالف صفر خواهد بود. بنابراین ۳ پاسخ صحیح است.

۱۳۶- گزینهٔ «۱»

در اتصال موازی: $\frac{R_B}{R_A}=\frac{I_A}{I_B}=\frac{\frac{I}{۳}}{\frac{۲I}{۳}}=\frac{۱}{۲}$

$$\frac{R_B}{R_A}=\frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\frac{A_A}{A_B}\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۳}\times۱\times\frac{A_A}{A_B}\Rightarrow\frac{A_A}{A_B}=\frac{۳}{۲}$$

۱۳۷- گزینهٔ «۴»

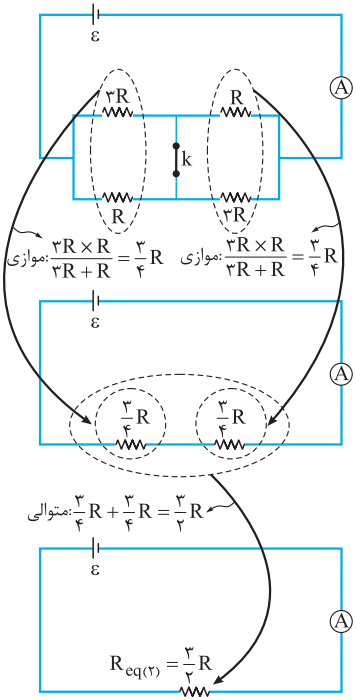


گام اول آمپرسنج جریان کل عبوری از مدار (جریان عبوری از باتری) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های مقابل برای حالت اول که کلید باز است می‌توان نوشت:

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{R_{eq(۱)}}\Rightarrow ۱/۲=\frac{\varepsilon}{۲R}\Rightarrow\frac{\varepsilon}{R}=۲/۴\quad(۱)$$

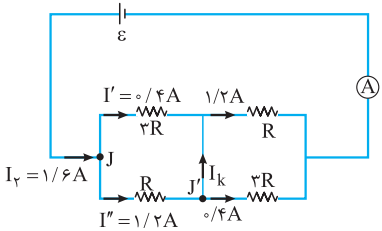
گام دوم

مطابق شکل‌های مقابل برای حالت دوم که کلید بسته است، می‌توان نوشت:



$$I_۲=\frac{\varepsilon}{R_{eq(۲)}}=\frac{\varepsilon}{\frac{۳}{۲}R}=\frac{۲}{۳}\frac{\varepsilon}{R}\xrightarrow{(۱)}I_۲=\frac{۲}{۳}\times ۲/۴=۱/۶\,A$$

گام سوم حالا جریان عبوری از هر یک از مقاومت‌ها را در حالت دوم به دست می‌آوریم:



$R,۳R$ موازی‌اند $\Rightarrow \frac{۳R}{R}=\frac{I''}{I'}\Rightarrow I''=۳I'$

قاعدهٔ انشعاب برای گرهٔ J: $I_۲=I'+I''=I'+۳I'\Rightarrow ۱/۶=۴I'\Rightarrow I'=۰/۴A, I''=۱/۲A$

به همین ترتیب از مقاومت‌های R و ۳R دیگر نیز جریان ۱/۲A و ۰/۴A می‌گذرد. حالا با توجه به شکل و با نوشتن قاعدهٔ انشعاب برای گرهٔ J′، جریان عبوری از سیم شامل کلید به دست می‌آید:

$$I''=I_k+۰/۴\Rightarrow ۱/۲=I_k+۰/۴\Rightarrow I_k=۰/۸A$$

۱۳۸- گزینهٔ «۱» چون ولت‌سنج به دو سر سیم بدون مقاومت متصل است، عدد صفر را نشان می‌دهد.

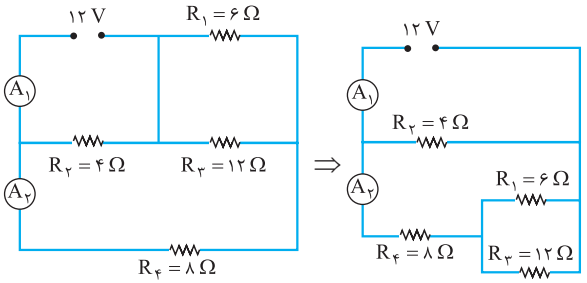
۱۳۹- گزینهٔ «۱» **گام اول** ابتدا R_{12} را حساب می‌کنیم (حواستان به یکاها باشد):

$$R_{12}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{۲\times۱۰^{۶}\times۱۰۰\times۱۰^{۳}}{\underbrace{۲\times۱۰^{۶}+۱۰۰\times۱۰^{۳}}_{۲۱\times۱۰^{۵}}}=\frac{۲۰۰\times۱۰^{۹}}{۲۱\times۱۰^{۵}}=\frac{۲۰۰}{۲۱}\times۱۰^{۴}\,\Omega$$

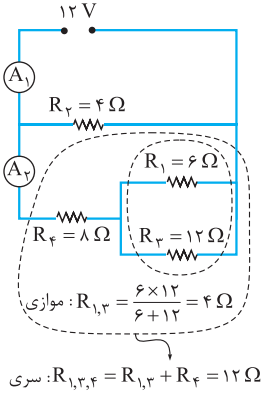
گام دوم حالا به سراغ محاسبهٔ جریان کل مدار می‌رویم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{12}}=\frac{۲۰}{\frac{۲۰۰}{۲۱}\times۱۰^{۴}}=۲/۱\times۱۰^{-۴}\,A=۰/۲۱\,mA$$

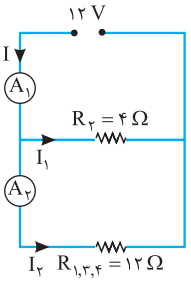
۱۴۰- گزینهٔ «۳» **گام اول** ابتدا شکل مدار را کمی ساده می‌کنیم:



گام دوم مقاومت شاخهٔ پایینی برابر است با:



گام سوم با توجه به شکل ساده‌شدهٔ مدار، جریان عبوری از هر یک از آمپرسنج‌ها برابر است با:



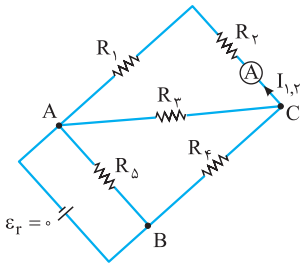
$$I_1=\frac{V}{R_2}=\frac{۱۲}{۴}=۳\,A$$

$$I_2=\frac{V}{R_{1,3,4}}=\frac{۱۲}{۱۲}=۱\,A$$

بنابراین عدد آمپرسنج (۲) برابر $I_2=۱\,A$ و عدد آمپرسنج (۱) برابر $I=I_1+I_2=۴\,A$ است.

۱۴۱- گزینهٔ «۲»

گام اول مقاومت معادل مجموعهٔ متصل به باتری را حساب می‌کنیم:



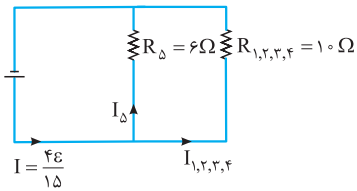
$$R_1 + R_2 = 6 + 6 = 12\,\Omega$$

$$R_{1,2,3} = \frac{R_3 \times R_{1,2}}{R_3 + R_{1,2}} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\,\Omega$$

$$R_{1,2,3,4} = R_{1,2,3} + R_4 = 4 + 6 = 10\,\Omega$$

$$R_{eq} = \frac{R_{1,2,3,4} \times R_5}{R_{1,2,3,4} + R_5} = \frac{10 \times 6}{10 + 6} = \frac{60}{16} = \frac{15}{4}\,\Omega$$

گام دوم جریان گذرنده از باتری، به نسبت عکس مقاومت‌ها بین دو شاخهٔ R_5 و $R_{1,2,3,4}$ تقسیم می‌شود.



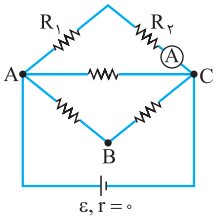
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{\varepsilon}{\frac{15}{4} + 0} = \frac{4\varepsilon}{15}$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{I_5}{I_{1,2,3,4}} = \dfrac{R_{1,2,3,4}}{R_5} = \dfrac{10}{6} = \dfrac{5}{3} \\ I = I_5 + I_{1,2,3,4} = \dfrac{4\varepsilon}{15} \end{array}\right\} \xrightarrow{I_5 = \frac{5}{3} I_{1,2,3,4}} \frac{2}{\cancel{5}} I_{1,2,3,4} = \frac{1}{\cancel{15}} \Rightarrow I_{1,2,3,4} = \frac{\varepsilon}{10}$$

این جریان پس از عبور از R_4، به نسبت عکس مقاومت‌ها بین شاخه‌های $R_{1,2}$ و R_3 تقسیم می‌شود:

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{R_{1,2}}{R_3} = \dfrac{I_3}{I_{1,2}} = \dfrac{12}{6} = 2 \\ I_3 + I_{1,2} = \dfrac{\varepsilon}{10} \end{array}\right\} \xrightarrow{I_3 = 2I_{1,2}} 3I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{10} \Rightarrow \text{عدد آمپرسنج در حالت اول} = I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{30}$$

گام سوم در حالت دوم باتری به دو سر A و C وصل شده است. در این حالت باتری به دو سر $R_{1,2}$ به صورت مستقیم وصل شده است و جریان آمپرسنج برابر است با:



$$\text{عدد آمپرسنج در حالت دوم} = I'_{1,2} = \frac{\varepsilon}{R_{1,2}} = \frac{\varepsilon}{12}$$

گام چهارم نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{\text{عدد آمپرسنج در حالت دوم}}{\text{عدد آمپرسنج در حالت اول}} = \frac{\frac{\varepsilon}{12}}{\frac{\varepsilon}{30}} = \frac{5}{2}$$