نام و نام خانوادگی: ۴۵ تست سراسری از مدار

فیزیک یازدهم فصل دو

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۱ مقاومت الکتریکی سیمی ۶Ω است. $\frac{۳}{۴}$ سیم را بریده و کنار می‌گذاریم و $\frac{۱}{۴}$ باقی‌مانده را از دستگاهی عبور می‌دهیم تا آن را یکنواخت نازک کرده و طولش را به طول سیم اولیه برساند. با ثابت ماندن دما، مقاومت سیم جدید چند اهم می‌شود؟ سراسری- ۱۳۹۹

۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۸ ۴) ۲۴

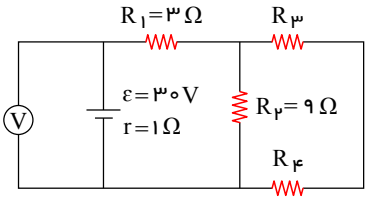
پاسخ: گزینه ۴

$$\begin{cases} R_۱ = ۶\Omega = \rho\frac{L_۱}{A} \\ R = \rho\frac{L_۲}{A} \xrightarrow{L_۲=L_۱\frac{۱}{۴}} R_۲ = \frac{۱}{۴}R_۱ = ۱٫۵\Omega \Rightarrow \rho\frac{L_۲}{A} = ۱٫۵\Omega \end{cases}$$

در گام بعدی طول سیم را افزایش می‌دهیم تا به $L_۱$ برسد:

$$\begin{cases} \frac{R_۳}{R_۲} = (\frac{L_۳}{L_۲})^۲ \xrightarrow{\text{چون حجم ثابت است}} A_۳L_۳ = A_۲L_۲ \Rightarrow \frac{L_۳}{L_۲} = (\frac{A_۲}{A_۳}) \Rightarrow \frac{R_۳}{R_۲} = (\frac{L_۳}{L_۲})(\frac{A_۲}{A_۳}) = (\frac{L_۳}{L_۲}) \\ L_۳ = L_۱ \text{ و } L_۲ = \frac{۱}{۴}L_۱ \Rightarrow (L_۲ = \frac{۱}{۴}L_۳) \Rightarrow \frac{R_۳}{R_۲} = ۱۶ \Rightarrow R_۳ = ۱۶R_۲ = ۱۶ \times ۱٫۵ \Rightarrow R_۳ = ۲۴\Omega \end{cases}$$

۲ در مدار زیر، اگر ولت‌سنج آرمانی ۲۷ ولت را نشان دهد و توان مصرفی مقاومت $R_۴$ برابر ۶ وات باشد، اندازهٔ مقاومت $R_۳$ چند اهم است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۹



۱) ۶
۲) ۹
۳) ۱۲
۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۳ در ابتدا جریان کل مدار را محاسبه می‌کنیم، سپس مرحله به مرحله به صورت زیر عمل می‌کنیم.

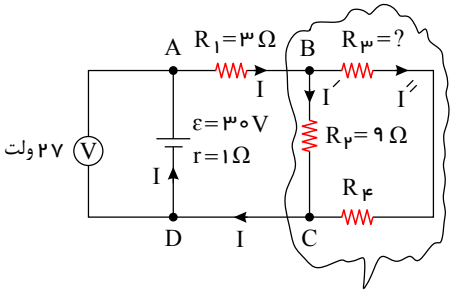
$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow ۲۷ = ۳۰ - ۱ \times I \Rightarrow I = ۳A$$

$$V_{AD} = V_۱ + V_{BC} \rightarrow ۲۷ = ۳ \times ۳ + ۹I' \rightarrow I' = ۲A$$

$$I + I' + I'' \rightarrow ۳ = ۲ + I'' \rightarrow I'' = ۱A$$

$$P_۴ = R_۴I^۲ \rightarrow ۶ = R_۴(۱)^۲ \rightarrow R_۴ = ۶\Omega$$

$$V_{BC} = V_۳ + V_۴ \rightarrow ۱۸ = R_۳ \times ۱ + ۶ \times ۱ \rightarrow R_۳ = ۱۲\Omega$$



$$R_{eq} = R_۱ + R' \rightarrow ۹ = ۳ + R' \rightarrow R' = ۶\Omega$$

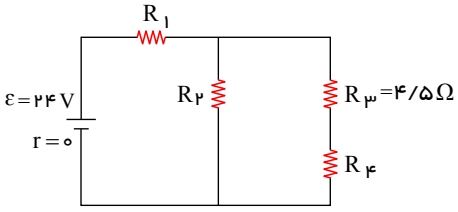
روش دوم: ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مولد که همان اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از مقاومتهای موازی است را می‌یابیم:

$$V = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۲ \times ۲ \rightarrow V = ۸V$$

حال اگر جریان عبوری از هر یک از مقاومتهای ۱۰Ω و ۲۰Ω را محاسبه می‌کنیم:

$$I=\frac{V}{R}\rightarrow\begin{cases}I_1=\frac{۸}{۲۰}=\frac{۴}{۱۰}\\ I_۲=\frac{۸}{۱۰}\end{cases}\xrightarrow{I_{کل}=۲A}\begin{cases}R\text{ جریان عبوری از}\\ I_۳=۲-۱/۲=۰/۸\end{cases}\rightarrow R=۱۰\Omega$$

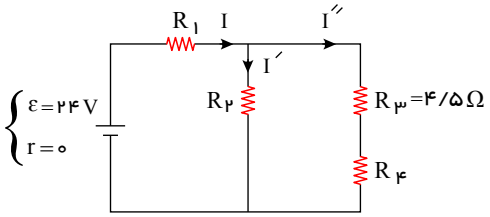
۳ در مدار زیر، توان مصرفی هریک از مقاومت‌ها یکسان است. جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ چند آمپر است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۹



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: گزینه ۱ اگر جریان کل مدار را I و جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ را I' و جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ را I'' بنامیم:

$$P_{R_۳}=P_{R_۴}\Rightarrow R_۳I''^۲=R_۴I''^۲\Rightarrow R_۴=R_۳=۴/۵\Omega\quad(۱)$$



$$\begin{cases}P_{R_۲}=P_{R_۳}\Rightarrow\frac{V_{R_۲}^۲}{R_۲}=\frac{V_{R_۳}^۲}{R_۳}\xrightarrow{(*)}\frac{۴}{R_۲}=\frac{۱}{۴/۵}\Rightarrow R_۲=۱۸\Omega\quad(۲)\\ V_{R_۲}=V_{R_۳}+V_{R_۴}=۲V_{R_۳}\quad(*)\end{cases}$$

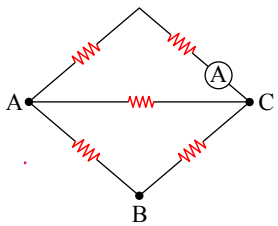
$$R_۲=۲R_{۳,۴}\Rightarrow\begin{cases}I''=۲I'\Rightarrow P_{R_۱}=P_{R_۳}\Rightarrow R_۱I^۲=R_۳(I'')^۲\\ I=I'+I''=\frac{۳}{۲}I''\end{cases}\Rightarrow R_۱(\frac{۳}{۲}I'')^۲=۴/۵I''^۲\Rightarrow\frac{۹}{۴}R_۱=۴/۵\Rightarrow R_۱=۲\Omega\quad(۳)$$

$$(۱)\text{ و }(۲)\text{ و }(۳)\Rightarrow R_{eq}=۲+\frac{۹\times۱۸}{۹+۱۸}=۲+\frac{۹\times۱۸}{۲۷}=۸\Omega\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۲۴}{۰+۸}=۳A\Rightarrow I'=(\frac{R_{۳,۴}}{R_{۳,۴}+R_۲})I=(\frac{۹}{۹+۱۸})\times۳=۱A$$

سخت

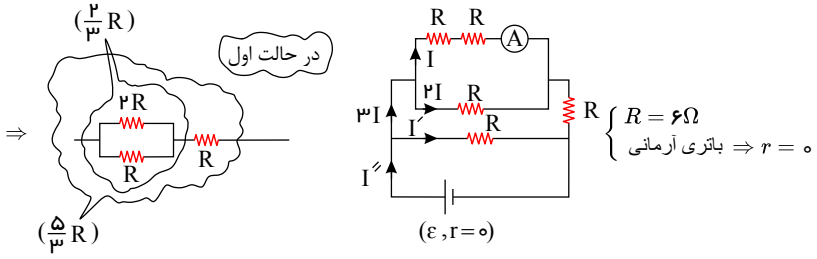
فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۴ در شکل زیر، هریک 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؟ خارج از کشور- ۱۳۹۹

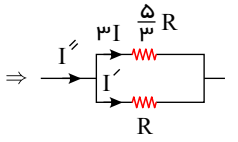


۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) $\frac{۵}{۲}$
۳) $\frac{۵}{۳}$
۴) ۳

پاسخ: گزینه ۲ در حالت اول:

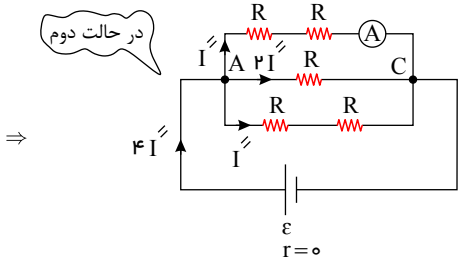


$\begin{cases} R = ۶\Omega \\ \text{باتری آرمانی} \Rightarrow r = ۰ \end{cases}$



$$\begin{cases} ۳I = (\dfrac{R}{R+\frac{۵}{۳}R})I'' = (\frac{۳}{۸})(\frac{۸}{۵}\frac{\varepsilon}{R}) = \frac{۳}{۵}\frac{\varepsilon}{\underset{\searrow}{R}} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{۳۰} \\ R_{eq} = \dfrac{\frac{۵}{۳}R \times R}{\frac{۵}{۳}R + R} = \dfrac{\frac{۵}{۳}R^{۲}}{\frac{۸}{۳}R} = \frac{۵}{۸}R \Rightarrow I'' = \dfrac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{\frac{۵}{۸}R} = \frac{۸\varepsilon}{۵R} \end{cases}$$

در حالت دوم:



$$\begin{cases} ۴I'' = \dfrac{\varepsilon}{r+R'_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{R'_{eq}} = \dfrac{۲\varepsilon}{\underset{\searrow}{R}} = \frac{\varepsilon}{۳} \\ R'_{eq} = \dfrac{R}{۲} \end{cases}$$

$$۴I'' = \frac{\varepsilon}{۳} \Rightarrow I'' = \frac{\varepsilon}{۱۲} \Rightarrow \frac{I''}{I} = \frac{\frac{\varepsilon}{۱۲}}{\frac{\varepsilon}{۳۰}} = \frac{۳۰}{۱۲} = \frac{۵}{۲}$$

متوسط

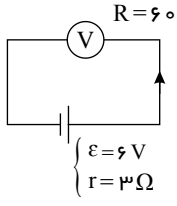
فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۵ یک ولت‌سنج به مقاومت $۶۰k\Omega$ را به دوسر یک باتری با نیروی محرکهٔ ۶ ولت و مقاومت درونی ۳Ω می‌بندیم. مرتبهٔ بزرگی تعداد الکترون‌هایی که در هر دقیقه از این ولت‌سنج می‌گذرند، چقدر است؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

سراسری- ۱۳۹۹

۱) $۱۰^{۱۶}$ ۲) $۱۰^{۱۷}$ ۳) $۱۰^{۱۸}$ ۴) $۱۰^{۱۹}$

پاسخ: گزینه ۲



$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} \rightarrow \begin{cases} n = \dfrac{It}{e} = \dfrac{۶ \times ۶۰}{۶۰۰۰۳ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} \\ I = \dfrac{\varepsilon}{r+R} = \dfrac{۶}{۳+۶۰۰۰} = \dfrac{۶}{۶۰۰۰۳} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 \le X < 5 \Rightarrow X = 10 = 1 \\ 5 \le X < 10 \Rightarrow X = 10 = 10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6 \sim 10 \\ 60 = 6 \times 10 \sim 10^2 \\ 60003 = 6{,}0003 \times 10^4 = 10^1 \times 10^4 = 10^5 \\ 1{,}6 \sim 10^0 = 1 \end{cases} \Rightarrow n \sim \frac{10 \times 10^2}{10^5 \times 1 \times 10^{-19}} = 10^{17}$$

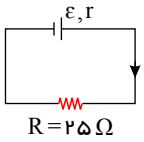
۶ یک مقاومت ۲۵ اهمی را به یک باتری می‌بندیم، جریان $2A$ از آن عبور می‌کند. اگر یک مقاومت ۱۰۰ اهمی را با مقاومت ۲۵ اهمی موازی ببندیم، جریانی که در این حالت از مقاومت ۲۵ اهمی عبور می‌کند، $1{,}92A$ می‌شود. توان خروجی باتری در مدار دوم چند وات بیشتر از توان خروجی باتری در مدار اول است؟

سراسری- ۱۳۹۹

۱) ۲ ۲) ۴٫۸ ۳) ۱۵٫۲ ۴) ۲۴

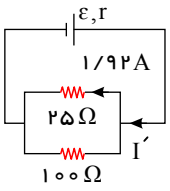
پاسخ: گزینه ۳

توان خروجی باتری، همان توان مصرفی مقاومت معادل مدار است. بنابراین در هر حالت داریم:

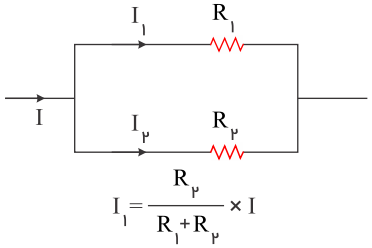


$$\text{حالت اول} \Rightarrow \text{توان خروجی باتری} \Rightarrow P_1 = \overset{\text{توان مصرفی}}{P}_{Req} = RI^2 = 25 \times 2^2 = 100W \Rightarrow P_1 = 100W \quad (1)$$

در حالت دوم که دو مقاومت $25\Omega, 100\Omega$ موازی بسته شده‌اند، جریان کل مدار را به صورت زیر می‌یابیم:



$$\text{حالت دوم} \Rightarrow 1{,}92 = \left(\frac{100}{125}\right)I' \Rightarrow I' = \frac{5}{4} \times 1{,}92 \Rightarrow I' = 2{,}4A$$



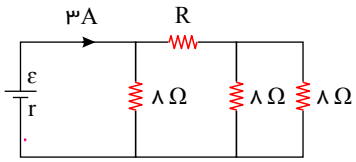
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$

$$\begin{cases} \overset{\text{توان خروجی باتری}}{P_2} = \overset{\text{توان مصرفی}}{P}_{Req} = (20)(2{,}4)^2 = 115{,}2 \Rightarrow P_2 = 115{,}2W \quad (2) \\ R_{eq} = \dfrac{25 \times 100}{25 + 100} = \dfrac{25 \times 100}{125} = \dfrac{100}{5} = 20\Omega \end{cases}$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow \Delta P = 115{,}2 - 100 = 15{,}2W \Rightarrow \Delta P = 15{,}2W$$

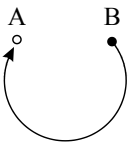
۷ در شکل روبه‌رو، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R، ۱۲ ولت است، R چند اهم است؟

سراسری- ۱۳۹۹

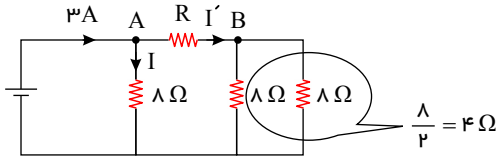


۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۴



$$\Rightarrow V_B - ۴I' + ۸I = V_A \Rightarrow V_A - V_B = V_{AB} = ۱۲ = ۸I - ۴I'$$



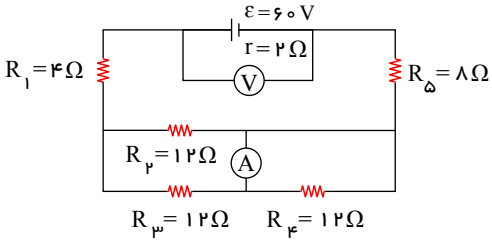
$$\Rightarrow ۲I - I' = ۳ \xrightarrow[I+I'=۳A]{\text{از طرفی}} \begin{cases} I + I' = ۳A \\ ۲I - I' = ۳A \end{cases}$$

$$۳I = ۶A \Rightarrow I = ۲A \quad و \quad I' = ۱A$$

$$V_{AB} = RI' \Rightarrow ۱۲ = R \times ۱ \Rightarrow R = ۱۲\Omega$$

۸ در مدار زیر، ولت‌سنج آرمانی و آمپرسنج آرمانی چه اعدادی را نشان می‌دهند؟

سراسری- ۱۳۹۹



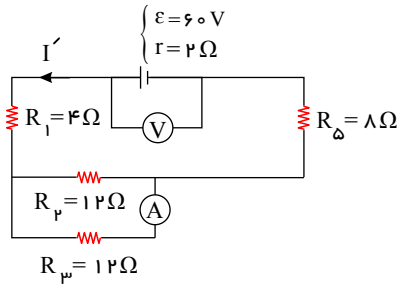
۱) $۱/۵A, ۵۴V$

۲) $۱/۵A, ۵۵V$

۳) $۳A, ۵۴V$

۴) $۳A, ۵۵V$

پاسخ: گزینه ۱ چون مقاومت آمپرسنج ایده‌آل ناچیز است، مقاومت $R_۴$ اتصال کوتاه شده و حذف می‌گردد:

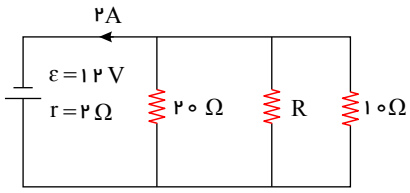


$$\Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۶۰}{۲ + (۴ + \frac{۱۲}{۲} + ۸)} \Rightarrow I' = ۳A \rightarrow \text{عدد آمپرسنج} = ۱/۵A$$

$$\text{عدد ولت‌سنج} = \varepsilon - rI = ۶۰ - ۲ \times ۳ = ۵۴V$$

۹ در شکل زیر، در مقاومت R در هر دقیقه چند ژول انرژی مصرف می‌شود؟

خارج از کشور- ۱۳۹۹



۱) ۶۴۸

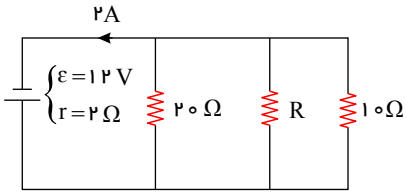
۲) ۵۲۶

۳) ۴۷۲

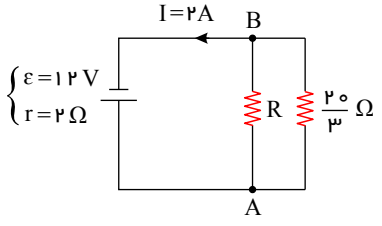
۴) ۳۸۴

پاسخ: گزینه ۴

معادل ۲ مقاومت ۱۰Ω و ۲۰Ω را R' می‌نامیم. بنابراین داریم:



$$R' = \frac{۲۰ \times ۱۰}{۲۰ + ۱۰} = \frac{۲۰۰}{۳۰} = \frac{۲۰}{۳}\Omega$$



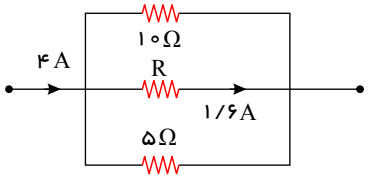
$$I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}\Rightarrow ۲=\frac{۱۲}{۲+R_{eq}}\Rightarrow R_{eq}=۴\Omega\Rightarrow R_{eq}=۴=\frac{R\times\frac{۲۰}{۳}}{R+\frac{۲۰}{۳}}\Rightarrow ۴R+\frac{۸۰}{۳}=\frac{۲۰}{۳}R\Rightarrow\frac{۲۰R}{۳}-۴R=\frac{۸۰}{۳}\Rightarrow\frac{۸R}{۳}=\frac{۸۰}{۳}\Rightarrow R=۱۰\Omega$$

$$V_{AB}=\Delta V_{\text{باتری}}=\varepsilon-rI=۱۲-۲\times۲=۸V\Rightarrow P_R=\frac{V_{AB}^{۲}}{R}=\frac{۸^{۲}}{۱۰}=۶/۴W$$

$$U_R=P_R\times\Delta t=۶/۴\times۶۰=۳۸۴J\Rightarrow U_R=۳۸۴J\rightarrow P=RI^{۲}t=۱۰\times(۰/۸)^{۲}\times۶۰=۳۸۴J$$

۱۰ شکل زیر، قسمتی از یک مدار الکتریکی است. انرژی که در مدت ۲۵ دقیقه در مقاومت R مصرف می‌شود، چند کیلوژول است؟

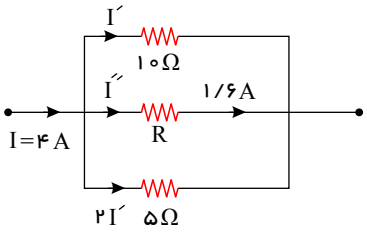
سراسری- ۱۳۹۹



۱) ۴٫۸
۲) ۹٫۶
۳) ۱۹٫۲
۴) ۲۷٫۴

پاسخ: گزینه ۳

بدیهی است جریان عبوری از مقاومت ۱۰Ω نصف جریان عبوری از مقاومت ۵Ω است:

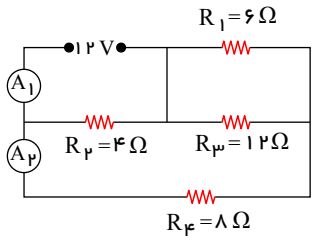


$$I=۴A=۳I'+۱/۶\Rightarrow ۳I'=۲/۴A\Rightarrow I'=۰/۸A$$
$$V_R=V_{R=۱۰\Omega}=۱۰\Omega\times۰/۸=۸V\Rightarrow P=V_R\times I''=۸\times۱/۶\Rightarrow U=Pt=۱۲/۸\times۲۵\times۶۰=۱۹۲۰۰J=۱۹/۲kJ\Rightarrow U=۱۹/۲kJ$$

دیدیم نیازی به محاسبهٔ R نبود. (هرچند به سهولت قابل محاسبه بود!)

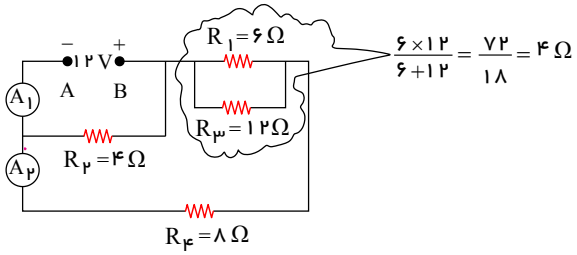
۱۱ در مدار زیر، آمپرسنج‌های آرمانی $A_۱$ و $A_۲$ به‌ترتیب چند آمپر را نشان می‌دهند؟

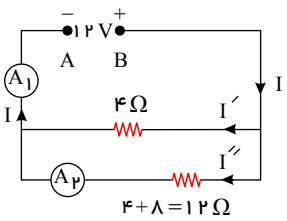
خارج از کشور- ۱۳۹۹



۱) ۳ و ۱
۲) ۳ و ۱٫۵
۳) ۴ و ۱
۴) ۴ و ۱٫۵

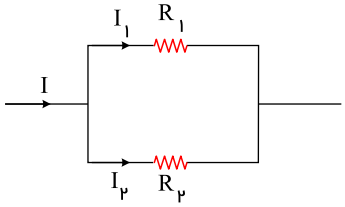
پاسخ: گزینه ۳ کافی است کمی مقاومت $R_۳$ را جابه‌جا کنیم:





$$I=\frac{V_{AB}}{R_{eq}}=\frac{۱۲}{\frac{۴\times۱۲}{۴+۱۲}}=\frac{۱۲}{۳}=۴A$$

تذکر: در تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی می‌توان به صورت زیر عمل کرد.



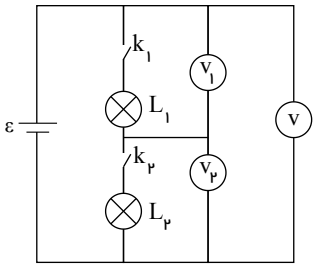
$$\begin{cases} I_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} I \\ I_2 = \frac{R_1}{R_1+R_2} I \end{cases}$$

$$I'' = \left(\frac{۴}{۴+۱۲}\right) \times ۴ = ۱A$$

سخت

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۱۲ در شکل زیر، ولت‌سنج‌ها آرمانی هستند و هر دو لامپ روشن است. اگر کلید k_1 را قطع کنیم، کدام‌یک از ولت‌سنج‌ها صفر را نشان می‌دهد؟ سراسری- ۱۴۰۰



۱) V_1

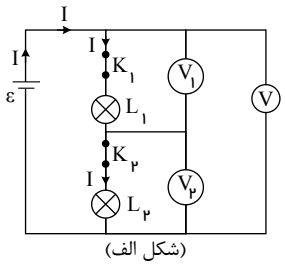
۲) V_2

۳) V_1 و V

۴) V_2 و V

پاسخ: **گزینه ۲** نکته: می‌دانیم از ولت‌سنج‌های آرمانی جریانی عبور نمی‌کند. پس مسیر جریان در ابتدا به شکل زیر است (شکل الف).

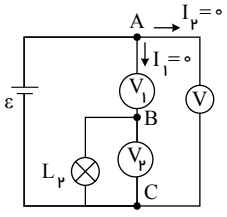
K_1 قبل از قطع کلید ←



(شکل الف)

در شکل (ب) لامپ L_1 با قطع کلید K_1 از مدار حذف می‌گردد، در مورد جریان هم دقت کنیم، جریان اصلی و تمام شاخه‌ها صفر است.

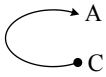
K_1 بعد از قطع کلید ←



(شکل ب)

ولت‌سنج V:

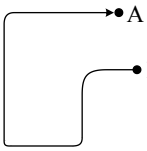
$V_{AC}=?$



$\Rightarrow V_C+\varepsilon=V_A \Rightarrow V_{AC}=\varepsilon\neq 0 \Rightarrow V\neq 0$

ولت‌سنج V_1:

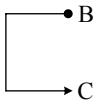
$V_{AB}=?$



$\Rightarrow V_B-R_2\cancel{I_2}^{\,0}+\varepsilon=V_A \Rightarrow V_{AB}=V_1\neq 0$

ولت‌سنج V_2:

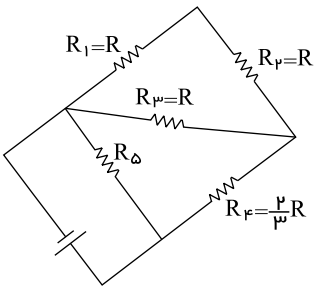
$V_{BC}=?$



$\Rightarrow V_B-R_2\cancel{I_2}^{\,0}=V_C \Rightarrow V_{BC}=V_2=0$

نکتهٔ مهم: هرگاه جریان عبوری از مقاومت R صفر باشد آن مقاومت مثل یک سیم رسانای بدون مقاومت عمل می‌کند!

۱۳ در مدار زیر، توان مصرفی مقاومت R_3، $\frac{1}{3}$ توان مصرفی مقاومت R_5 است. مقاومت معادل مدار چند برابر R است؟ سراسری- ۱۴۰۰



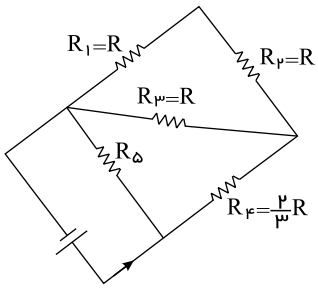
۱) $\frac{8}{3}$

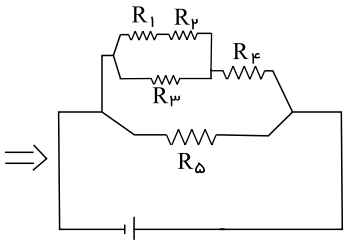
۲) $\frac{4}{3}$

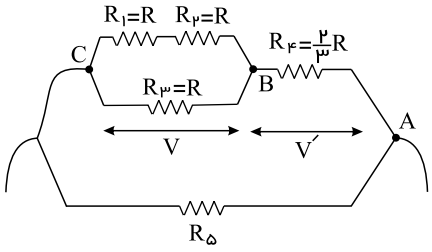
۳) $\frac{2}{3}$

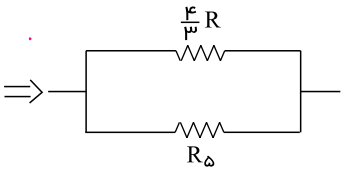
۴) $\frac{1}{3}$

پاسخ: گزینه ۳









مقاومت بین A و B برابر $\frac{2}{3}R$ است و $(R_{eq})_{BC}=\frac{2R\times R}{2R+R}=\frac{2}{3}R$

مقاومت بین B و C هم $\frac{۲}{۳}R$ است و چون متوالی هستند و جریان‌ها نیز برابرند، بنابراین:

$$V = V' \Rightarrow V_{R_۵} = ۲V_{R_۳} \xrightarrow{V_{R_۳}=V} V_{R_۵} = ۲V$$

$$\begin{cases} P_{R_۳} = \frac{۱}{۲}P_{R_۵} \Rightarrow \frac{V^۲}{R_۳} = \frac{۱}{۳}(\frac{۴V^۲}{R_۵}) \Rightarrow \frac{۱}{R} = \frac{۴}{۳R_۵} \Rightarrow R_۵ = \frac{۴}{۳}R \\ V_{R_۳} = \Delta V_{BC} = V \\ V_{R_۵} = ۲V \end{cases}$$

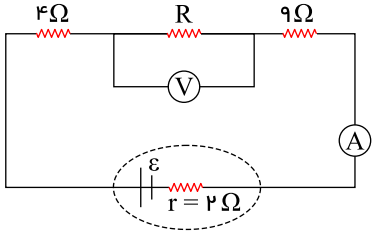
$$R_{eq} = ? \Rightarrow \quad \frac{۴}{۳}\text{R} \;\text{//}\; \text{R}_۵ \rightarrow R_{eq} = \frac{\frac{۴}{۳}R}{۲} = \frac{۲}{۳}R \rightarrow R_{eq} = \frac{۲}{۳}R$$

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۱۴ در شکل زیر، ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی به‌ترتیب ۱۲ ولت و ۰٫۸ آمپر را نشان می‌دهند. نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟

سراسری- ۱۴۰۱



۱) ۳۶

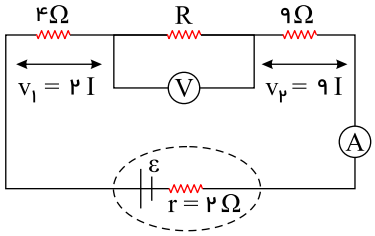
۲) ۲۴

۳) ۱۸

۴) ۱۶

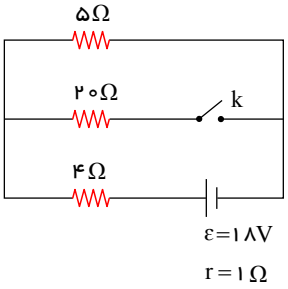
پاسخ: گزینه ۲

می‌دانیم که در اینجا نیروی محرکه، مجموع اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی و افت پتانسیل در مولد را تامین می‌کند. بنابراین داریم:



$$\varepsilon = rI + V_۱ + V + V_۲ \rightarrow \varepsilon = rI + ۴I + V + ۹I \xrightarrow[V=۱۲V]{I=۰٫۸A} \varepsilon = ۲ \times ۰٫۸ + ۴ \times ۰٫۸ + ۱۲ + ۹ \times ۰٫۸ \rightarrow \varepsilon = ۲۴V$$

۱۵ در مدار زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵ اهمی چگونه تغییر می‌کند؟ سراسری- ۱۳۹۹



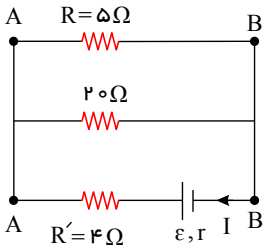
۱) ۸ ولت کاهش می‌یابد.

۲) ۸ ولت افزایش می‌یابد.

۳) یک ولت کاهش می‌یابد.

۴) یک ولت افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳



قبل از بستن کلید $\Rightarrow R_{eq}=۴+۵=۹\Omega \Rightarrow I_{\text{اصلی}}=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۱۸}{۱+۹}=۱/۸A$

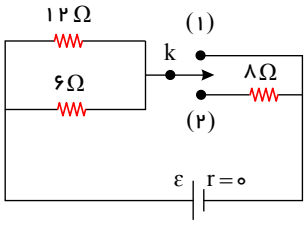
$\Delta V_{(R=۵\Omega)}=۵\times ۱/۸=۹V \quad (۱)$

با بستن کلید $\Rightarrow R_{eq}=۴+\frac{۲۰\times ۵}{۲۰+۵}=۴+\frac{۱۰۰}{۲۵}=۸\Omega \Rightarrow I'_{\text{اصلی}}=\frac{۱۸}{۱+۸}=\frac{۱۸}{۹}=۲A$

$\Delta V'_{(R=۵\Omega)}=\Delta V_{AB}=\varepsilon-(r+R')I'=۱۸-(۱+۴)(۲)\rightarrow \Delta V'=۸V \quad (۲)$

$\xrightarrow{(۱)\text{ و }(۲)} ۹V \xrightarrow{\text{تغییر می‌یابد به}} ۸V \Rightarrow$ ۱ ولت کاهش یافته است.

۱۶ در مدار شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار دارد و توان خروجی باتری $P_۱$ است. اگر کلید در حالت (۲) قرار گیرد، توان خروجی باتری $P_۲$ می‌شود. $\frac{P_۲}{P_۱}$ چقدر است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۹



۱) ۲

۲) $\frac{۲}{۳}$

۳) $\frac{۱}{۲}$

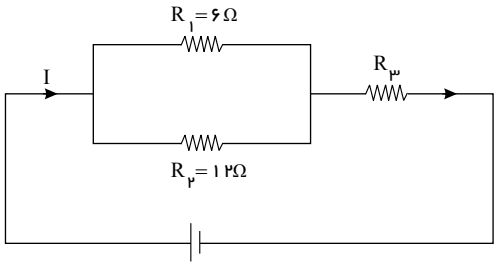
۴) $\frac{۱}{۳}$

پاسخ: گزینه ۴ می‌دانیم توان خروجی باتری از رابطهٔ: $P=\varepsilon I-rI^۲$ محاسبه می‌شود که برابر با توان مصرفی مقاومت‌های خارجی مدار یعنی: $P_{R_{eq}}=R_{eq}I^۲=\frac{V^۲}{R_{eq}}$ است. (در صورتی که یک باتری داشته باشیم.)

$$V=\varepsilon \begin{cases} P_۱=\frac{V^۲}{R_{eq}}=\frac{\varepsilon^۲}{۴} \text{ و } R_{eq}=\frac{۶\times ۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega \\ P_۲=\frac{V^۲}{R'_{eq}}=\frac{\varepsilon^۲}{۱۲} \text{ و } R'_{eq}=۱۲\Omega \end{cases}$$

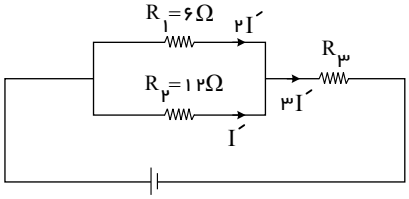
$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{\frac{\varepsilon^۲}{۱۲}}{\frac{\varepsilon^۲}{۴}}=\frac{۴}{۱۲}=\frac{۱}{۳}\Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱}=\frac{۱}{۳}$$

۱۷ شکل زیر یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. اگر توان مصرفی مقاومت $R_۳$، ۶ برابر توان مصرفی مقاومت $R_۲$ باشد، $R_۳$ چند اهم است؟ سراسری- ۱۴۰۰



۱) ۱۸
۲) ۱۲
۳) ۸
۴) ۶

پاسخ: **گزینه ۳** گام اول: جریان (جریان کمتر) گذرنده از $R_۲$ را، I' نام‌گذاری می‌کنیم. آنگاه:



$$\begin{cases} R_۲ \to I' \\ R_۱ = \frac{۱}{۲}R_۲ \Rightarrow I_۱ = ۲I_۲ = ۲I' \\ R_۳ \Rightarrow I_۳ = I_۱ + I_۲ = ۳I' \end{cases}$$

$$P_{R_۳} = ۶P_{R_۲} \Rightarrow R_۳I_۳^۲ = ۶R_۲I'^۲ \Rightarrow R_۳(۹I'^۲) = ۶ \times ۱۲ \times I'^۲ \Rightarrow R_۳ = ۸\Omega$$

آسان

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

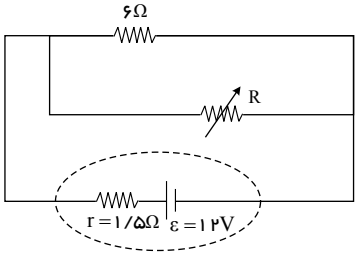
۱۸ در پدیدهٔ اَبَر رسانایی، مقاومت ویژهٔ جسم با کاهش دما: سراسری- ۱۴۰۰

۱) با شیب ثابتی به صفر می‌رسد و در دماهای پایین‌تر نیز صفر می‌ماند.
۲) کاهش می‌یابد و در دمای خاصی، ناگهان به مقدار زیادی افزایش می‌یابد.
۳) در دمای خاصی به‌صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و با ادامهٔ کاهش دما، دوباره افزایش می‌یابد.
۴) در دمای خاصی به‌صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند.

پاسخ: **گزینه ۴** نکته: مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می شود، در حالی‌که مقاومت ویژهٔ نیمه‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی موارد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاص به‌صورت ناگهانی به صفر اُفت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند؛ این پدیده را «ابررسانایی» می‌گویند.

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۱۹ در شکل زیر، اگر مقاومت متغیر از صفر به ۱۸Ω افزایش یابد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری از چند ولت به چند ولت تغییر می‌کند؟ سراسری- ۱۴۰۰



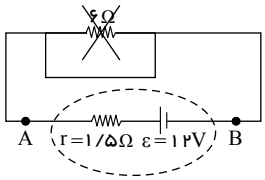
۱) ۱۲ به ۶

۲) ۱۲ به ۹

۳) صفر به ۶

۴) صفر به ۹

پاسخ: **گزینه ۴** در حالت اول که مقاومت متغیر صفر است، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است. یعنی:

حالت اول $\rightarrow [R=۰] \Rightarrow$ 

$\Rightarrow V_A = V_B$ (نقاط A و B هم پتانسیل‌اند) $\Rightarrow \Delta V_{\text{باتری}} = V_A - V_B = ۰$ (۱)

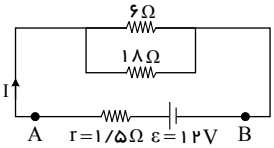
با $I = \dfrac{\varepsilon}{r + \cancel{R_{eq}^{۰}}} = \dfrac{۱۲}{۱/۵} = ۸A \Rightarrow \Delta V_{AB} = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۱/۵ \times ۸ = ۰$]

در حالت دوم، ابتدا مقاومت معادل، سپس جریان تولیدی توسط مولد و در نهایت اختلاف پتانسیل دو سر مولد را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq} = \frac{۶ \times ۱۸}{۶ + ۱۸} = ۴/۵\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{۱۲}{۴/۵+۱/۵} = ۲A$$

$$V = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۱/۵ \times ۲ \rightarrow V = ۹V$$

حالت دوم $\rightarrow [R = ۱۸\Omega] \Rightarrow$ 

روش دیگر:

$$V'_{AB} = \varepsilon - rI = \varepsilon - r\left(\frac{\varepsilon}{r + R_{eq}}\right) = \frac{\varepsilon r + \varepsilon R_{eq} - r\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow \begin{cases} V'_{AB} = \dfrac{\varepsilon R_{eq}}{r + R_{eq}} = \dfrac{۱۲ \times ۴/۵}{۱/۵ + ۴/۵} = \dfrac{۵۴}{۶} = ۹V \Rightarrow V'_{AB} = ۹V \quad (۲) \\ R_{eq} = \dfrac{۶ \times ۱۸}{۶ + ۱۸} = \dfrac{۶ \times ۱۸}{۲۴} = ۴/۵\Omega \end{cases}$$

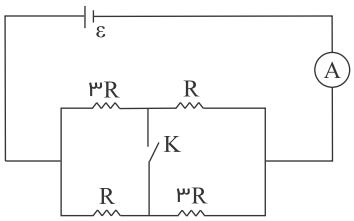
از صفر به $۹V$ افزایش می‌یابد. $\Rightarrow (۱), (۲)$

سخت

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۲۰ در مدار شکل زیر، آمپرسنج آرمانی ۱٫۲ آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید را وصل کنیم، از مسیر کلید، جریان الکتریکی چند آمپر می‌گذرد؟

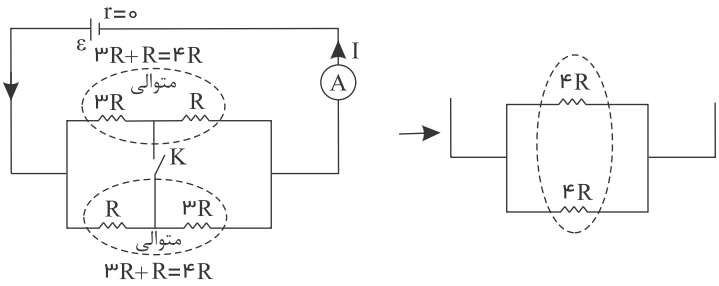
خارج از کشور- ۱۴۰۰



۱) ۰٫۲
۲) ۰٫۴
۳) ۰٫۶
۴) ۰٫۸

پاسخ: گزینه ۴

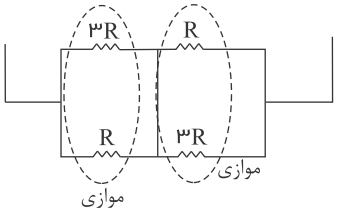
در حالتی که کلید باز است:



$$R_{eq}=\frac{۴R}{۲}=۲R$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{r=۰}۱٫۲=\frac{\varepsilon}{۲R}\rightarrow\varepsilon=۲٫۴R$$

در حالتی که کلید بسته است:

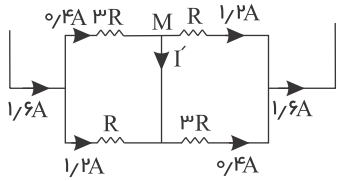


$$R_{eq}=\frac{۳}{۴}R+\frac{۳}{۴}R\rightarrow R_{eq}=\frac{۳}{۲}R$$

$$\frac{۳R\times R}{۴R}=\frac{۳}{۴}R\quad\frac{R\times ۳R}{۴R}=\frac{۳}{۴}R$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۲٫۴R}{\frac{۳}{۲}R}\rightarrow I'=۱٫۶A$$

با تقسیم جریان بین دو مقاومت $3R$ و R و قانون گره داریم:

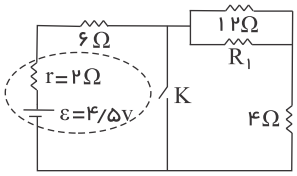


$$۰/۴ + I' = ۱/۲ \rightarrow I' = ۰/۸A$$

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۲۱ در شکل زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت ۶ اهمی دو برابر می‌شود. R_1 چند اهم است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۰



۱) ۲/۴

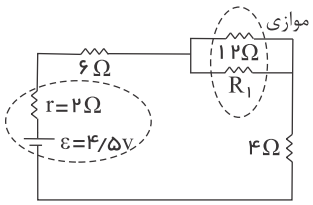
۲) ۳

۳) ۶

۴) ۸/۲

پاسخ: گزینه ۳

هنگامی که کلید باز است، داریم:

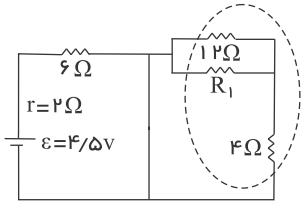


$$R_{eq} = ۶ + ۴ + R' = ۱۰ + \frac{۱۲R_1}{۱۲ + R_1}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۴/۵}{۱۰ + \frac{۱۲R_1}{۱۲+R_1} + ۲} = \frac{۴/۵}{\frac{۱۲R_1}{۱۲+R_1} + ۱۲}$$

$$V_{R=۶\Omega} = ۶I = \frac{۶ \times ۴/۵}{\frac{۱۲R_1}{۱۲+R_1} + ۱۲}$$

در حالت دوم که کلید بسته است، سمت راست مدار به طور کلی اتصال کوتاه شده و داریم:



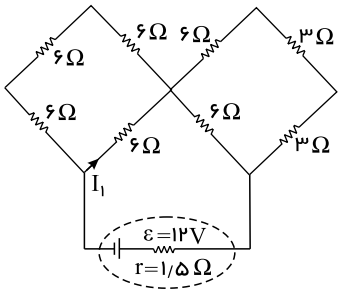
$$I = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۴/۵}{۶ + ۲} = \frac{۴/۵}{۸}$$

$$V'_{R=۶\Omega}=۶I'=\frac{۶\times ۸/۵}{۸}=\frac{۱۳/۵}{۴}$$

از طرفی طبق فرض سؤال داریم:

$$V_{R=۶\Omega}=۲V_{V_{R=۶\Omega}}=\frac{۱۳/۵}{۴}=۲\times\frac{۶\times ۴/۵}{\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱}+۱۲}\rightarrow ۱۵=\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱+۱۲}\rightarrow R_۱=۶\Omega$$

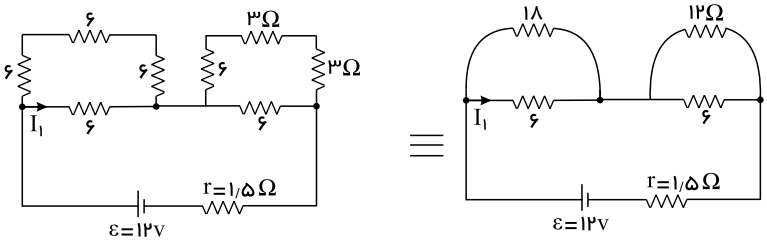
۲۲ در مدار مطابق شکل زیر، $I_۱$ چند آمپر است؟ سراسری- ۱۴۰۰



۱) ۰/۳
۲) ۰/۶
۳) ۰/۹
۴) ۱/۲

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا مدار را به صورت زیر مرتب می‌کنیم. سپس جریان کل و بعد از آن جریان عبوری از هر شاخه را می‌یابیم.



$$R_{eq}=\frac{۶\times ۱۸}{۶+۱۸}+\frac{۶\times ۱۲}{۶+۱۲}=۴/۵+۴=۸/۵\Omega$$

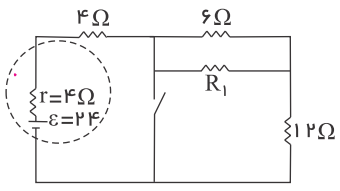
$$I_t=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۲}{۸/۵+۱/۵}=۱/۲A\rightarrow I_t=۱/۲A$$

میدانیم که در اتصال موازی دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ داریم:

$$I_۱=\frac{R_۲}{R_۱+R_۲}I \text{ و } I_۲=\frac{R_۱}{R_۱+R_۲}I$$

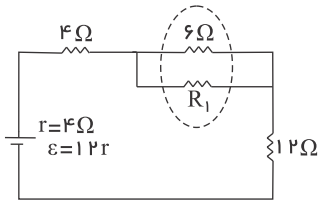
$$\rightarrow I_۱=(\frac{۱۸}{۶+۱۸})I_t=(\frac{۳}{۴})(۱/۲)=۰/۹A$$

۲۳ در شکل زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. $R_۱$ چند اهم است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۰



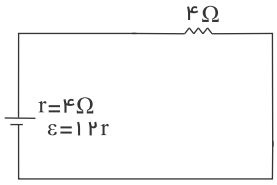
۱) ۳
۲) ۶
۳) ۱۲
۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۳ در حالتی که کلید باز است، داریم:



$$R' = \frac{۶R_۱}{۶ + R_۱}$$
$$R_{eq} = ۱۶ + R'$$
$$V_{\text{دو سر مولد}} = \frac{R_{eq} + \varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{(۱۶ + R') \times ۱۲}{۲۰ + R'}$$

در حالتی که کلید بسته شود کل مقاومت‌های R' و ۱۲Ω، اتصال کوتاه می‌شوند و مدار به صورت زیر خواهد بود. در این صورت ولتاژ دو سر مولد (v') باربر است با:



$$V' = \frac{R_{eq} + \varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۴ \times ۱۲}{۴ + ۴} = v' = ۶v$$

از طرفی طبق صورت سوال که با بستن کلید، ولتاژ دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می‌یابد، پس فقط ۶۰ درصد ولتاژ آن برابر ۱۲ است یعنی:

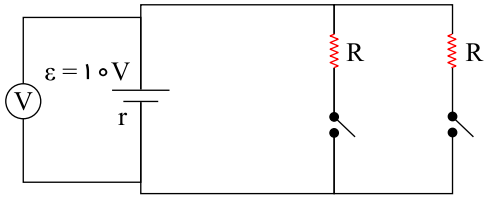
$$v' = ۰/۶v \xrightarrow{v'=۶v} ۶ = ۰/۶v \to V = ۱۰v \xrightarrow{(۱)} \frac{(۱۶ + R') \times ۱۲}{۲۰ + R'} = ۱۰ \to R' = ۴\Omega$$

و در نهایت داریم:

$$R' = \frac{۶R_۱}{۶ + R_۱} \xrightarrow{R'=۴} ۴ = \frac{۶R_۱}{۶ + R_۱} \to R_۱ = ۱۲\Omega$$

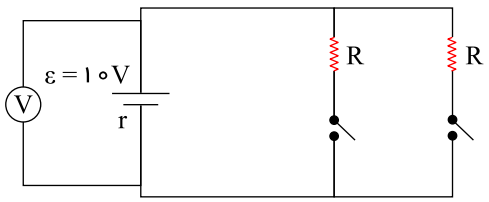
۲۴ در مدار زیر، هنگامی که فقط یکی از کلیدها بسته باشد، ولت‌سنج آرمانی عدد ۶ ولت را نشان می‌دهد. اگر هر دو کلید بسته باشند، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟

سراسری- ۱۴۰۱



۱) $\frac{۱۵}{۷}$
۲) ۳
۳) $\frac{۳۰}{۷}$
۴) ۸

پاسخ: گزینه ۳ می‌دانیم که در اینجا، ولت‌سنج آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر مولد یعنی همان اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی را نشان می‌دهد، بنابراین داریم:



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

در حالت اول که فقط یکی از کلیدها بسته است، $R_{eq} = R$ بوده، بنابراین رابطهٔ بین R و r را می‌یابیم:

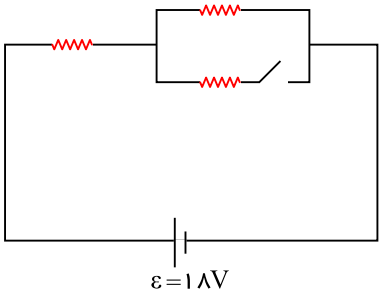
$$V = \frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq} + r} \to ۶ = \frac{R \times ۱۰}{R + r} \to r = \frac{۲}{۳}R$$

در حالت دوم که هر دو کلید بسته هستند، مدار شامل دو مقاومت خارجی و موازی R است. بنابراین داریم:

$$V=\frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[r=\frac{۲}{۳}R]{R_{eq}=\frac{R}{۲}}V=\frac{\frac{R}{۲}\times ۱۰}{\frac{R}{۲}+\frac{۲R}{۳}}\rightarrow V=\frac{۳۰}{۷}V$$

۲۵ در شکل زیر، هر سه مقاومت مشابه‌اند. اگر کلید را وصل کنیم، توان مصرفی مدار ۹ وات تغییر می‌کند. هر یک از مقاومت‌ها چند اهم است؟

سراسری- ۱۴۰۱



۱) ۱۸

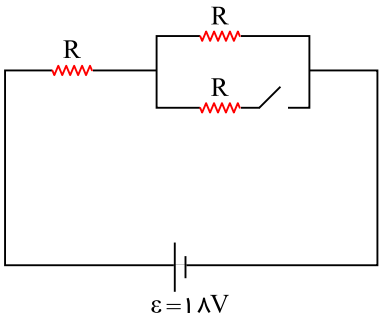
۲) ۱۲

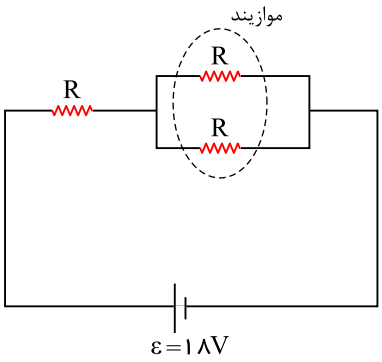
۳) ۹

۴) ۶

پاسخ: **گزینه ۴**

در حالت اول، مقاومت معادل مدار به صورت $R_{eq_۱}=۲R$ و در حالت دوم که کلید بسته شده، مقاومت معادل مدار به صورت $R_{eq}=\frac{۳}{۲}R$ است. از طرفی می‌دانیم که توان مصرفی مدار خارجی، معادل همان توان خروجی (مفید) مولد است. بنابراین داریم:





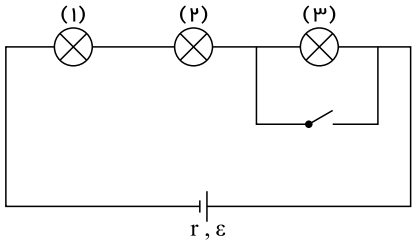
$$P=R_{eq}I^{۲}\xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{Req+r}}P=\frac{R_{eq}\varepsilon^{۲}}{(R_{eq}+r)^{۲}}\xrightarrow{r=۰}P=\frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq}}\rightarrow P_{۲}-P_{۱}=\frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq_{۲}}}-\frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq_{۱}}}\rightarrow ۹=\frac{۱۸^{۲}}{\frac{۳}{۲}R}-\frac{۱۸^{۲}}{۲R}\rightarrow R=۶\Omega$$

آسان

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۲۶ در مدار زیر همهٔ لامپ‌ها مشابه‌اند. با بستن کلید، کدام موارد زیر، درست است؟

سراسری- ۱۴۰۲



الف: اختلاف پتانسیل دو سر باتری کاهش می‌یابد.

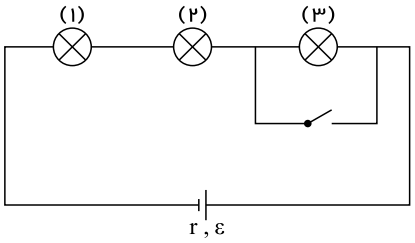
ب: اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های (۱) و (۲) کاهش می‌یابد.

پ: اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های (۱) و (۲) افزایش می‌یابد.

ت: اختلاف پتانسیل دو سر باتری افزایش می یابد.

۱) «الف» و «پ» ۲) «الف» و «ب» ۳) «پ» و «ت» ۴) «ب» و «ت»

پاسخ: گزینه ۱ با بستن کلید، دو سر لامپ (۳) اتصال کوتاه شده، و از مدار حذف می‌شود. پس مقاومت معادل و اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می‌یابد ولی جریان مدار و نور لامپ‌های (۱) و (۲) و اختلاف پتانسیل دو سر آنها افزایش می‌یابد.



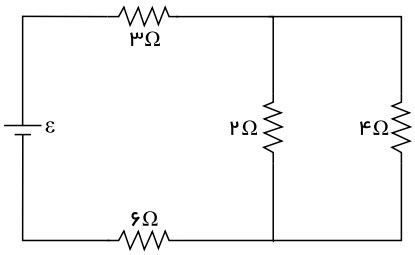
پس عبارت‌های «الف» و «پ» صحیح هستند.

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

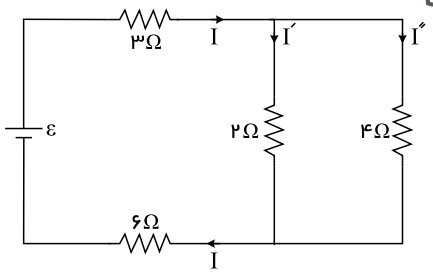
۲۷ در مدار زیر، توان مصرفی مقاومت ۶اُهمی، چند برابر توان مصرفی مقاومت ۴اُهمی است؟

سراسری- ۱۴۰۲



۱) ۱۳٫۵ ۲) ۱۲ ۳) ۷٫۵ ۴) ۶

پاسخ: گزینه ۱ با توجه به تقسیم جریان بین مقاومت‌ها داریم:



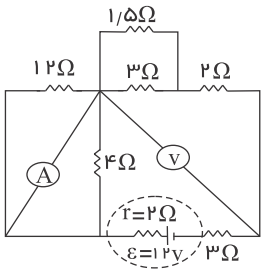
$$I' = \frac{۴}{۴+۲} I = \frac{۲}{۳} I$$

$$I'' = \frac{۲}{۴+۲} I = \frac{۱}{۳} I$$

$$P = RI^۲ \Rightarrow \frac{P_۶}{P_۴} = \frac{۶ \times I^۲}{۴ \times (\frac{۱}{۳}I)^۲} \Rightarrow \frac{P_۶}{P_۴} = ۱۳٫۵$$

۲۸ در مدار روبه‌رو، آمپرسنج آرمانی و ولت‌سنج آرمانی چه عددهایی را نشان می‌دهند؟

خارج از کشور- ۱۴۰۰



۱) $۰٫۸A$ و $۲٫۴V$

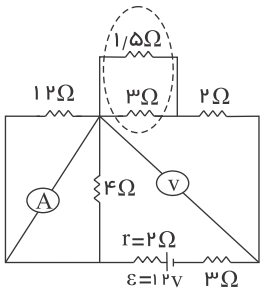
۲) $۰٫۸A$ و $۴٫۸V$

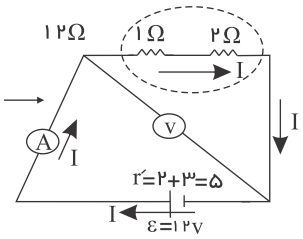
۳) $۱٫۵A$ و $۴٫۵V$

۴) $۱٫۵A$ و $۶V$

پاسخ: **گزینه ۳**

چون آمپرسنج آرمانی است، دارای مقاومت الکتریکی بسیار ناچیز (تقریباً صفر) است، پس مقاومت‌های ۱۲Ω و ۴Ω اتصال کوتاه می‌شوند و داریم:





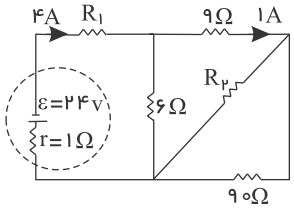
حال که مدار ساده‌تر شد، بدیهی است که ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد جدید را (با مقاومت درونی جدید) و آمپرسنج، جریان کل مدار را نمایش می‌دهد. بنابراین داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r'} = \frac{۱۲}{۳+۵} \rightarrow I = ۱٫۵A$$

$$V = \varepsilon - r'I = ۱۲ - ۵ \times ۱٫۵ \rightarrow V = ۴٫۵v$$

۲۹ در شکل روبه‌رو، توان الکتریکی مصرفی مقاومت $R_۲$ چند وات است؟

خارج از کشور- ۱۴۰۰



۱) ۹٫۸

۲) ۸٫۱

۳) ۷٫۲

۴) ۳٫۶

پاسخ: گزینه ۲

در ابتدا با توجه به تقسیم جریان دو گره A، می‌دانیم که $I' = ۳A$ است. زیرا:

$$۴ = I' + ۱ \rightarrow I' = ۳A$$

از طرفی می‌دانیم که:

$$V_{AB} = V_{AC} - V_{CB} \xrightarrow{V=RI} ۶ \times ۳ = ۹ \times ۱ + ۹۰ \times I_۳ \rightarrow I_۳ = ۰٫۱$$

در گره C داریم:

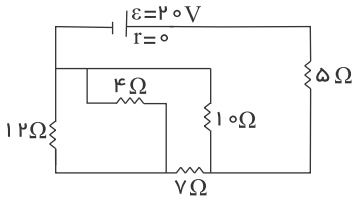
$$۱ = I_۲ + I_۳ \xrightarrow{I_۳=۰٫۱} I_۲ = ۰٫۹A$$

و در نهایت داریم:

$$P_{R_۲} = V_{CB} \times I_۲ \xrightarrow[I_۲=۰٫۹]{V_{CB}=۹۰\times۰٫۱=۹V}$$
$$P_{R_۲} = ۹ \times ۰٫۹ \rightarrow P_{R_۲} = ۸٫۱w$$

۳۰ در مدار روبه‌رو، شدت جریان عبوری از مقاومت ۴ اهمی چند آمپر است؟

خارج از کشور- ۱۴۰۰



۱) ۱

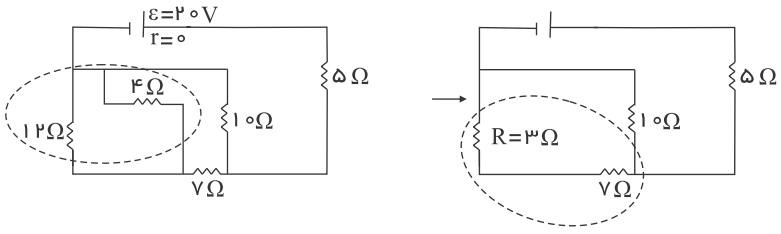
۲) $\frac{۳}{۴}$

۳) $\frac{۱}{۲}$

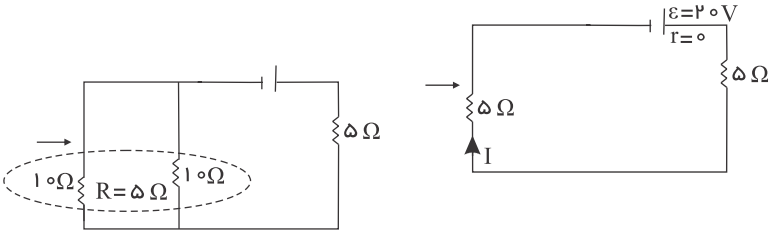
۴) $\frac{۱}{۴}$

پاسخ: گزینه ۲

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۲۰}{۱۰۰۰} \rightarrow I = ۲A$$

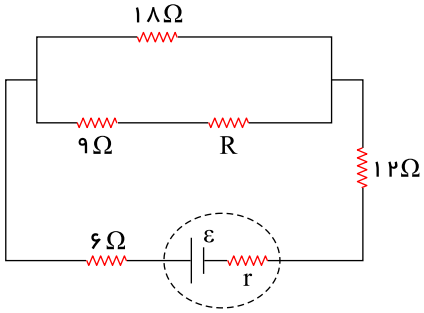


حال قدم به قدم برمی‌گردیم.



$$\begin{cases} I' + I'' = ۱ \\ I' = ۳I'' \end{cases} \rightarrow I' = \frac{۳}{۴}A$$

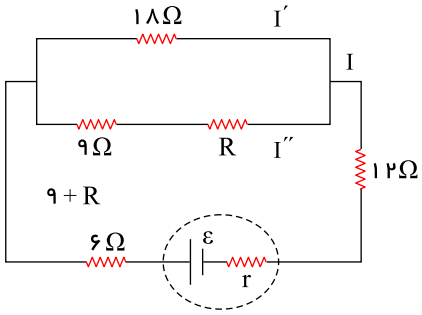
۳۱ در شکل زیر، اختلاف پتانسیل الکتریکی مقاومت‌های ۱۸Ω و ۱۲Ω با هم برابر است. R چند اهم است؟ سراسری- ۱۴۰۱



۱) ۳۶
۲) ۲۷
۳) ۱۸
۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۲

در ابتدا با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های ۱۸Ω و ۱۲Ω برابرند، رابطهٔ بین جریان‌های آن‌ها را می‌یابیم.



$$V_{۱۸}=V_{۱۲}\xrightarrow{V=RI}۱۸I'=۱۲I\rightarrow I'=\frac{۲}{۳}I$$

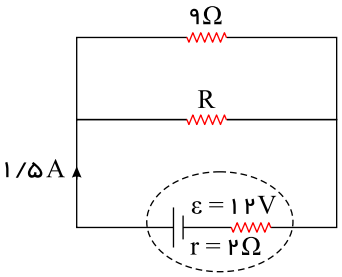
از طرفی با توجه به گره A داریم:

$$I'+I''=I\rightarrow\frac{۲}{۳}I+I''=I\rightarrow I''=\frac{۱}{۳}I$$

در آخر، با توجه به موازی بودن مقاومت‌ها در شاخه‌های داده‌شده داریم:

$$۱۸I'=(۹+R)I''\rightarrow ۱۸\times\frac{۲}{۳}I=(۹+R)\frac{۱}{۳}I\rightarrow R=۲۷\Omega$$

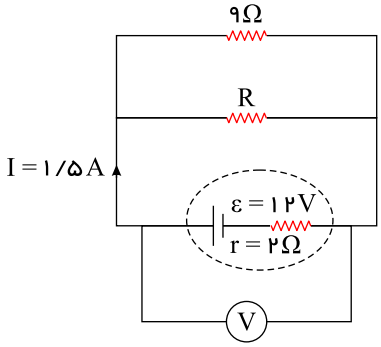
۳۲ در شکل زیر، توان مصرفی مقاومت R، چند وات است؟ سراسری- ۱۴۰۱



۱) ۴٫۵
۲) ۹
۳) ۱۳٫۵
۴) ۱۸

پاسخ: **گزینه ۱**

می‌دانیم که در این مدار، توان خروجی (مفید) مولد با مجموع توان مصرفی مقاومت‌های ۹Ω و R برابر است. از طرفی با توجه به موازی بودن مقاومت‌ها با مولد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر هریک از مقاومت‌ها یکسان است؛ بنابراین داریم:



$$P_{R=۹\Omega}=\frac{V^۲}{R}=\frac{(۹)^۲}{۹}\rightarrow P_{R=۹\Omega}=۹W$$

$$P_{\text{خروجی}}=\varepsilon I-rI^۲=۱۲\times ۱/۵-۲\times(۱/۵)^۲\rightarrow P_{\text{خروجی}}=۱۳/۵W$$

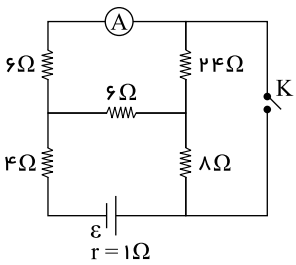
$$P_{\text{خروجی}}=P_{R=۹}+P_R\rightarrow ۱۳/۵=۹+P_R\rightarrow P_R=۴/۵W$$

سخت

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۳۳ در مدار زیر، با بستن کلید، عددی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند برابر می‌شود؟

خارج از کشور- ۱۴۰۱



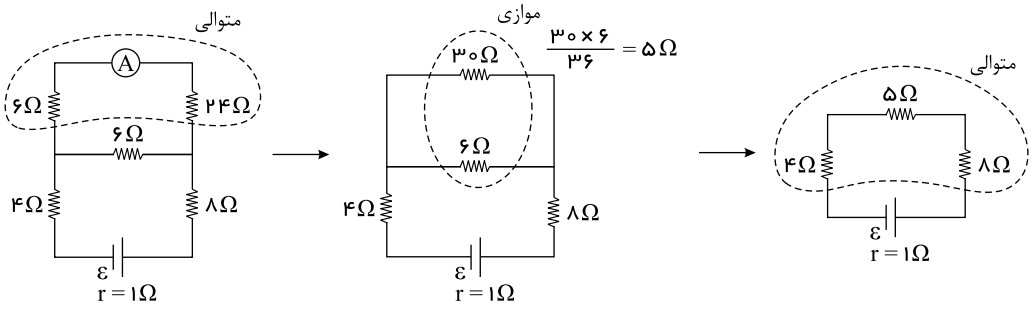
۱) ۸

۲) ۶

۳) ۴

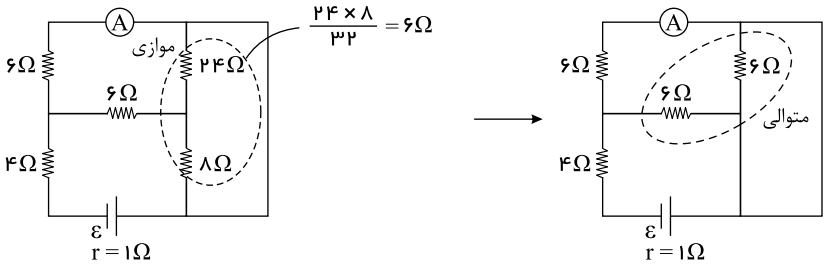
۴) ۲

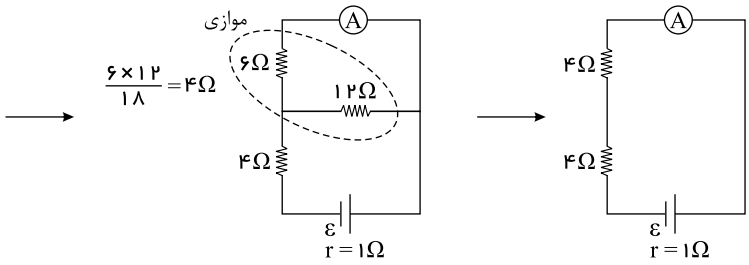
پاسخ: **گزینه ۱** قبل از بستن کلید مقاومت معادل را می‌یابیم:



$$\xrightarrow[I=\frac{\varepsilon}{Req+r}]{Req=۱۷\Omega} I=\frac{\varepsilon}{۱۸}$$

حال در حالتی که کلید بسته است، مجدداً مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم:

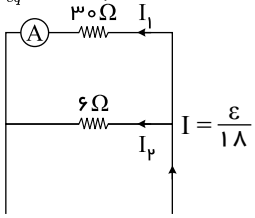




$$\Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r} = \frac{\varepsilon}{۹}$$

حال به تقسیم جریان در شاخه‌ها می‌پردازیم تا عددی که آمپرسنج نمایش می‌دهد را محاسبه کنیم.

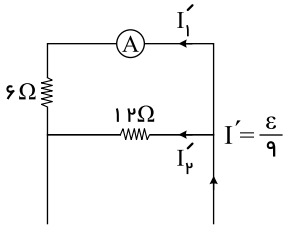
در مدار اول (قبل از بستن کلید)



$$I = \frac{\varepsilon}{۱۸}$$

$$\begin{cases} \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{۶}{۳۰} = \frac{۱}{۵} \\ I_۱ + I_۲ = \frac{\varepsilon}{۱۸} \end{cases} \Rightarrow I_۱ = \frac{\varepsilon}{۱۰۸}$$

و در مدار دوم (بعد از بستن کلید)



$$I' = \frac{\varepsilon}{۹}$$

$$\begin{cases} \frac{I'_۱}{I'_۲} = \frac{۱۲}{۶} = ۲ \\ I_۱ + I_۲ = \frac{\varepsilon}{۹} \end{cases} \Rightarrow I'_۱ = \frac{۲\varepsilon}{۲۷}$$

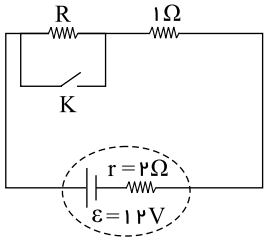
و در نهایت داریم:

$$\frac{I'_۱}{I_۱} = \frac{\frac{۲\varepsilon}{۲۷}}{\frac{\varepsilon}{۱۰۸}} \rightarrow \frac{I'_۱}{I_۱} = ۸$$

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۳۴ در شکل زیر، با قطع یا وصل کلید، توان خروجی باتری ثابت می‌ماند. مقاومت R، چند اهم است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱



۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

پاسخ: گزینه ۲ اگر مقاومت معادل مدار را، قبل از بستن کلید R_1 و بعد از بستن کلید R_2 بنامیم، در صورتی توان خروجی (مفید) مولد در هر دو حالت یکسان خواهد بود که شرط زیر برقرار باشد:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$

بنابراین داریم:

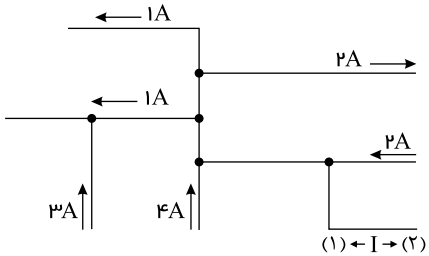
$R_1 = R + ۱$: قبل از بستن کلید

$R_2 = ۱\Omega$ (با بستن کلید، دو سر مقاومت R اتصال کوتاه می‌شود) $\xrightarrow{r=۲\Omega}$ $۲ = \sqrt{(R+۱)(۱)} \Rightarrow R + ۱ = ۴ \Rightarrow R = ۳\Omega$: بعد از بستن کلید

آسان

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

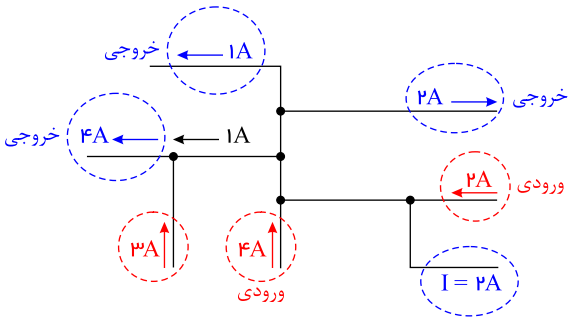
۳۵ شکل زیر، بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. بزرگی جریان I، چند آمپر و جهت جریان کدام است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱



۱) ۲ ,(۲)
۲) ۲ ,(۱)
۳) ۶ ,(۲)
۴) ۶ ,(۱)

پاسخ: **گزینه ۱**

با توجه به قانون گره، جمع جبری جریان‌ها در هر گره صفر است، بنابراین جمع جریان‌های ورودی و خروجی هم‌اندازه هستند. بنابراین با توجه به شکل کل مجموعه داریم:

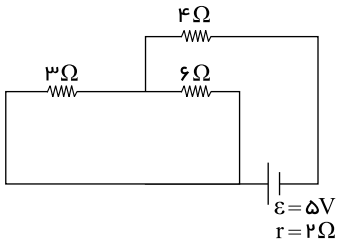


$$\Rightarrow I = ۲A \text{ و خروجی است}$$
$$\text{جمع جریان‌های ورودی} = ۲ + ۴ + ۳ = ۹A$$
$$\text{جمع جریان‌های خروجی} = ۴ + ۱ + ۲ = ۷A$$

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۳۶ در مدار زیر، اگر به جای مقاومت ۳Ω، مقاومت ۱۲Ω قرار گیرد، توان تولیدی باتری چند ولت تغییر می‌کند؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱



۱) $\frac{۵}{۱۲}$
۲) $\frac{۵}{۶}$
۳) $\frac{۱۰۰}{۹}$
۴) $\frac{۱۰۰}{۳}$

پاسخ: **گزینه ۱** توان تولیدی مولد از رابطهٔ $P = \varepsilon I$ محاسبه می‌شود. از طرفی می‌دانیم که جریان مدار از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود.

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

بنابراین توان تولیدی این مولد از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$P = \frac{\varepsilon^۲}{R_{eq} + r}$$

در حالت اول، مقاومت‌های ۳Ω و ۶Ω موازی‌اند معادل آنها با مقاومت ۴Ω متوالی است. بنابراین داریم:

$$R_{eq} = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} + ۴ \Rightarrow R_{eq۱} = ۶\Omega$$

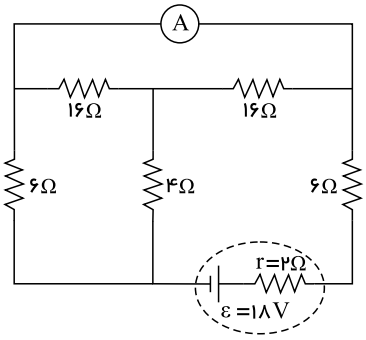
و در حالت دوم، به جای مقاومت ۳Ω مقاومت ۱۲Ω قرار گرفته، بنابراین:

$$R_{eq} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} + ۴ \Rightarrow R_{eq۲} = ۸\Omega$$

در ادامه داریم:

$$P = \frac{\varepsilon^۲}{R_{eq} + r} \xrightarrow[r=۴\Omega]{\varepsilon=۵V} \begin{cases} P_۱ = \frac{۲۵}{۶+۴} = \frac{۲۵}{۱۰} W \\ P_۲ = \frac{۲۵}{۸+۴} = \frac{۲۵}{۱۲} W \end{cases} \Rightarrow |\Delta P| = \frac{۲۵}{۱۰} - \frac{۲۵}{۱۲} \Rightarrow |\Delta P| = \frac{۵}{۱۲} W$$

۳۷ در مدار روبه‌رو، آمپرسنج آرمانی، جریان چند آمپر را نشان می دهد؟ سراسری- ۱۴۰۲



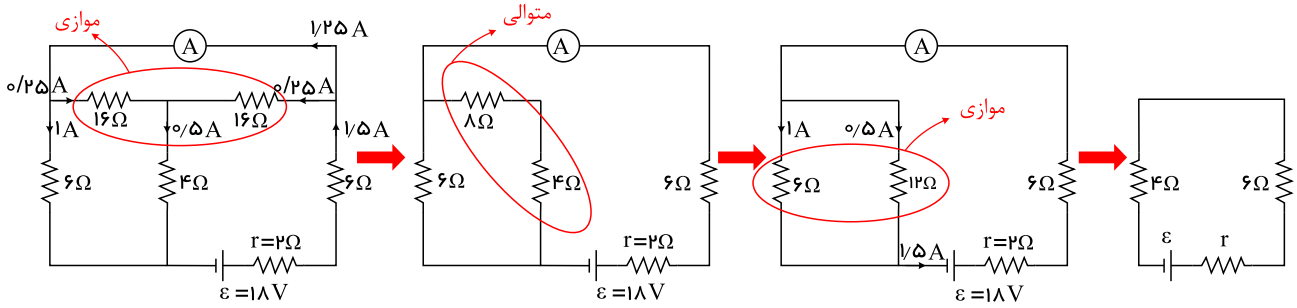
۱) $\frac{۹}{۷}$

۲) $\frac{۵}{۴}$

۳) $\frac{۳}{۴}$

۴) صفر

پاسخ: گزینه ۲ در ابتدا مقاومت معادل و جریان کامل مدار را محاسبه می‌کنیم.



$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۸}{۱۰+۲}\Rightarrow I=۱/۵A$$

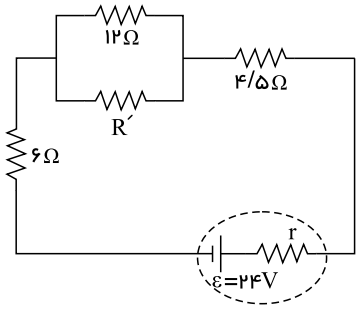
حال اگر به تقسیم جریان بپردازیم، داریم:

$$\text{عدد آمپرسنج } I_A=I_{\text{کل}}-I_{۱۶\Omega}=۱/۵-۰/۲۵=۱/۲۵A=\frac{۵}{۴}A$$

سخت

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

۳۸ در مدار زیر، برای اینکه توان مصرفی مقاومت ۴/۵ اهمی دو برابر توان مصرفی مقاومت R' باشد، کمترین مقدار ممکن برای R' چند اهم است؟ سراسری- ۱۴۰۲



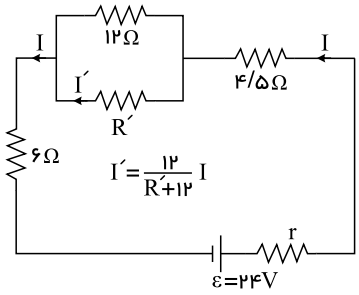
۱) ۳۶

۲) ۲۴

۳) ۴

۴) ۳

پاسخ: گزینه ۳ با توجه به شکل مدار داریم:



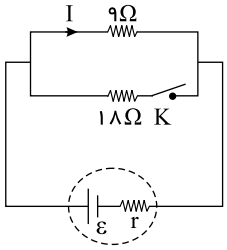
$$P=RI^{۲}\xrightarrow{P_{۴/۵}=۲P_{R'}}۴/۵I^{۲}=۲\times R'\times(\frac{۱۲}{R'+۱۲}I)^{۲}\Rightarrow ۴/۵=\frac{۲\times ۱۴۴R'}{(R'+۱۲)^{۲}}\Rightarrow\begin{cases}R'=۳۶\Omega\\R=۴\Omega\end{cases}$$

در اینجا کمترین مقدار R' را خواسته که $R'=۴\Omega$ می‌شود.

متوسط

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

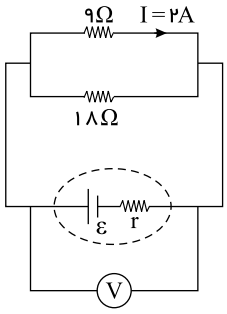
۳۹ در شکل زیر، I برابر $۲A$ است. اگر کلید را قطع کنیم، جریان الکتریکی عبوری از مقاومت ۹ اهمی، $۰/۲۵A$ افزایش می‌یابد. مقاومت درونی مولد، چند اهم است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱



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

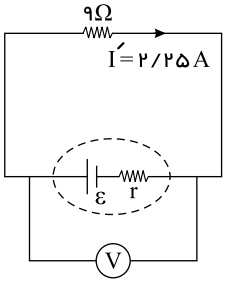
پاسخ: گزینه ۴

در حالت اول که کلید بسته است، مقاومت‌های ۱۸Ω و ۹Ω به صورت موازی در مدار قرار دارند، پس ولتاژ دو سر مقاومت ۹Ω و ۱۸Ω با ولتاژ دو سر مولد یکسان است. یعنی:



$$\begin{cases}V=\frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{R_{eq}=۶\Omega}V=\frac{۶\varepsilon}{۶+r}\\V=R_{۹}I_{۹}=۹\times ۲=۱۸v\end{cases}\Rightarrow ۱۸=\frac{۶\varepsilon}{۶+r}\rightarrow\varepsilon=۱۸+۳r$$

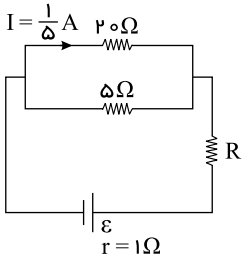
در حالت دوم که کلید باز است، فقط مقاومت ۹Ω در مدار است و داریم:



$$\begin{cases} V' = \frac{R'_{eq}\varepsilon}{R'_{eq}+r} = \frac{۹\varepsilon}{۹+r} \\ V' = R_۹ I'_۹ = ۹ \times ۲/۲۵ = \frac{۸۱}{۴}V \end{cases} \Rightarrow \frac{۸۱}{۴} \to \frac{۹\varepsilon}{۹+r} \Rightarrow ۴\varepsilon = ۸۱ + ۹r \xrightarrow{(*)} \begin{cases} \varepsilon = ۱۸ + ۳r \\ ۴\varepsilon = ۸۱ + ۹r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = ۳\Omega \\ \varepsilon = ۲۷V \end{cases}$$

۴۰ **اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R در مدار زیر، برابر $۳V$ است. نیروی محرکهٔ باتری، چند ولت است؟**

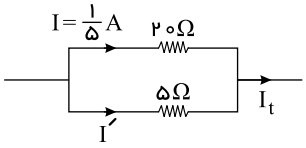
خارج از کشور- ۱۴۰۱



۱) ۴
۲) ۵
۳) ۷
۴) ۸

پاسخ: **گزینه ۴**

ابتدا به‌صورت زیر جریان کل مدار که توسط مولد تولید می‌شود را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۲۰Ω و ۵Ω موازی‌اند. بنابراین:

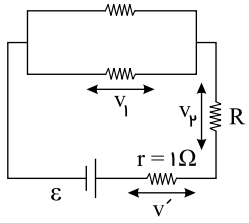


$$۲۰ \times \frac{۱}{۵} = ۵ \times I' \to I' = \frac{۴}{۵}A$$

و جریان کل:

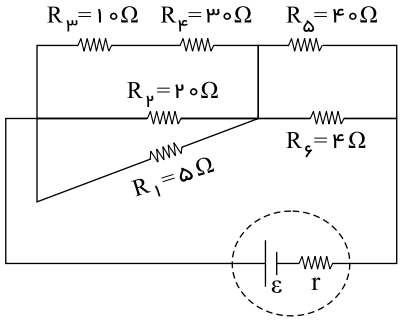
$$I_t = I + I' = \frac{۱}{۵} + \frac{۴}{۵} = ۱A$$

حال می‌دانیم که نیروی محرکهٔ مولد با مجموع اختلاف پتانسیل دو سر اجزای مدار و افت پتانسیل در مولد برابر است. یعنی:



$$\begin{cases} V_۱ = ۲۰I \\ V_۲ = ۳V, V' = rI_t \\ \varepsilon = V_۱ + V_۲ + V' \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = ۲۰ \times \frac{۱}{۵} + ۳ + ۱ \times ۱ \Rightarrow \varepsilon = ۸V$$

۴۱ در مدار شکل زیر، توان مصرفی کدام مقاومت الکتریکی بیشتر است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱



۱) $R_۲$

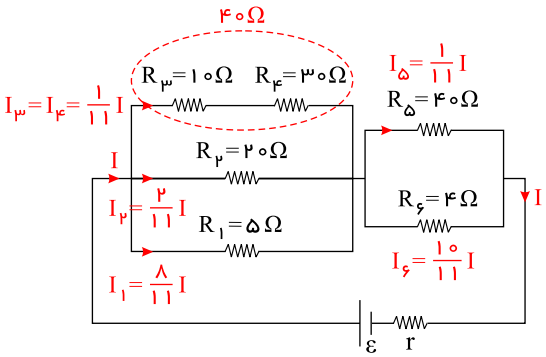
۲) $R_۴$

۳) $R_۵$

۴) $R_۶$

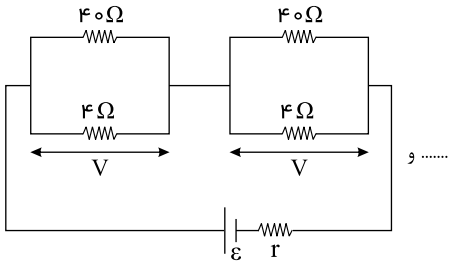
پاسخ: گزینه ۴

در ابتدا مدار را به صورت زیر مرتب می‌کنیم.

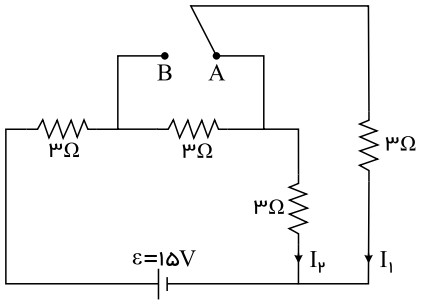


حال اگر جریان کل مدار را I بنامیم، جریان در شاخه‌ها همانند شکل تقسیم می‌شود. و در ادامه اگر از رابطهٔ $P = RI^۲$ توان‌ها را با هم مقایسه کنیم، بیشترین توان مصرفی $R_۶ = ۴\Omega$ دارد.

روش دوم: بعد از ساده کردن دوبارهٔ مدار و استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ نیز می‌توان سؤال را حل کرد.



۴۲ در شکل زیر، کلید اتصال را از A جدا می‌کنیم و به B وصل می‌کنیم. جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ به‌ترتیب چند برابر می‌شوند؟ سراسری- ۱۴۰۲



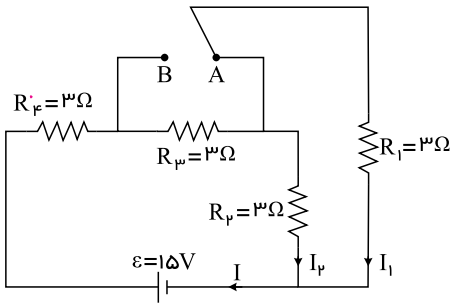
۱) $\frac{۱}{۲}$ و ۱

۲) ۱ و $\frac{۱}{۲}$

۳) ۲ و $\frac{۱}{۲}$

۴) ۲ و ۱

پاسخ: گزینه ۴ اگر کلید به A متصل باشد دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ موازی‌اند و با بقیه متوالی:



$$R_{eq} = \frac{۳ \times ۳}{۳ + ۳} + ۳ + ۳ = ۷٫۵\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۱۵}{۷٫۵} = ۲A \Rightarrow \begin{cases} I_۱ = ۱A \\ I_۲ = ۱A \end{cases}$$

و اگر کلید به B متصل باشد، $R_۲$ و $R_۳$ متوالی، معادل آنها با $R_۱$ موازی و در نهایت با $R_۴$ متوالی‌اند:

$$R'_{eq} = ۲ + ۳ = ۵\Omega \quad , \quad I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}} = \frac{۱۵}{۵} = ۳A \Rightarrow \begin{cases} I'_۱ = ۲A \\ I'_۲ = ۱A \end{cases} \Rightarrow \frac{I'_۱}{I_۱} = ۲, \frac{I'_۲}{I_۲} = ۱$$

پاسخنامه تشریحی

۱ گزینه ۴

$$\begin{cases} R_۱ = ۶\Omega = \rho\dfrac{L_۱}{A} \\ R = \rho\dfrac{L_۲}{A} \xrightarrow{L_۲ = L_۱\frac{۱}{۴}} R_۲ = \dfrac{۱}{۴}R_۱ = ۱٫۵\Omega \Rightarrow \rho\dfrac{L_۲}{A} = ۱٫۵\Omega \end{cases}$$

در گام بعدی طول سیم را افزایش می‌دهیم تا به $L_۱$ برسد:

$$\begin{cases} \dfrac{R_۳}{R_۲} = (\dfrac{L_۳}{L_۲})^۲ \xrightarrow{\text{چون حجم ثابت است}} A_۳L_۳ = A_۲L_۲ \Rightarrow \dfrac{L_۳}{L_۲} = (\dfrac{A_۲}{A_۳}) \Rightarrow \dfrac{R_۳}{R_۲} = (\dfrac{L_۳}{L_۲})(\dfrac{A_۲}{A_۳}) = (\dfrac{L_۳}{L_۲}) \\ L_۳ = L_۱ \text{ و } L_۲ = \dfrac{۱}{۴}L_۱ \Rightarrow (L_۲ = \dfrac{۱}{۴}L_۳) \Rightarrow \dfrac{R_۳}{R_۲} = ۱۶ \Rightarrow R_۳ = ۱۶R_۲ = ۱۶ \times ۱٫۵ \Rightarrow R_۳ = ۲۴\Omega \end{cases}$$

۲ گزینه ۳ در ابتدا جریان کل مدار را محاسبه می‌کنیم، سپس مرحله به مرحله به صورت زیر عمل می‌کنیم.

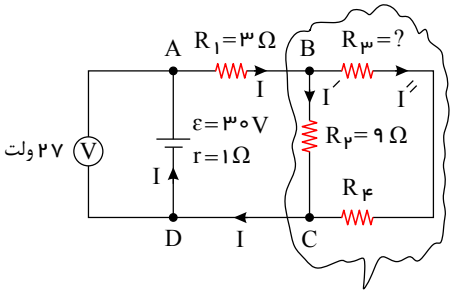
$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow ۲۷ = ۳۰ - ۱ \times I \Rightarrow I = ۳A$$

$$V_{AD} = V_۱ + V_{BC} \rightarrow ۲۷ = ۳ \times ۳ + ۹I' \rightarrow I' = ۲A$$

$$I + I' + I'' \rightarrow ۳ = ۲ + I'' \rightarrow I'' = ۱A$$

$$P_۴ = R_۴I^۲ \rightarrow ۶ = R_۴(۱)^۲ \rightarrow R_۴ = ۶\Omega$$

$$V_{BC} = V_۳ + V_۴ \rightarrow ۱۸ = R_۳ \times ۱ + ۶ \times ۱ \rightarrow R_۳ = ۱۲\Omega$$



$$R_{eq} = R_۱ + R' \rightarrow ۹ = ۳ + R' \rightarrow R' = ۶\Omega$$

روش دوم: ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مولد که همان اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از مقاومتهای موازی است را می‌یابیم:

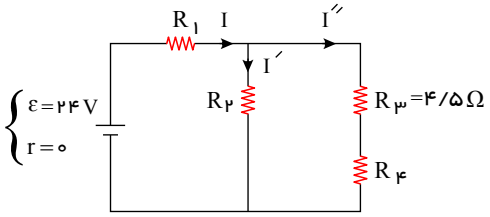
$$V = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۲ \times ۲ \rightarrow V = ۸V$$

حال اگر جریان عبوری از هر یک از مقاومتهای ۱۰Ω و ۲۰Ω را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow \begin{cases} I_۱ = \frac{۸}{۲۰} = \frac{۴}{۱۰} \\ I_۲ = \frac{۸}{۱۰} \end{cases} \xrightarrow{I_{\text{کل}} = ۲A} \begin{cases} \text{جریان عبوری از } R \\ I_۳ = ۲ - ۱/۲ = ۰/۸ \end{cases} \rightarrow R = ۱۰\Omega$$

۳ گزینه ۱ اگر جریان کل مدار را I و جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ را I' و جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ را I'' بنامیم:

$$P_{R_۳} = P_{R_۴} \Rightarrow R_۳I''^۲ = R_۴I''^۲ \Rightarrow R_۴ = R_۳ = ۴٫۵\Omega \quad (۱)$$

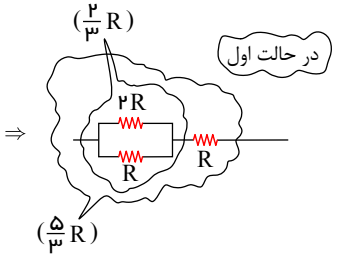


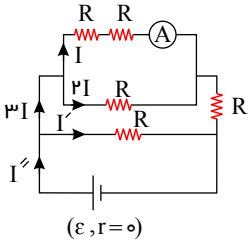
$$\begin{cases} P_{R_۲} = P_{R_۳} \Rightarrow \dfrac{V_{R_۲}^۲}{R_۲} = \dfrac{V_{R_۳}^۲}{R_۳} \xrightarrow{(*)} \dfrac{۴}{R_۲} = \dfrac{۱}{۴٫۵} \Rightarrow R_۲ = ۱۸\Omega \quad (۲) \\ V_{R_۲} = V_{R_۳} + V_{R_۴} = ۲V_{R_۳} \quad (*) \end{cases}$$

$$R_۲ = ۲R_{۳,۴} \Rightarrow \begin{cases} I'' = ۲I' \Rightarrow P_{R_۱} = P_{R_۳} \Rightarrow R_۱I^۲ = R_۳(I'')^۲ \\ I = I' + I'' = \dfrac{۳}{۲}I'' \end{cases} \Rightarrow R_۱(\frac{۳}{۲}I'')^۲ = ۴٫۵I''^۲ \Rightarrow \frac{۹}{۴}R_۱ = ۴٫۵ \Rightarrow R_۱ = ۲\Omega \quad (۳)$$

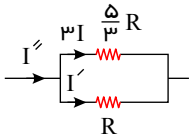
$$(۱) \text{ و } (۲) \text{ و } (۳) \Rightarrow R_{eq} = ۲ + \frac{۹ \times ۱۸}{۹ + ۱۸} = ۲ + \frac{۹ \times ۱۸}{۲۷} = ۸\Omega \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۲۴}{۰ + ۸} = ۳A \Rightarrow I' = (\frac{R_{۳,۴}}{R_{۳,۴} + R_۲})I = (\frac{۹}{۹ + ۱۸}) \times ۳ = ۱A$$

۴ گزینه ۲ در حالت اول:



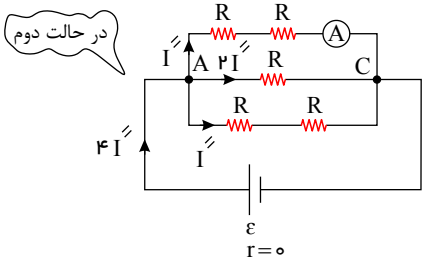


$\begin{cases} R = ۶\Omega \\ \text{باتری آرمانی} \Rightarrow r = ۰ \end{cases}$



$$\Rightarrow \begin{cases} ۳I = (\dfrac{R}{R+\frac{۵}{۳}R})I'' = (\frac{۳}{۸})(\frac{۸}{۵}\frac{\varepsilon}{R}) = \frac{۳}{۵}\underbrace{\frac{\varepsilon}{R}}_{\searrow ۶\Omega} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{۳۰} \\ R_{eq} = \dfrac{\frac{۵}{۳}R \times R}{\frac{۵}{۳}R + R} = \dfrac{\frac{۵}{۳}R^{۲}}{\frac{۸}{۳}R} = \frac{۵}{۸}R \Rightarrow I'' = \dfrac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{\frac{۵}{۸}R} = \frac{۸\varepsilon}{۵R} \end{cases}$$

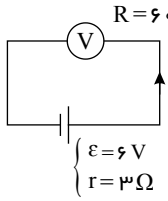
در حالت دوم:



$$\Rightarrow \begin{cases} ۴I'' = \dfrac{\varepsilon}{r+R'_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{R'_{eq}} = \underbrace{\dfrac{۲\varepsilon}{R}}_{\searrow ۶} = \frac{\varepsilon}{۳} \\ R'_{eq} = \dfrac{R}{۲} \end{cases}$$

$$۴I'' = \frac{\varepsilon}{۳} \Rightarrow I'' = \frac{\varepsilon}{۱۲} \Rightarrow \frac{I''}{I} = \frac{\frac{\varepsilon}{۱۲}}{\frac{\varepsilon}{۳۰}} = \frac{۳۰}{۱۲} = \frac{۵}{۲}$$

۵ **گزینه ۲**

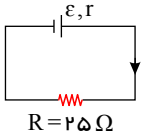


$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} \rightarrow \begin{cases} n = \dfrac{It}{e} = \dfrac{۶ \times ۶۰}{۶۰۰۰۳ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} \\ I = \dfrac{\varepsilon}{r+R} = \dfrac{۶}{۳+۶۰۰۰} = \dfrac{۶}{۶۰۰۰۳} \end{cases}$$

$$\begin{cases} ۱ \le X < ۵ \Rightarrow X = ۱۰ = ۱ \\ ۵ \le X < ۱۰ \Rightarrow X = ۱۰ = ۱۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۶ \sim ۱۰ \\ ۶۰ = ۶ \times ۱۰ \sim ۱۰^{۲} \\ ۶۰۰۰۳ = ۶٫۰۰۰۳ \times ۱۰^{۴} = ۱۰^{۱} \times ۱۰^{۴} = ۱۰^{۵} \\ ۱٫۶ \sim ۱۰^{۰} = ۱ \end{cases} \Rightarrow n \sim \frac{۱۰ \times ۱۰^{۲}}{۱۰^{۵} \times ۱ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱۰^{۱۷}$$

۶ **گزینه ۳**

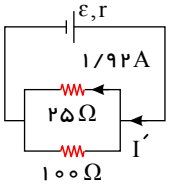
توان خروجی باتری، همان توان مصرفی مقاومت معادل مدار است. بنابراین در هر حالت داریم:



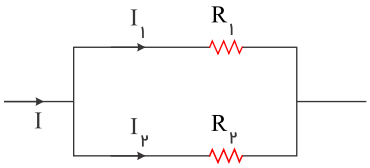
حالت اول $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ توان خروجی باتری $\Rightarrow P_۱ = \overset{\text{توان مصرفی } R_{eq}}{P} = RI^{۲} = ۲۵ \times ۲^{۲} = ۱۰۰W \Rightarrow P_۱ = ۱۰۰W \quad (۱)$

در حالت دوم که دو مقاومت ۱۰۰Ω ,۲۵Ω موازی بسته شده‌اند، جریان کل مدار را به صورت زیر می‌یابیم:

حالت دوم $\Rightarrow$



$\Rightarrow ۱/۹۲ = (\frac{۱۰۰}{۱۲۵})I' \Rightarrow I' = \frac{۵}{۴} \times ۱/۹۲ \Rightarrow I' = ۲/۴A$

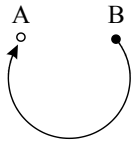


$$I_۱ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} \times I$$

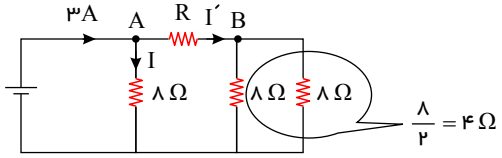
$$\begin{cases} P_۲ = P_{\text{مصرفی}} = (۲۰)(۲/۴)^۲ = ۱۱۵/۲ \Rightarrow P_۲ = ۱۱۵/۲W \quad (۲) \\ R_{eq} = \frac{۲۵ \times ۱۰۰}{۲۵ + ۱۰۰} = \frac{۲۵ \times ۱۰۰}{۱۲۵} = \frac{۱۰۰}{۵} = ۲۰\Omega \end{cases}$$

(۱) و $(۲) \Rightarrow \Delta P = ۱۱۵/۲ - ۱۰۰ = ۱۵/۲W \Rightarrow \Delta P = ۱۵/۲W$

۷ گزینه ۴



$\Rightarrow V_B - ۴I' + ۸I = V_A \Rightarrow V_A - V_B = V_{AB} = ۱۲ = ۸I - ۴I'$



$$\Rightarrow ۲I - I' = ۳ \xrightarrow[I+I'=۳A]{\text{از طرفی}} \begin{cases} I + I' = ۳A \\ ۲I - I' = ۳A \end{cases}$$

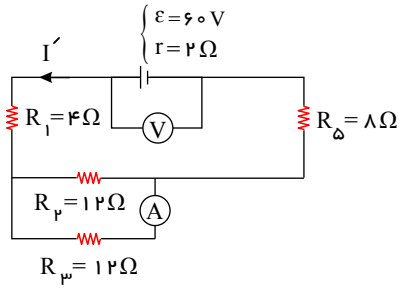
$۳I = ۶A \Rightarrow I = ۲A$ و $I' = ۱A$

$V_{AB} = RI' \Rightarrow ۱۲ = R \times ۱ \Rightarrow R = ۱۲\Omega$

۸ گزینه ۱ چون مقاومت آمپرسنج ایده‌آل ناچیز است، مقاومت $R_۴$ اتصال کوتاه شده و حذف می‌گردد:

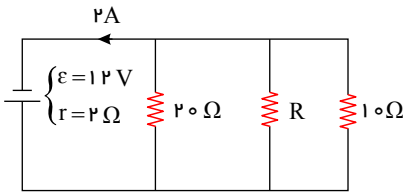
$$\Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۶۰}{۲ + (۴ + \frac{۱۲}{۲} + ۸)} \Rightarrow I' = ۳A \rightarrow \text{عدد آمپرسنج} = ۱/۵A$$

$\text{عدد ولتسنج} = \varepsilon - rI = ۶۰ - ۲ \times ۳ = ۵۴V$

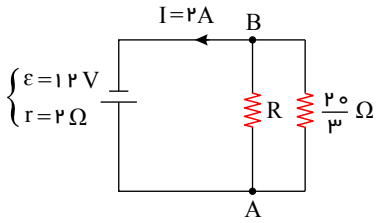


۹ گزینه ۴

معادل ۲ مقاومت ۱۰Ω و ۲۰Ω را R' می‌نامیم. بنابراین داریم:



$$R' = \frac{۲۰ \times ۱۰}{۲۰ + ۱۰} = \frac{۲۰۰}{۳۰} = \frac{۲۰}{۳}\Omega$$



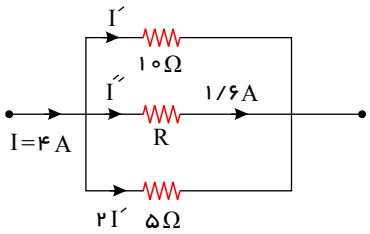
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow ۲ = \frac{۱۲}{۲ + R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega \Rightarrow R_{eq} = ۴ = \frac{R \times \frac{۲۰}{۳}}{R + \frac{۲۰}{۳}} \Rightarrow ۴R + \frac{۸۰}{۳} = \frac{۲۰}{۳}R \Rightarrow \frac{۲۰R}{۳} - ۴R = \frac{۸۰}{۳} \Rightarrow \frac{۸R}{۳} = \frac{۸۰}{۳} \Rightarrow R = ۱۰\Omega$$

$$V_{AB} = \Delta V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۲ \times ۲ = ۸V \Rightarrow P_R = \frac{V_{AB}^{۲}}{R} = \frac{۸^{۲}}{۱۰} = ۶/۴W$$

$$U_R = P_R \times \Delta t = ۶/۴ \times ۶۰ = ۳۸۴J \Rightarrow U_R = ۳۸۴J \rightarrow P = RI^{۲}t = ۱۰ \times (۰/۸)^{۲} \times ۶۰ = ۳۸۴J$$

۱۰ گزینه ۳

بدیهی است جریان عبوری از مقاومت ۱۰Ω نصف جریان عبوری از مقاومت ۵Ω است:



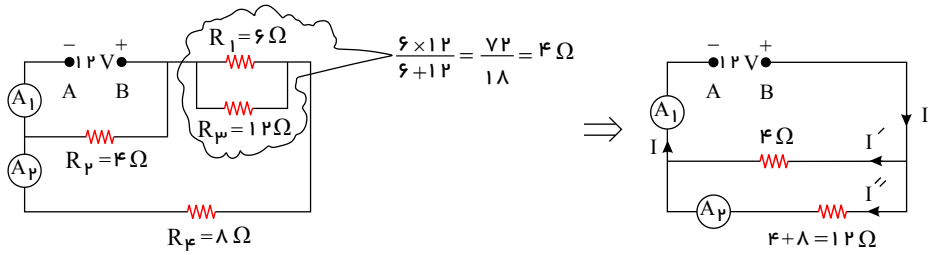
$$I = ۴A = ۳I' + ۱/۶ \Rightarrow ۳I' = ۲/۴A \Rightarrow I' = ۰/۸A$$

$$V_R = V_{R=۱۰\Omega} = ۱۰\Omega \times ۰/۸ = ۸V \Rightarrow P = V_R \times I'' = ۸ \times ۱/۶ \Rightarrow U = Pt = ۱۲/۸ \times ۲۵ \times ۶۰ = ۱۹۲۰۰J = ۱۹/۲kJ \Rightarrow U = ۱۹/۲kJ$$

دیدیم نیازی به محاسبهٔ R نبود. (هرچند به سهولت قابل محاسبه بود!)

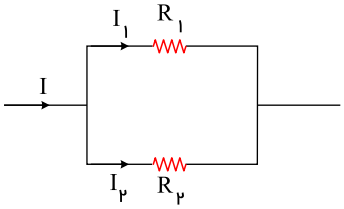
۱۱ گزینه ۳

کافی است کمی مقاومت $R_۳$ را جابه‌جا کنیم:



$$I = \frac{V_{AB}}{R_{eq}} = \frac{۱۲}{\frac{۴ \times ۱۲}{۴ + ۱۲}} = \frac{۱۲}{۳} = ۴A$$

تذکر: در تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی می‌توان به صورت زیر عمل کرد.

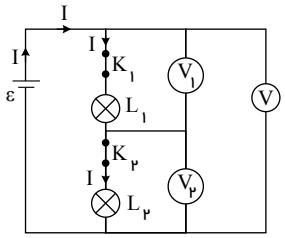


$$\begin{cases} I_۱ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} I \\ I_۲ = \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲} I \end{cases}$$

$$I'' = (\frac{۴}{۴+۱۲}) \times ۴ = ۱A$$

۱۲ **گزینه ۲** نکته: می‌دانیم از ولت‌سنج‌های آرمانی جریانی عبور نمی‌کند. پس مسیر جریان در ابتدا به شکل زیر است (شکل الف).

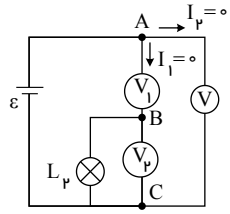
$K_۱$ قبل از قطع کلید $\rightarrow$



(شکل الف)

در شکل (ب) لامپ $L_۱$ با قطع کلید $K_۱$ از مدار حذف می‌گردد، در مورد جریان هم دقت کنیم، جریان اصلی و تمام شاخه‌ها صفر است.

$K_۱$ بعد از قطع کلید $\rightarrow$



(شکل ب)

ولت‌سنج V:

$V_{AC} = ?$

A
C
$\Rightarrow V_C + \varepsilon = V_A \Rightarrow V_{AC} = \varepsilon \neq ۰ \Rightarrow V \neq ۰$

ولت‌سنج $V_۱$:

$V_{AB} = ?$

A
B
$\Rightarrow V_B - R_۲ \cancel{I_۱^{\circ}} + \varepsilon = V_A \Rightarrow V_{AB} = V_۱ \neq ۰$

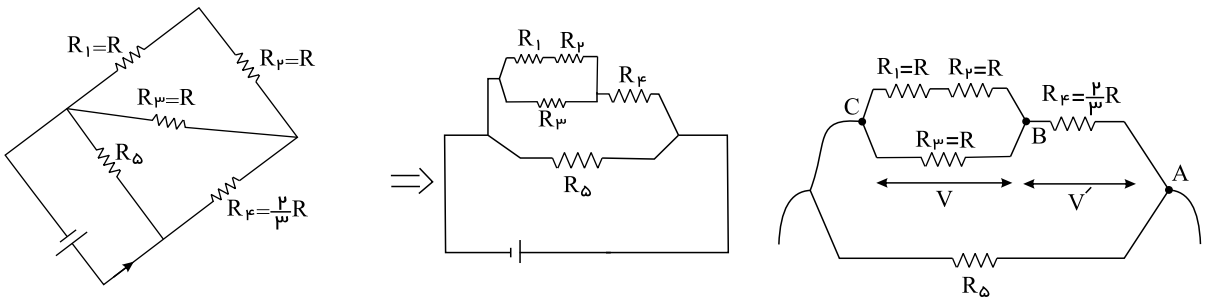
ولت‌سنج $V_۲$:

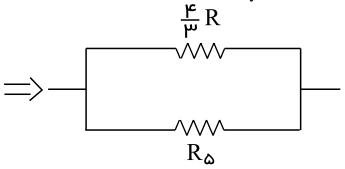
$V_{BC} = ?$

B
C
$\Rightarrow V_B - R_۲ \cancel{I_۱^{\circ}} = V_C \Rightarrow V_{BC} = V_۲ = ۰$

نکتهٔ مهم: هرگاه جریان عبوری از مقاومت R صفر باشد آن مقاومت مثل یک سیم رسانای بدون مقاومت عمل می‌کند!

۱۳ **گزینه ۳**



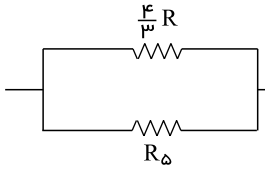


مقاومت بین A و B برابر $\frac{۲}{۳}R$ است و $(R_{eq})_{BC}=\frac{۲R\times R}{۲R+R}=\frac{۲}{۳}R$

مقاومت بین B و C هم $\frac{۲}{۳}R$ است و چون متوالی هستند و جریان‌ها نیز برابرند، بنابراین:

$$V=V'\Rightarrow V_{R_۵}=۲V_{R_۳}\xrightarrow{V_{R_۳}=V}V_{R_۵}=۲V$$

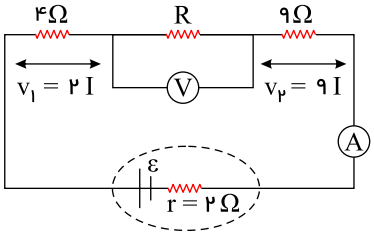
$$\begin{cases}P_{R_۳}=\frac{۱}{۳}P_{R_۵}\Rightarrow\frac{V^۲}{R_۳}=\frac{۱}{۳}(\frac{۴V^۲}{R_۵})\Rightarrow\frac{۱}{R}=\frac{۴}{۲R_۵}\Rightarrow R_۵=\frac{۴}{۳}R\\V_{R_۳}=\Delta V_{BC}=V\\V_{R_۵}=۲V\end{cases}$$

$R_{eq}=?\Rightarrow$ 

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

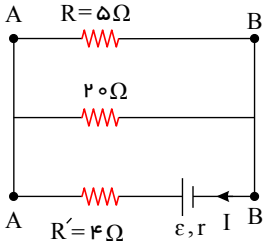
۱۴ گزینه ۲

می‌دانیم که در اینجا نیروی محرکه، مجموع اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی و افت پتانسیل در مولد را تامین می‌کند. بنابراین داریم:



$$\varepsilon=rI+V_۱+V+V_۲\rightarrow\varepsilon=rI+۴I+V+۹I\xrightarrow[V=۱۲V]{I=۰/۸A}\varepsilon=۲\times۰/۸+۴\times۰/۸+۱۲+۹\times۰/۸\rightarrow\varepsilon=۲۴V$$

۱۵ گزینه ۳



قبل از بستن کلید $\Rightarrow R_{eq}=۴+۵=۹\Omega\Rightarrow I_{\text{اصلی}}=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۱۸}{۱+۹}=۱/۸A$

$\Delta V_{(R=۵\Omega)}=۵\times۱/۸=۹V\ \ (۱)$

با بستن کلید $\Rightarrow R_{eq}=۴+\frac{۲۰\times۵}{۲۰+۵}=۴+\frac{۱۰۰}{۲۵}=۸\Omega\Rightarrow I'_{\text{اصلی}}=\frac{۱۸}{۱+۸}=\frac{۱۸}{۹}=۲A$

$\Delta V'_{(R=۵\Omega)}=\Delta V_{AB}=\varepsilon-(r+R')I'=۱۸-(۱+۴)(۲)\rightarrow\Delta V'=۸V\ \ (۲)$

$\xrightarrow{(۱)\text{ و }(۲)}۹V\xrightarrow{\text{تغییر می‌یابد به}}۸V\Rightarrow$ ولت کاهش یافته است. ۱

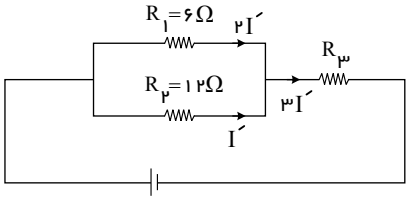
۱۶ گزینه ۴ می‌دانیم توان خروجی باتری از رابطهٔ: $P=\varepsilon I-rI^۲$ محاسبه می‌شود که برابر با توان مصرفی مقاومت‌های خارجی مدار یعنی: $P_{Req}=R_{eq}I^۲=\frac{V^۲}{R_{eq}}$

است. (در صورتی که یک باتری داشته باشیم.)

$$V=\varepsilon\begin{cases}P_۱=\dfrac{V^۲}{R_{eq}}=\dfrac{\varepsilon^۲}{۴} \text{ و } R_{eq}=\dfrac{۶\times ۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega\\ P_۲=\dfrac{V^۲}{R'_{eq}}=\dfrac{\varepsilon^۲}{۱۲} \text{ و } R'_{eq}=۱۲\Omega\end{cases}$$

$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{\frac{\varepsilon^۲}{۱۲}}{\frac{\varepsilon^۲}{۴}}=\frac{۴}{۱۲}=\frac{۱}{۳}\Rightarrow\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{۱}{۳}$$

۱۷ **گزینه ۳** گام اول: جریان (جریان کمتر) گذرنده از $R_۲$ را، I' نام‌گذاری می‌کنیم. آنگاه:



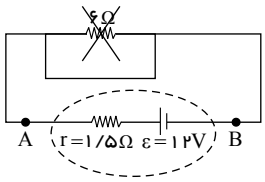
$$\begin{cases}R_۲\to I'\\ R_۱=\dfrac{۱}{۲}R_۲\Rightarrow I_۱=۲I_۲=۲I'\\ R_۳\Rightarrow I_۳=I_۱+I_۲=۳I'\end{cases}$$

$$P_{R_۳}=۶P_{R_۲}\Rightarrow R_۳I_۳^{۲}=۶R_۲I'^{۲}\Rightarrow R_۳(۹I'^{۲})=۶\times ۱۲\times I'^{۲}\Rightarrow R_۳=۸\Omega$$

۱۸ **گزینه ۴** نکته: مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می شود، در حالی‌که مقاومت ویژهٔ نیمه‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی موارد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاص به‌صورت ناگهانی به صفر اُفت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند؛ این پدیده را «ابررسانایی» می‌گویند.

۱۹ **گزینه ۴** در حالت اول که مقاومت متغیر صفر است، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است. یعنی:

حالت اول $\to [R=۰]\Rightarrow$



$\Rightarrow V_A=V_B$ (نقاط A و B هم پتانسیل‌اند) $\Rightarrow \Delta V_{\text{باتری}}=V_A-V_B=۰$ (۱)

یا $I=\dfrac{\varepsilon}{r+\cancel{R_{eq}^{۰}}}=\dfrac{۱۲}{۱/۵}=۸A\Rightarrow \Delta V_{AB}=\varepsilon-rI=۱۲-۱/۵\times ۸=۰]$

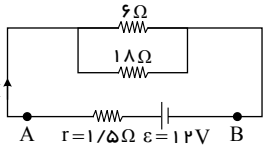
در حالت دوم، ابتدا مقاومت معادل، سپس جریان تولیدی توسط مولد و در نهایت اختلاف پتانسیل دو سر مولد را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{۶\times ۱۸}{۶+۱۸}=۴/۵\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{Req+r}=\frac{۱۲}{۴/۵+۱/۵}=۲A$$

$$V=\varepsilon-rI=۱۲-۱/۵\times ۲\to V=۹V$$

حالت دوم $\to [R=۱۸\Omega]\Rightarrow$



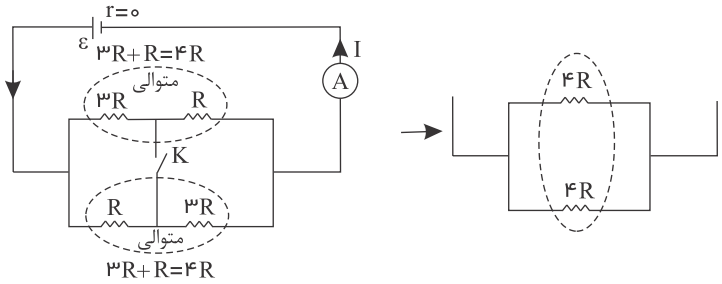
روش دیگر:

$$V'_{AB}=\varepsilon-rI=\varepsilon-r(\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}})=\frac{\varepsilon r+\varepsilon R_{eq}-r\varepsilon}{r+R_{eq}}\Rightarrow\begin{cases}V'_{AB}=\dfrac{\varepsilon R_{eq}}{r+R_{eq}}=\dfrac{۱۲\times ۴/۵}{۱/۵+۴/۵}=\dfrac{۵۴}{۶}=۹V\Rightarrow V'_{AB}=۹V & (۲)\\ R_{eq}=\dfrac{۶\times ۱۸}{۶+۱۸}=\dfrac{۶\times ۱۸}{۲۴}=۴/۵\Omega\end{cases}$$

از صفر به $۹V$ افزایش می‌یابد. $\Rightarrow$ (۱), (۲)

۲۰ گزینه ۴

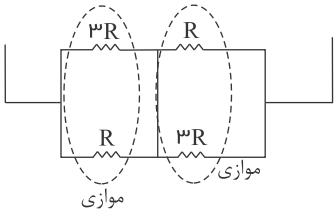
در حالتی که کلید باز است:



$$R_{eq}=\frac{۴R}{۲}=۲R$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{r=۰}۱/۲=\frac{\varepsilon}{۲R}\rightarrow\varepsilon=۲/۴R$$

در حالتی که کلید بسته است:

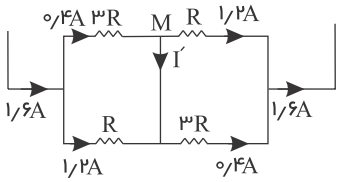


$$R_{eq}=\frac{۳}{۴}R+\frac{۳}{۴}R\rightarrow R_{eq}=\frac{۳}{۲}R$$

$$\frac{۳R\times R}{۴R}=\frac{۳}{۴}R\quad\frac{R\times ۳R}{۴R}=\frac{۳}{۴}R$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۲/۴R}{\frac{۳}{۲}R}\rightarrow I'=۱/۶A$$

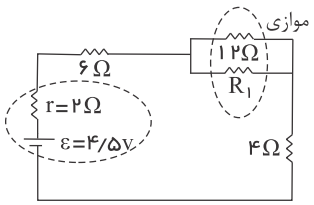
با تقسیم جریان بین دو مقاومت $۳R$ و R و قانون گره داریم:



$$۰/۴+I'=۱/۲\rightarrow I'=۰/۸A$$

۲۱ گزینه ۳

هنگامی که کلید باز است، داریم:

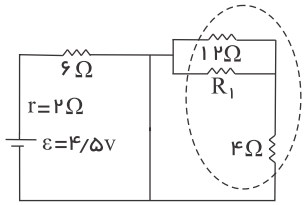


$$R_{eq}=۶+۴+R'=۱۰+\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱}$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۴/۵}{۱۰+\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱}+۲}=\frac{۴/۵}{\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱}+۱۲}$$

$$V_{R=۶\Omega} = ۶I = \frac{۶ \times ۴/۵}{\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱} + ۱۲}$$

در حالت دوم که کلید بسته است، سمت راست مدار به طور کلی اتصال کوتاه شده و داریم:



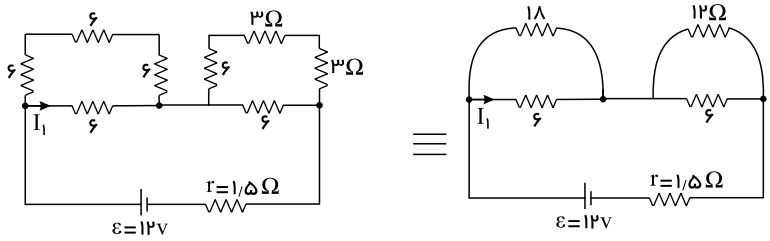
$$I = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۴/۵}{۶ + ۲} = \frac{۴/۵}{۸}$$
$$V'_{R=۶\Omega} = ۶I' = \frac{۶ \times ۸/۵}{۸} = \frac{۱۳/۵}{۴}$$

از طرفی طبق فرض سؤال داریم:

$$V_{R=۶\Omega} = ۲V_{V_{R=۶\Omega}} = \frac{۱۳/۵}{۴} = ۲ \times \frac{۶ \times ۴/۵}{\frac{۱۲R_۱}{۱۲+R_۱} + ۱۲} \rightarrow ۱۵ = \frac{۱۲R_۱}{۱۲ + R_۱ + ۱۲} \rightarrow R_۱ = ۶\Omega$$

۲۲ گزینه ۳

ابتدا مدار را به صورت زیر مرتب می‌کنیم. سپس جریان کل و بعد از آن جریان عبوری از هر شاخه را می‌یابیم.



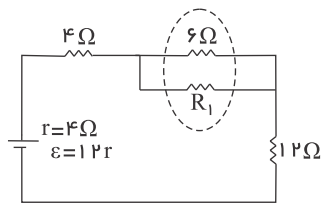
$$R_{eq} = \frac{۶ \times ۱۸}{۶ + ۱۸} + \frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۴/۵ + ۴ = ۸/۵\Omega$$
$$I_t = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۸/۵ + ۱/۵} = ۱/۲A \rightarrow I_t = ۱/۲A$$

میدانیم که در اتصال موازی دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ داریم:

$$I_۱ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} I \text{ و } I_۲ = \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲} I$$

$$\rightarrow I_۱ = (\frac{۱۸}{۶ + ۱۸}) I_t = (\frac{۳}{۴})(۱/۲) = ۰/۹A$$

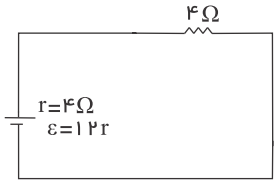
۲۳ گزینه ۳ در حالتی که کلید باز است، داریم:



$$R' = \frac{۶R_۱}{۶ + R_۱}$$
$$R_{eq} = ۱۶ + R'$$

$$V_{\text{دو سر مولد}} = \frac{R_{eq}+\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{(۱۶+R')\times ۱۲}{۲۰+R'}$$

در حالتی که کلید بسته شود کل مقاومت‌های R' و ۱۲Ω، اتصال کوتاه می‌شوند و مدار به صورت زیر خواهد بود. در این صورت ولتاژ دو سر مولد (v') باربر است با:



$$V' = \frac{R_{eq}+\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{۴\times ۱۲}{۴+۴} = v' = ۶v$$

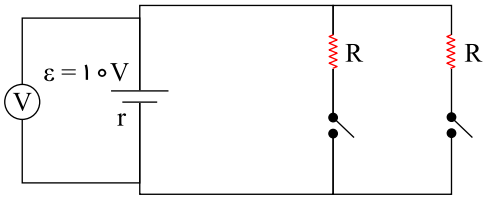
از طرفی طبق صورت سوال که با بستن کلید، ولتاژ دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می‌یابد، پس فقط ۶۰ درصد ولتاژ آن برابر ۱۲ v است یعنی:

$$v' = ۰/۶v \xrightarrow{v'=۶v} ۶ = ۰/۶v \to V = ۱۰v \xrightarrow{(۱)} \frac{(۱۶+R')\times ۱۲}{۲۰+R'} = ۱۰ \to R' = ۴\Omega$$

و در نهایت داریم:

$$R' = \frac{۶R_۱}{۶+R_۱} \xrightarrow{R'=۴} ۴ = \frac{۶R_۱}{۶+R_۱} \to R_۱ = ۱۲\Omega$$

۲۴ **گزینه ۳** می‌دانیم که در اینجا، ولت‌سنج آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر مولد یعنی همان اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی را نشان می‌دهد، بنابراین داریم:



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

در حالت اول که فقط یکی از کلیدها بسته است، $R_{eq}=R$ بوده، بنابراین رابطهٔ بین R و r را می‌یابیم:

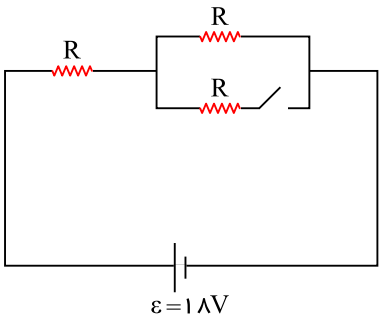
$$V = \frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq}+r} \to ۶ = \frac{R\times ۱۰}{R+r} \to r = \frac{۲}{۳}R$$

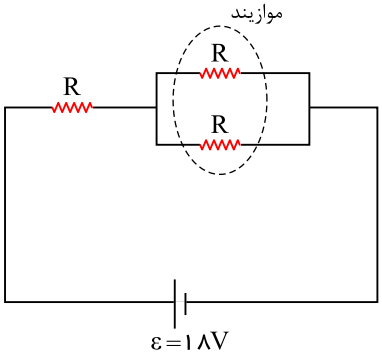
در حالت دوم که هر دو کلید بسته هستند، مدار شامل دو مقاومت خارجی و موازی R است. بنابراین داریم:

$$V = \frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq}+r} \xrightarrow[r=\frac{۲}{۳}R]{R_{eq}=\frac{R}{۲}} V = \frac{\frac{R}{۲}\times ۱۰}{\frac{R}{۲}+\frac{۲R}{۳}} \to V = \frac{۳۰}{۷}V$$

۲۵ گزینه ۴

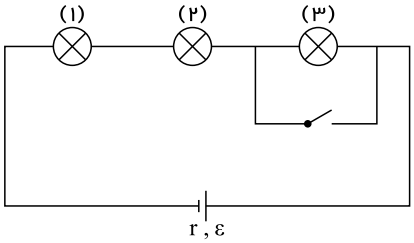
در حالت اول، مقاومت معادل مدار به صورت $R_{eq_1} = ۲R$ و در حالت دوم که کلید بسته شده، مقاومت معادل مدار به صورت $R_{eq} = \frac{۳}{۲}R$ است. از طرفی می‌دانیم که توان مصرفی مدار خارجی، معادل همان توان خروجی (مفید) مولد است. بنابراین داریم:





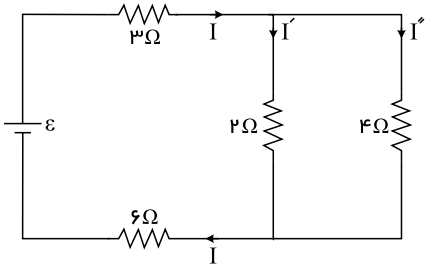
$$P = R_{eq}I^{۲} \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{Req+r}} P = \frac{R_{eq}\varepsilon^{۲}}{(R_{eq}+r)^{۲}} \xrightarrow{r=۰} P = \frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq}} \rightarrow P_{۲} - P_{۱} = \frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq_{۲}}} - \frac{\varepsilon^{۲}}{R_{eq_{۱}}} \rightarrow ۹ = \frac{۱۸^{۲}}{\frac{۳}{۲}R} - \frac{۱۸^{۲}}{۲R} \rightarrow R = ۶\Omega$$

۲۶ گزینه ۱ با بستن کلید، دو سر لامپ (۳) اتصال کوتاه شده، و از مدار حذف می‌شود. پس مقاومت معادل و اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می‌یابد ولی جریان مدار و نور لامپ‌های (۱) و (۲) و اختلاف پتانسیل دو سر آنها افزایش می‌یابد.



پس عبارت‌های «الف» و «پ» صحیح هستند.

۲۷ گزینه ۱ با توجه به تقسیم جریان بین مقاومت‌ها داریم:



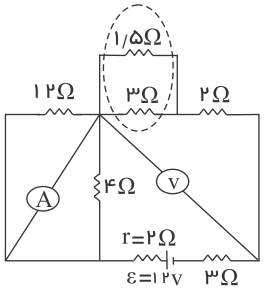
$$I' = \frac{۴}{۴+۲}I = \frac{۲}{۳}I$$

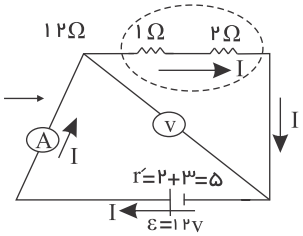
$$I'' = \frac{۲}{۴+۲}I = \frac{۱}{۳}I$$

$$P = RI^{۲} \Rightarrow \frac{P_{۶}}{P_{۴}} = \frac{۶ \times I^{۲}}{۴ \times (\frac{۱}{۳}I)^{۲}} \Rightarrow \frac{P_{۶}}{P_{۴}} = ۱۳٫۵$$

۲۸ گزینه ۳

چون آمپرسنج آرمانی است، دارای مقاومت الکتریکی بسیار ناچیز (تقریباً صفر) است، پس مقاومت‌های 12Ω و 4Ω اتصال کوتاه می‌شوند و داریم:





حال که مدار ساده‌تر شد، بدیهی است که ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد جدید را (با مقاومت درونی جدید) و آمپرسنج، جریان کل مدار را نمایش می‌دهد. بنابراین داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r'} = \frac{۱۲}{۳ + ۵} \rightarrow I = ۱/۵A$$

$$V = \varepsilon - r'I = ۱۲ - ۵ \times ۱/۵ \rightarrow V = ۴/۵v$$

۲۹ گزینه ۲

در ابتدا با توجه به تقسیم جریان دو گره A، می‌دانیم که $I' = ۳A$ است. زیرا:

$$۴ = I' + ۱ \rightarrow I' = ۳A$$

از طرفی می‌دانیم که:

$$V_{AB} = V_{AC} - V_{CB} \xrightarrow{V=RI} ۶ \times ۳ = ۹ \times ۱ + ۹۰ \times I_۳ \rightarrow I_۳ = ۰/۱$$

در گره C داریم:

$$۱ = I_۲ + I_۳ \xrightarrow{I_۳=۰/۱} I_۲ = ۰/۹A$$

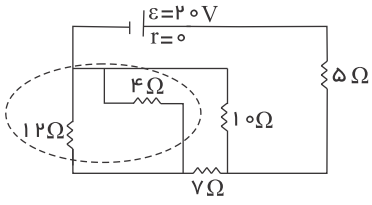
و در نهایت داریم:

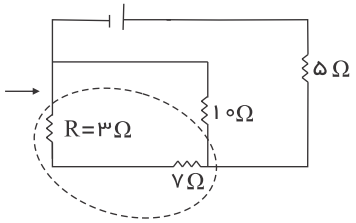
$$P_{R_۲} = V_{CB} \times I_۲ \xrightarrow[I_۲=۰/۹]{V_{CB}=۹۰\times۰/۱=۹V}$$

$$P_{R_۲} = ۹ \times ۰/۹ \rightarrow P_{R_۲} = ۸/۱w$$

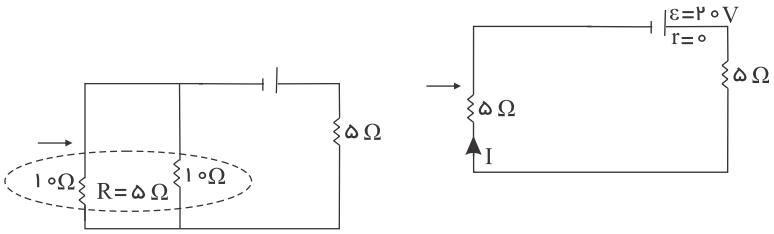
۳۰ گزینه ۲

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۲۰}{۱۰۰۰} \rightarrow I = ۲A$$





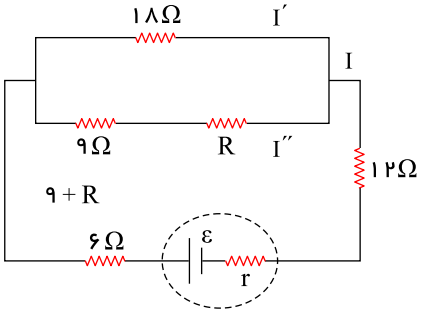
حال قدم به قدم برمی‌گردیم.



$$\begin{cases} I' + I'' = ۱ \\ I' = ۳I'' \end{cases} \rightarrow I' = \frac{۳}{۴}A$$

۳۱ گزینه ۲

در ابتدا با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های ۱۸Ω و ۱۲Ω برابرند، رابطهٔ بین جریان‌های آن‌ها را می‌یابیم.



$$V_{۱۸} = V_{۱۲} \xrightarrow{V=RI} ۱۸I' = ۱۲I \rightarrow I' = \frac{۲}{۳}I$$

از طرفی با توجه به گره A داریم:

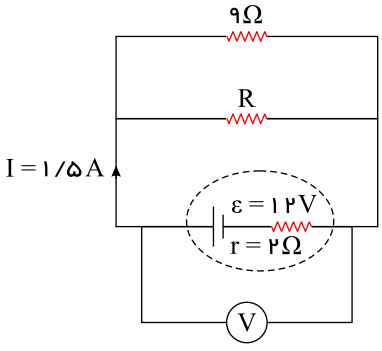
$$I' + I'' = I \rightarrow \frac{۲}{۳}I + I'' = I \rightarrow I'' = \frac{۱}{۳}I$$

در آخر، با توجه به موازی بودن مقاومت‌ها در شاخه‌های داده‌شده داریم:

$$۱۸I' = (۹ + R)I'' \rightarrow ۱۸ \times \frac{۲}{۳}I = (۹ + R)\frac{۱}{۳}I \rightarrow R = ۲۷\Omega$$

۳۲ گزینه ۱

می‌دانیم که در این مدار، توان خروجی (مفید) مولد با مجموع توان مصرفی مقاومت‌های ۹Ω و R برابر است. از طرفی با توجه به موازی بودن مقاومت‌ها با مولد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر هریک از مقاومت‌ها یکسان است؛ بنابراین داریم:

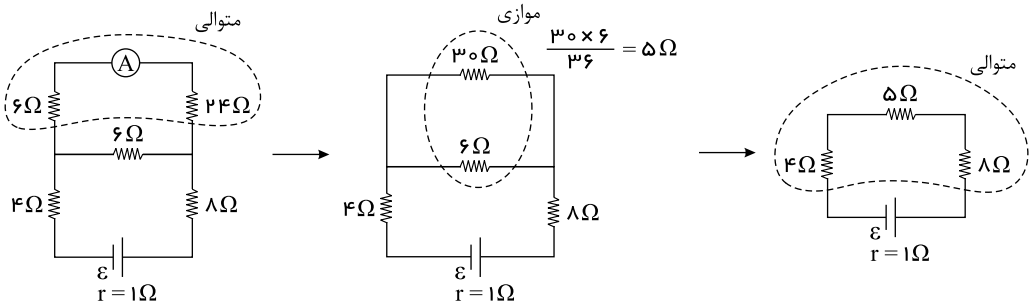


$$P_{R=۹\Omega} = \frac{V^۲}{R} = \frac{(۹)^۲}{۹} \rightarrow P_{R=۹\Omega} = ۹W$$

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^۲ = ۱۲ \times ۱/۵ - ۲ \times (۱/۵)^۲ \rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۱۳/۵W$$

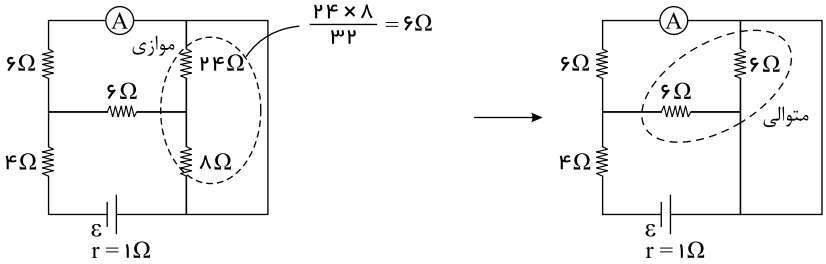
$$P_{\text{خروجی}} = P_{R=۹} + P_R \rightarrow ۱۳/۵ = ۹ + P_R \rightarrow P_R = ۴/۵W$$

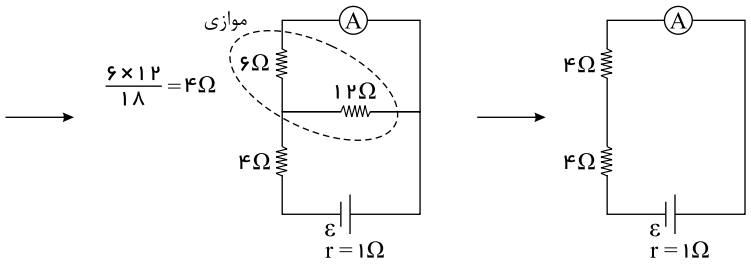
۳۳ گزینه ۱ قبل از بستن کلید مقاومت معادل را می‌یابیم:



$$\xrightarrow[I=\frac{\varepsilon}{Req+r}]{Req=۱۷\Omega} I=\frac{\varepsilon}{۱۸}$$

حال در حالتی که کلید بسته است، مجدداً مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم:

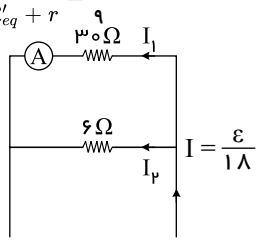




$$\Rightarrow I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{\varepsilon}{۹}$$

حال به تقسیم جریان در شاخه‌ها می‌پردازیم تا عددی که آمپرسنج نمایش می‌دهد را محاسبه کنیم.

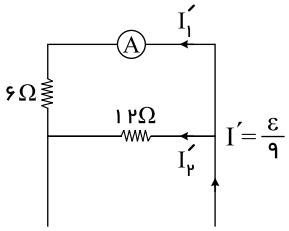
در مدار اول (قبل از بستن کلید)



$$I=\frac{\varepsilon}{۱۸}$$

$$\begin{cases}\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{۶}{۳۰}=\frac{۱}{۵}\\ I_۱+I_۲=\frac{\varepsilon}{۱۸}\end{cases}\Rightarrow I_۱=\frac{\varepsilon}{۱۰۸}$$

و در مدار دوم (بعد از بستن کلید)



$$I' = \frac{\varepsilon}{۹}$$

$$\begin{cases} \frac{I'_۱}{I'_۲} = \frac{۱۲}{۶} = ۲ \\ I_۱ + I_۲ = \frac{\varepsilon}{۹} \end{cases} \Rightarrow I'_۱ = \frac{۲\varepsilon}{۲۷}$$

و در نهایت داریم:

$$\frac{I'_۱}{I_۱} = \frac{\frac{۲\varepsilon}{۲۷}}{\frac{\varepsilon}{۱۰۸}} \rightarrow \frac{I'_۱}{I_۱} = ۸$$

۳۴ **گزینه ۲** اگر مقاومت معادل مدار را، قبل از بستن کلید $R_۱$ و بعد از بستن کلید $R_۲$ بنامیم، در صورتی توان خروجی (مفید) مولد در هر دو حالت یکسان خواهد بود که شرط زیر برقرار باشد:

$$r = \sqrt{R_۱ R_۲}$$

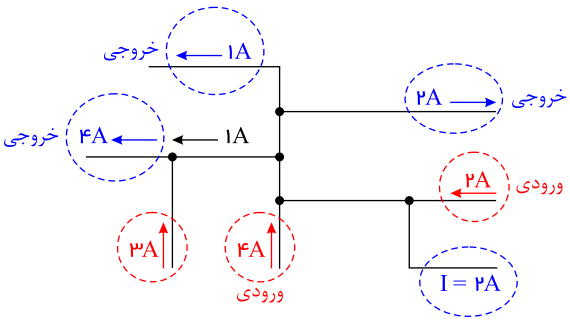
بنابراین داریم:

قبل از بستن کلید : $R_۱ = R + ۱$

بعد از بستن کلید : $R_۲ = ۱\Omega$ (با بستن کلید، دو سر مقاومت R اتصال کوتاه می‌شود) $\xrightarrow{r=۲\Omega}$ $۲ = \sqrt{(R+۱)(۱)} \Rightarrow R + ۱ = ۴ \Rightarrow R = ۳\Omega$

۳۵ **گزینه ۱**

با توجه به قانون گره، جمع جبری جریان‌ها در هر گره صفر است، بنابراین جمع جریان‌های ورودی و خروجی هم‌اندازه هستند. بنابراین با توجه به شکل کل مجموعه داریم:



$$\Rightarrow I = ۲A \text{ و خروجی است} \begin{cases} \text{جمع جریان‌های ورودی} = ۲ + ۴ + ۳ = ۹A \\ \text{جمع جریان‌های خروجی} = ۴ + ۱ + ۲ = ۷A \end{cases}$$

۳۶ **گزینه ۱** توان تولیدی مولد از رابطهٔ $P = \varepsilon I$ محاسبه می‌شود. از طرفی می‌دانیم که جریان مدار از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود.

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

بنابراین توان تولیدی این مولد از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$P = \frac{\varepsilon^۲}{R_{eq} + r}$$

در حالت اول، مقاومت‌های ۳Ω و ۶Ω موازی‌اند معادل آنها با مقاومت ۴Ω متوالی است. بنابراین داریم:

$$R_{eq} = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} + ۴ \Rightarrow R_{eq۱} = ۶\Omega$$

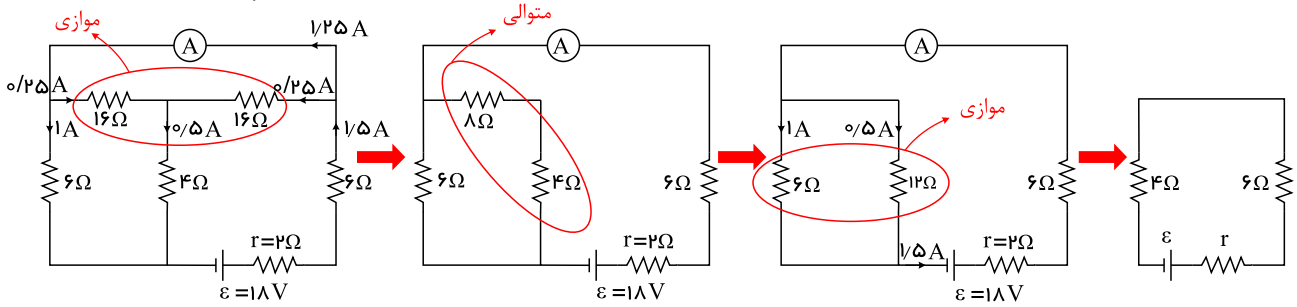
و در حالت دوم، به جای مقاومت ۳Ω مقاومت ۱۲Ω قرار گرفته، بنابراین:

$$R_{eq} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} + ۴ \Rightarrow R_{eq۲} = ۸\Omega$$

در ادامه داریم:

$$P = \frac{\varepsilon^۲}{R_{eq} + r} \xrightarrow[r=۴\Omega]{\varepsilon=۵V} \begin{cases} P_۱ = \frac{۲۵}{۶+۴} = \frac{۲۵}{۱۰} W \\ P_۲ = \frac{۲۵}{۸+۴} = \frac{۲۵}{۱۲} W \end{cases} \Rightarrow |\Delta P| = \frac{۲۵}{۱۰} - \frac{۲۵}{۱۲} \Rightarrow |\Delta P| = \frac{۵}{۱۲} W$$

۳۷ **گزینه ۲** در ابتدا مقاومت معادل و جریان کامل مدار را محاسبه می‌کنیم.

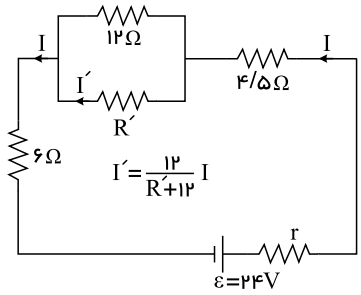


$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۸}{۱۰+۲}\Rightarrow I=۱/۵A$$

حال اگر به تقسیم جریان بپردازیم، داریم:

$$\text{عدد آمپرسنج } I_A=I_{\text{کل}}-I_{۱۶\Omega}=۱/۵-۰/۲۵=۱/۲۵A=\frac{۵}{۴}A$$

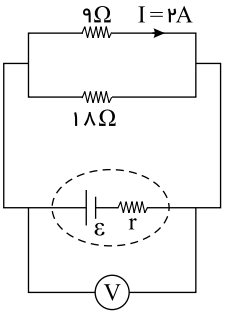
۳۸ **گزینه ۳** **با توجه به شکل مدار داریم:**



$$P=RI^{۲}\xrightarrow{P_{۴/۵}=۲P_{R'}}۴/۵I^{۲}=۲\times R'\times(\frac{۱۲}{R'+۱۲}I)^{۲}\Rightarrow ۴/۵=\frac{۲\times ۱۴۴R'}{(R'+۱۲)^{۲}}\Rightarrow\begin{cases}R'=۳۶\Omega\\R=۴\Omega\end{cases}$$

در اینجا کمترین مقدار R' را خواسته که $R'=۴\Omega$ می‌شود.

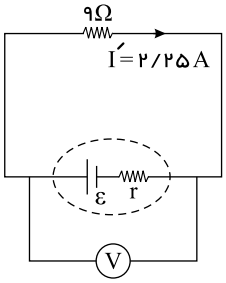
۳۹ **گزینه ۴**



در حالت اول که کلید بسته است، مقاومت‌های ۱۸Ω و ۹Ω به صورت موازی در مدار قرار دارند، پس ولتاژ دو سر مقاومت ۹Ω و ۱۸Ω با ولتاژ دو سر مولد یکسان است. یعنی:

$$\begin{cases}V=\frac{R_{eq}\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{R_{eq}=۶\Omega}V=\frac{۶\varepsilon}{۶+r}\\V=R_۹I_۹=۹\times ۲=۱۸v\end{cases}\Rightarrow ۱۸=\frac{۶\varepsilon}{۶+r}\rightarrow\varepsilon=۱۸+۳r$$

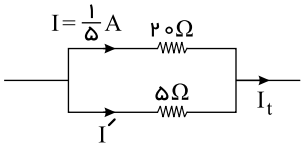
در حالت دوم که کلید باز است، فقط مقاومت ۹Ω در مدار است و داریم:



$$\begin{cases} V' = \frac{R'_{eq}\varepsilon}{R'_{eq}+r} = \frac{۹\varepsilon}{۹+r} \\ V' = R_۹ I'_۹ = ۹ \times ۲{,}۲۵ = \frac{۸۱}{۴} V \end{cases} \Rightarrow \frac{۸۱}{۴} \to \frac{۹\varepsilon}{۹+r} \Rightarrow ۴\varepsilon = ۸۱ + ۹r \xrightarrow{(*)} \begin{cases} \varepsilon = ۱۸ + ۳r \\ ۴\varepsilon = ۸۱ + ۹r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = ۳\Omega \\ \varepsilon = ۲۷V \end{cases}$$

۴۰ گزینه ۴

ابتدا به‌صورت زیر جریان کل مدار که توسط مولد تولید می‌شود را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۲۰Ω و ۵Ω موازی‌اند. بنابراین:

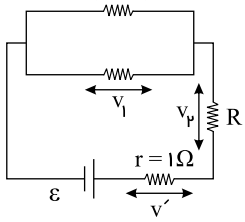


$$۲۰ \times \frac{۱}{۵} = ۵ \times I' \to I' = \frac{۴}{۵} A$$

و جریان کل:

$$I_t = I + I' = \frac{۱}{۵} + \frac{۴}{۵} = ۱A$$

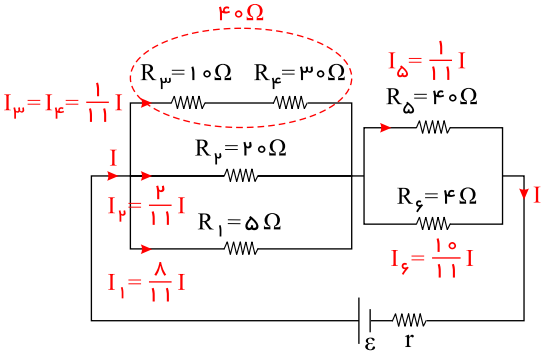
حال می‌دانیم که نیروی محرکهٔ مولد با مجموع اختلاف پتانسیل دو سر اجزای مدار و افت پتانسیل در مولد برابر است. یعنی:



$$\left.\begin{array}{l} V_۱ = ۲۰I \\ V_۲ = ۳V, V' = rI_t \\ \varepsilon = V_۱ + V_۲ + V' \end{array}\right\} \Rightarrow \varepsilon = ۲۰ \times \frac{۱}{۵} + ۳ + ۱ \times ۱ \Rightarrow \varepsilon = ۸V$$

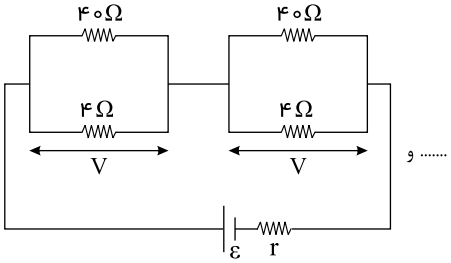
۴۱ گزینه ۴

در ابتدا مدار را به صورت زیر مرتب می‌کنیم.

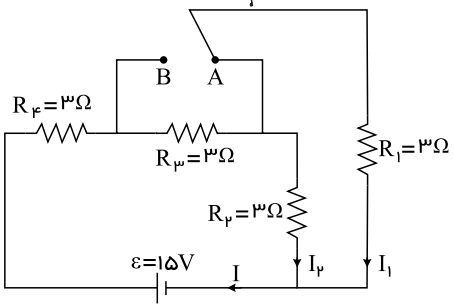


حال اگر جریان کل مدار را I بنامیم، جریان در شاخه‌ها همانند شکل تقسیم می‌شود. و در ادامه اگر از رابطهٔ $P = RI^۲$ توان‌ها را با هم مقایسه کنیم، بیشترین توان مصرفی $R_۶ = ۴\Omega$ دارد.

روش دوم: بعد از ساده کردن دوبارهٔ مدار و استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ نیز می‌توان سؤال را حل کرد.



۴۲ گزینه ۴ اگر کلید به A متصل باشد دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ موازی‌اند و با بقیه متوالی:



$$R_{eq} = \frac{۳ \times ۳}{۳ + ۳} + ۳ + ۳ = ۷/۵\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۱۵}{۷/۵} = ۲A \Rightarrow \begin{cases} I_۱ = ۱A \\ I_۲ = ۱A \end{cases}$$

و اگر کلید به B متصل باشد، $R_۲$ و $R_۳$ متوالی، معادل آنها با $R_۱$ موازی و در نهایت با $R_۴$ متوالی‌اند:

$$R'_{eq} = ۲ + ۳ = ۵\Omega \quad , \quad I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}} = \frac{۱۵}{۵} = ۳A \Rightarrow \begin{cases} I'_۱ = ۲A \\ I'_۲ = ۱A \end{cases} \Rightarrow \frac{I'_۱}{I_۱} = ۲, \frac{I'_۲}{I_۲} = ۱$$

پاسخنامه کلیدی

۱	۴
۲	۳
۳	۱
۴	۲
۵	۲
۶	۳
۷	۴
۸	۱
۹	۴
۱۰	۳
۱۱	۳
۱۲	۲
۱۳	۳
۱۴	۲
۱۵	۳
۱۶	۴
۱۷	۳
۱۸	۴
۱۹	۴
۲۰	۴
۲۱	۳
۲۲	۳
۲۳	۳
۲۴	۳
۲۵	۴
۲۶	۱
۲۷	۱
۲۸	۳
۲۹	۲
۳۰	۲
۳۱	۲
۳۲	۱
۳۳	۱
۳۴	۲
۳۵	۱
۳۶	۱
۳۷	۲
۳۸	۳
۳۹	۴
۴۰	۴
۴۱	۴
۴۲	۴