






# فهرست

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری	۷
فصل دوم: کار، انرژی و توان	۱۶
فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد	۴۰
فصل چهارم: دما و گرما	۵۸
فصل پنجم: الکتریسیته ساکن	۸۰
فصل ششم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم	۱۱۳
فصل هفتم: مغناطیس و القای الکترومغناطیسی	۱۵۰
فصل هشتم: حرکت بر خط راست	۱۸۳
فصل نهم: دینامیک	۲۱۹
فصل دهم: نوسان و امواج	۲۵۲
فصل یازدهم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای	۳۰۶
کنکور سراسری ۱۴۰۰	۳۳۳
پاسخ‌نامه کنکور سراسری ۱۴۰۰	۳۴۳
پاسخ‌نامه کلیدی	۳۶۶

راهنمای آیکون‌های کتاب:

-  هشدار
-  توجه
-  نکته
-  حواستان باشد
-  پاسخ
-  مثال
-  یادآوری



## فصل ششم جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

### رابطه جریان و بار الکتریکی

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

$$q = \pm ne \quad \text{و} \quad \Delta q = I(\Delta t) \Rightarrow \left[ \Delta q = I(\Delta t) \right] \rightarrow \text{بار الکتریکی (C)} \rightarrow I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \text{جریان الکتریکی (A)}$$

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

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

جریان  $4/8 \text{ mA}$  در مدت  $5 \text{ s}$  از مداری می‌گذرد. در این مدت، چه تعداد الکترون آزاد از

یک سطح مقطع مدار عبور کرده است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

$$15 \times 10^{19} \text{ (۴)} \quad 1/5 \times 10^{18} \text{ (۳)} \quad 1/5 \times 10^{17} \text{ (۲)} \quad 1/5 \times 10^{16} \text{ (۱)}$$

= گزینه «۲»

$$\left. \begin{array}{l} q = ne \\ q = I(\Delta t) \end{array} \right\} \Rightarrow ne = I(\Delta t) \Rightarrow n = \frac{I(\Delta t)}{e} = \frac{4/8 \times 10^{-3} \times 5}{1/6 \times 10^{-19}} = 15 \times 10^{16} = 1/5 \times 10^{17}$$

### مقاومت الکتریکی و قانون اهم

رساناهای الکتریکی دو نوع هستند: ۱ اهمی ۲ غیراهمی

قانون اهم: در رساناهای اهمی نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان عبوری از آن در دمای

ثابت، مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می‌گوییم.

$$\left[ V = IR \right] \Rightarrow \text{اختلاف پتانسیل (V)} \rightarrow R = \frac{V}{I} \rightarrow \text{مقاومت الکتریکی } (\Omega) \rightarrow \text{جریان الکتریکی (A)}$$

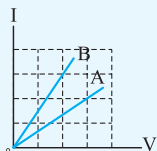
در رساناهای غیراهمی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر رسانا، مقاومت (یا همان نسبت  $\frac{V}{I}$ ) تغییر

می‌کند. مانند: دیود نورگسیل (LED).

شکل زیر، رابطه بین جریان عبوری از مقاومت‌های A و B و اختلاف پتانسیل دو سر آن

(ریاضی ۹۸)

مقاومت‌ها را نشان می‌دهد. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟

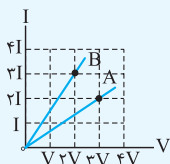


$$\frac{2}{3} \text{ (۲)}$$

$$\frac{4}{9} \text{ (۱)}$$

$$\frac{9}{4} \text{ (۴)}$$

$$\frac{3}{2} \text{ (۳)}$$



«گزینه ۱» با توجه به نمودار روبه‌رو، از فرمول  $R = \frac{V}{I}$

به طور نسبتی برای نقاط مشخص شده استفاده می‌کنیم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{V_B}{V_A} \times \frac{I_A}{I_B} = \frac{2V}{3V} \times \frac{3I}{2I} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{2} = \frac{4}{9}$$

### عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

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

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

طول (m)  $\rightarrow$   $L$   
 سطح مقطع (m<sup>۲</sup>)  $\rightarrow$   $A$   
 مقاومت ویژه  $\rightarrow$   $\rho$   
 مقاومت (Ω)

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

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

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

دو سیم فلزی A و B دارای طول و مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. اگر جرم سیم B،  $\frac{2}{3}$

جرم سیم A بوده و چگالی آن  $\frac{1}{3}$  چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژه سیم B چند برابر مقاومت ویژه سیم A است؟

(تجربی ۹۵ - مشابه ریاضی ۹۰ - مشابه ریاضی خارج ۹۰)

(۱)  $\frac{1}{3}$       (۲)  $\frac{1}{2}$       (۳) ۳      (۴) ۲

«گزینه ۴»  $R_A = R_B \Rightarrow \frac{\rho_A L}{A_A} = \frac{\rho_B L}{A_B} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{A_B}{A_A}$  (۱)

$\frac{B \text{ چگالی}}{A \text{ چگالی}} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{V_A}{V_B} \xrightarrow{V=AL} \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \times \frac{A_A L}{A_B L} \Rightarrow \frac{A_B}{A_A} = 2 \xrightarrow{(۱)} \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$

### به هم بستن مقاومت‌ها

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

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

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

ادامه جدول در صفحه بعد

متوالی (سری)	موازی
$I = I_1 = I_2 = I_3$	$V = V_1 = V_2 = V_3$
$V = V_1 + V_2 + V_3$	$I = I_1 + I_2 + I_3$
$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$ معادل مقاومت	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ اگر فقط دو مقاومت به صورت موازی به هم وصل باشند: $R_{eq} = \frac{\text{ضربشون}}{\text{جمعشون}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
مقاومت معادل، از بزرگ‌ترین مقاومت نیز بزرگ‌تر است.	مقاومت معادل، از کوچک‌ترین مقاومت نیز کوچک‌تر است.
اگر $n$ مقاومت مشابه به هم متصل باشند:	
$R_{eq} = nR$	$R_{eq} = \frac{R}{n}$
ولتاژ دو سر مقاومت بزرگ‌تر، بیشتر است. $V = IR \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$ در همه یکسان است.	از مقاومت بزرگ‌تر، جریان کم‌تری عبور می‌کند. $I = \frac{V}{R} \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$ در همه یکسان است.
$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V, \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$

⚡ حداقل چند مقاومت ۴۰ اهمی را باید به هم وصل کنیم تا از یک منبع برق ۱۲۰ ولتی، شدت

جریان الکتریکی ۱۵ A بگیریم؟ (ریاضی ۹۴)

$$3 \quad (1) \qquad 4 \quad (2) \qquad 5 \quad (3) \qquad 6 \quad (4)$$

⚡ گزینه «۳» قانون اهم را می‌نویسیم تا اندازه مقاومت مورد نیاز را به دست آوریم:

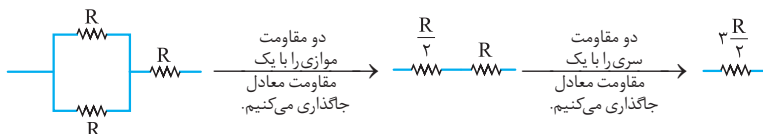
$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{15} = 8 \, \Omega$$

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

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow 8 = \frac{40}{n} \Rightarrow n = 5$$

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

یک مثال ساده:

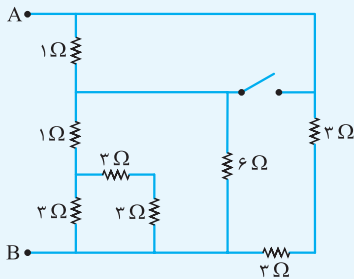


**روش نام‌گذاری گره‌ها:** در اتصال‌های پیچیده‌تر مقاومت‌ها، مقاومت معادل را با روش نام‌گذاری گره‌ها تعیین می‌کنیم.

مثال	مراحل روش نام‌گذاری گره‌ها
	(۱) به هر گره (یعنی محلی که حداقل سه انشعاب داشته باشد) یک نام اختصاص می‌دهیم. تمام گره‌های هم‌پتانسیل (یعنی گره‌هایی که با سیم بدون مقاومت به هم متصل هستند)، باید هم‌نام باشند.
	(۲) گره‌های ابتدا، انتها، میانی را به ترتیب در شکل جدیدی رسم می‌کنیم.
	(۳) تک‌تک مقاومت‌هایی که در شکل اصلی هستند را با توجه به این‌که بین کدام دو گره قرار دارند، در شکل جدید رسم می‌کنیم.
<p><math>R_{eq} = 1/5 \Omega</math></p>	(۴) با توجه به سری یا موازی بودن مقاومت‌ها در شکل ساده‌شده‌ای که در مرحله ۳ به دست آمد، مقاومت معادل را تعیین می‌کنیم.

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

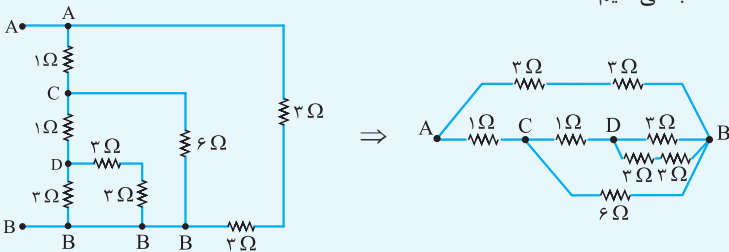
در اتصال موازی مقاومت‌ها، اگر یکی از شاخه‌ها اتصال کوتاه شود، بقیه مقاومت‌های موازی نیز اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شوند.



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

- (۱)  $0/25$  (تقریبی قارچ ۹۳ - مشابه ریاضی قارچ ۹۲)  
 (۲)  $0/5$   
 (۳)  $0/75$   
 (۴)  $1/25$

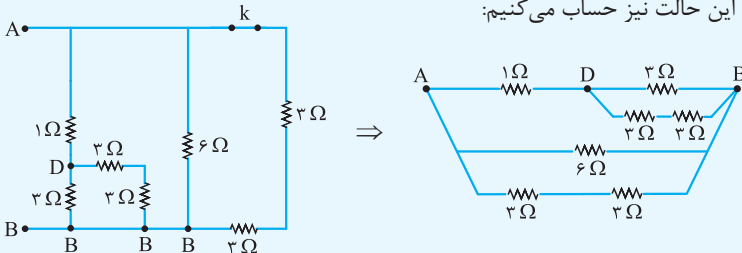
۲: گزینه «۲» در حالتی که کلید باز است، مقاومت معادل بین A و B را با روش نام‌گذاری گره‌ها حساب می‌کنیم:



با محاسبه مقاومت معادل در شکل ساده‌شده بالا می‌رسیم به:

$$\text{در حالت کلید باز } R_{AB} = 2 \Omega$$

وقتی کلید بسته می‌شود، مقاومت  $1 \Omega$  بالایی اتصال کوتاه شده و حذف می‌شود. مقاومت معادل را در این حالت نیز حساب می‌کنیم:



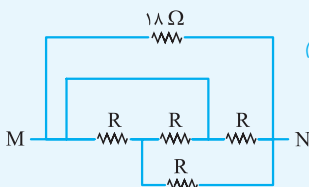
$$\text{در حالت کلید بسته } R_{AB} = 1/5 \Omega$$

در شکل ساده‌شده بالا می‌رسیم به:

$$\Rightarrow \text{تغییر مقاومت معادل} = 2 - 1/5 = 0/5 \Omega$$

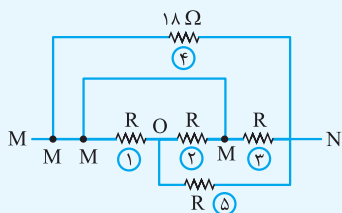
۳: در مدار مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطه M و N

(ریاضی ۹۸)

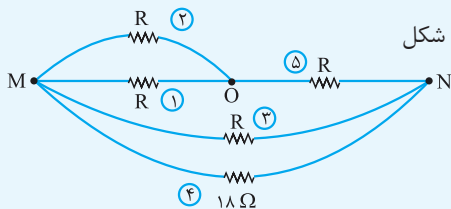


برابر  $\frac{R}{2}$  است. R چند اهم است؟

- (۱) ۱۸  
 (۲) ۱۲  
 (۳) ۶  
 (۴) ۳

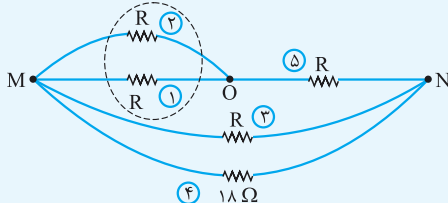


**گزینه ۳** = گزینه «۳» **گام اول** ابتدا به کمک تکنیک نام گذاری مدار را به شکل ساده تری رسم می کنیم. با توجه به سه نقطه  $M, N, O$  که در مدار مشخص کرده ایم، می توانیم بگوییم مقاومت های (۱) و (۲) بین دو نقطه  $M$  و  $O$ ، مقاومت های (۳) و (۴) بین دو نقطه  $M$  و  $N$  و مقاومت (۵) بین دو نقطه  $O$  و  $N$  است، یعنی می توانیم مدار را به شکل مقابل درآوریم:

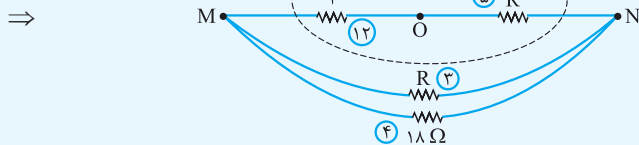


**گام دوم** در این مدار مقاومت های (۱) و (۲) با هم موازی اند؛ پس:

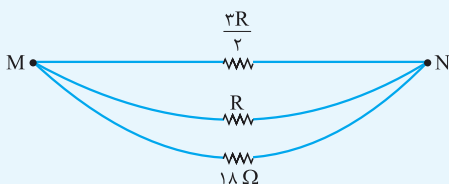
$$R_{(12)} = \frac{R \times R}{R + R} = \frac{R}{2}$$



$$R_{(25)} = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2}$$



در مدار زیر ۳ مقاومت موازی اند و مقاومت معادلشان برابر  $\frac{R}{3}$  است؛ پس:

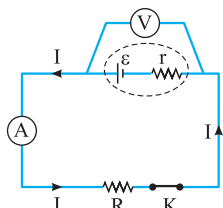


$$\frac{1}{\frac{3R}{2}} + \frac{1}{R} + \frac{1}{18} = \frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{18} = \frac{2}{R} - \frac{1}{R} - \frac{2}{3R} = \frac{1}{3R}$$

$$\Rightarrow R = 6 \Omega$$

### معرفی و بررسی مدار تک حلقه تک باتری



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

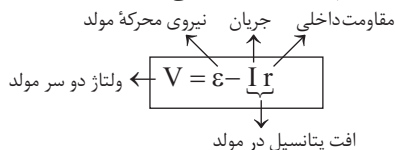
**مولد الکتریکی (منبع نیروی محرکه الکتریکی):**  $\left( \begin{array}{c} \text{---} \epsilon \text{---} \\ \text{---} r \text{---} \end{array} \right)$  یا  $\left( \begin{array}{c} \text{---} \epsilon \text{---} \\ \text{---} r \text{---} \end{array} \right)$

مولدها با ایجاد اختلاف پتانسیل، باعث حرکت بارهای الکتریکی در مدار می‌شوند. **نیروی محرکه الکتریکی ( $\epsilon$ ):** کاری است که مولد روی واحد بار مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه‌ای با پتانسیل کم‌تر به پایانه‌ای با پتانسیل بیشتر ببرد.

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

### افت پتانسیل در مولد

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



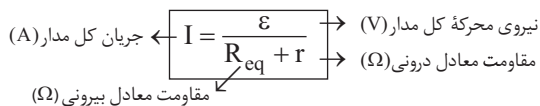
**مقاومت ( $r$ ):** مقاومت‌ها انرژی الکتریکی را به صورت‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌کنند. عبور جریان از یک مقاومت باعث افت پتانسیل به اندازه  $IR$  می‌شود.

**مقاومت متغیر (رئوستا یا پتانسیومتر):**  $\left( \begin{array}{c} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$  یا  $\left( \begin{array}{c} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$ : هم در اتصال موازی و هم در اتصال متوالی مقاومت‌ها، افزایش مقاومت متغیر باعث افزایش مقاومت معادل ( $R_{eq}$ ) در مدار می‌شود و کاهش مقاومت متغیر، مقاومت معادل را کاهش می‌دهد.

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

### جریان مدار تک حلقه

جریان کل در یک مدار تک‌حلقه به صورت زیر است:



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

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



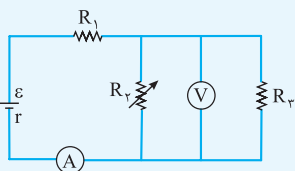
**آمپرسنج** ( $\text{A}$ ): برای اندازه‌گیری جریان در مدار، آمپرسنج را در مسیر جریان (یعنی به صورت متوالی) قرار می‌دهیم. مقاومت یک آمپرسنج ایده‌آل صفر است و اگر به صورت موازی با یک مقاومت بسته شود، آن مقاومت

اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شود.

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

در مدار زیر، با افزایش مقاومت  $R_p$ ، شدت جریانی که آمپرسنج  $A$  نشان می‌دهد و اختلاف

پتانسیلی که ولت‌سنج  $V$  نشان می‌دهد، چگونه تغییر می‌کنند؟ (به ترتیب از راست به چپ)



(۱) کاهش - کاهش (ریاضی ۹۵ - مشابه تهری ۹۴ - مشابه ریاضی خارج ۹۴)

(۲) کاهش - افزایش

(۳) افزایش - افزایش

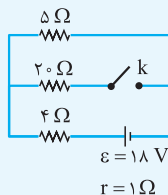
(۴) افزایش - کاهش

گزینه «۲»

افزایش مقاومت معادل  $R_{p3}$   $\Rightarrow$  افزایش  $R_p$

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

افزایش عدد ولت‌سنج  $\Rightarrow$  افزایش سهم ولتاژ مقاومت معادل  $R_{p3}$  نسبت به  $R_1$



در مدار روبه‌رو، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت  $5\ \Omega$

(ریاضی ۹۹ - مشابه ریاضی خارج ۹۴)

اهمی چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) ۸ ولت کاهش می‌یابد.

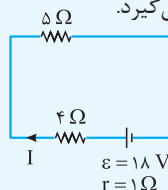
(۲) ۸ ولت افزایش می‌یابد.

(۳) یک ولت کاهش می‌یابد.

(۴) یک ولت افزایش می‌یابد.

گزینه «۳»

$5\ \Omega$  را به دست می‌آوریم. در این حالت مقاومت  $20\ \Omega$  در مدار قرار نمی‌گیرد.

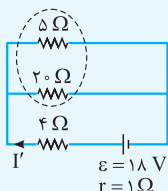


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{18}{5 + 4 + 1} = 1/8\text{ A}$$

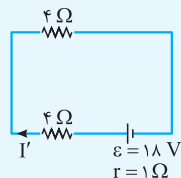
$$V_{5\ \Omega} = RI = 5 \times 1/8 = 9\text{ V}$$

**گام دوم** با بستن کلید، مقاومت  $20\ \Omega$  به مدار اضافه می‌شود. در این حالت جریان عبوری از

باتری برابر است با:



$$R_{5\ \Omega, 20\ \Omega} = \frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\ \Omega$$



$$R'_{eq} = 4 + 4 = 8 \Omega$$

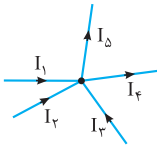
$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{18}{8 + 1} = 2 \text{ A}$$

**گام سوم** اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت  $5 \Omega$  همان اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل

$$V_{5\Omega} = V_{\varphi\Omega} = 4I' = 4 \times 2 = 8 \text{ V}$$

۴ می‌باشد که برابر است با:

بنابراین با بستن کلید اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت  $5 \Omega$  به اندازه  $9 - 8 = 1 \text{ V}$  تغییر کرده است. یعنی مقدار اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت ۱ ولت کاهش یافته است.

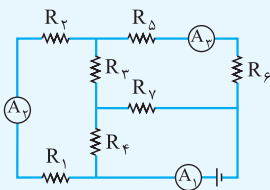


### قاعده انشعاب

جمع جریان‌هایی که به یک گره (انشعاب) وارد می‌شود با جمع جریان‌هایی

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

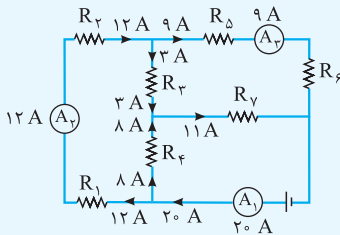
که از آن گره خارج می‌شود برابر است.



**۹۲** در مدار مقابل، آمپرسنج‌های  $A_1$ ،  $A_2$  و  $A_3$

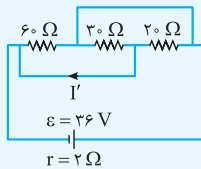
به ترتیب جریان‌های  $20 \text{ A}$ ،  $12 \text{ A}$  و  $9 \text{ A}$  را نشان می‌دهند. از مقاومت  $R_7$  جریان چند آمپر عبور می‌کند؟

(ریاضی ۹۲)	۴ (۲)	۳ (۱)
	۱۱ (۴)	۸ (۳)



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

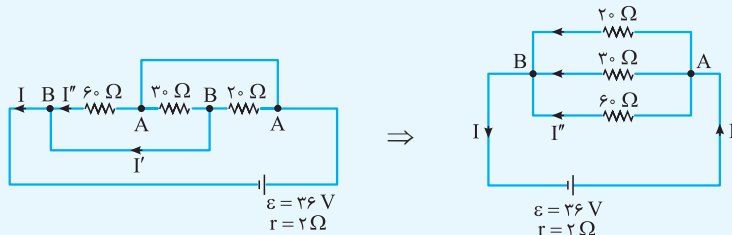
(ریاضی ۹۲)



**۹۳** در مدار روبه‌رو،  $I'$  چند آمپر است؟

- (۱) صفر
- (۲)  $0/5$
- (۳)  $2/5$
- (۴)  $1/5$

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



$$I = I' + I''$$

با توجه به شکل سمت چپ:

برای محاسبه  $I'$  لازم است  $I$  و  $I''$  را به دست آوریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{3+2+1}{60} \Rightarrow R_{eq} = 10 \Omega \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{36}{10+2} = 3 \text{ A}$$

حالا با استفاده از  $I$ ، ولتاژ دو سر مقاومت  $6 \Omega$  و جریان عبوری از آن را حساب می‌کنیم:

$$V = \varepsilon - Ir = 36 - 3 \times 2 = 30 \text{ V} \Rightarrow I'' = \frac{V}{R} = \frac{30}{60} = 0.5 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I' = I - I'' = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ A}$$

**تکنیک** می‌توانستیم از روش تسهیم به نسبت جریان بین مقاومت‌های موازی استفاده کنیم.

در این روش، جریان گذرنده از بزرگ‌ترین مقاومت (که کوچک‌ترین جریان است) را به صورت

پارامتری (در این جا  $I''$ ) در نظر گرفته و جریان شاخه‌های دیگر را براساس آن تعیین می‌کنیم.

$$60 \Omega \Rightarrow I'' \Rightarrow \begin{cases} 30 \Omega \rightarrow 2I'' \\ 20 \Omega \rightarrow 3I'' \end{cases} \Rightarrow I = I'' + 2I'' + 3I'' = 6I''$$

$$\Rightarrow I'' = \frac{I}{6} = \frac{3}{6} = 0.5 \Rightarrow I' = I - I'' = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ A}$$

## توان در مدارهای الکتریکی

در مدارهای الکتریکی با دو نوع توان روبه‌رو هستیم:

۱ توان مصرفی در مقاومت‌ها      ۲ توان تولیدی در مولدها

### توان مصرفی در مقاومت‌ها

بسته به این که با چه داده‌هایی در مسئله روبه‌رو باشیم، توان مصرفی در یک مقاومت از یکی از رابطه‌های

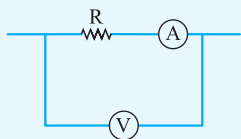
زیر به دست می‌آید:

$$(W) \text{ توان: } P = \frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow P = IV \text{ یا } P = \frac{V^2}{R} \text{ یا } P = RI^2$$

(A) جریان عبوری از مقاومت      (Ω) اندازه مقاومت

(V) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت

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



۱۵ (۴)

۱ : در شکل مقابل، مقاومت ولت‌سنج  $10 \text{ k}\Omega$  و مقاومت آمپرسنج  $5 \Omega$  است. اگر ولت‌سنج و آمپرسنج به ترتیب  $12 \text{ V}$  و  $0.1 \text{ A}$  را نشان دهند، توان مصرفی مقاومت  $R$  چند وات است؟

(ریاضی ۹۷)

۱۱/۵ (۳)

۱/۵ (۲)

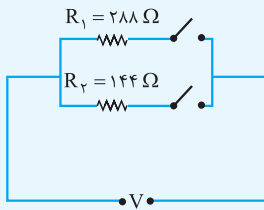
۱/۱۵ (۱)

= گزینهٔ «۱»

$$\text{در شاخهٔ بالا: } V = R_T I \Rightarrow 12 = R_T \times 0.1 \Rightarrow R_T = R + R_{\text{آمپرسنج}} = 120 \Omega$$

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

$$P = RI^2 = 115 \times (0.1)^2 = 1.15 \text{ W}$$



۲ : در مدار مقابل، با بستن هر دو کلید یا یکی از آن‌ها

می‌توان سه توان مصرفی در مدار ایجاد کرد. نسبت بیشترین

توان مصرفی مدار به کم‌ترین توان مصرفی کدام است؟

(تجربی فارغ ۹۸ - مشابه تجربی فارغ ۹۷)

۲ (۲)

۱/۵ (۱)

۴ (۴)

۳ (۳)

= گزینهٔ «۳» از آنجایی که اختلاف پتانسیل دو سر تمام مقاومت‌ها یکسان و برابر  $V$

است، برای بحث دربارهٔ توان مصرفی آن‌ها از فرمول  $P = \frac{V^2}{R}$  استفاده می‌کنیم. طبق این

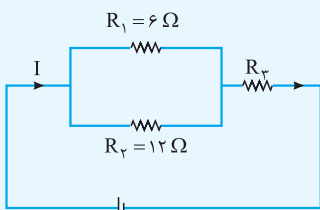
رابطه، در این حالت، توان مصرفی مقاومت‌ها با خود مقاومت الکتریکی نسبت وارون دارد؛ پس

بیشترین توان مصرفی به ازای کم‌ترین مقدار مقاومت و کم‌ترین توان مصرفی به ازای بیشترین

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

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

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



شکل مقابل یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد.

اگر توان مصرفی مقاومت  $R_3$ ، برابر توان مصرفی مقاومت  $R_2$  باشد، چند اهم است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

- |        |        |
|--------|--------|
| ۱۲ (۲) | ۱۸ (۱) |
| ۶ (۴)  | ۸ (۳)  |

گزینه «۳» **گام اول** جریان عبوری از مقاومت  $R_3$  را برحسب  $I$  به دست می‌آوریم. دو

مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  موازیند. بنابراین نسبت جریان عبوری از آن‌ها برابر وارون مقاومت الکتریکی

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

آن‌ها است:

**گام دوم** با توجه به صورت تست داریم:

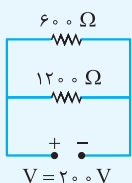
$$\frac{P_3}{P_2} = 6 \xrightarrow{P=RI^2} \frac{R_3 I^2}{R_2 I_2^2} = 6 \Rightarrow \frac{R_3 I^2}{12 \times \left(\frac{I}{3}\right)^2} = 6 \Rightarrow \frac{9 \times R_3}{12} = 6 \Rightarrow R_3 = \frac{6 \times 12}{9} = 8 \Omega$$

**کیلووات ساعت (kWh):** اگر در رابطه انرژی ( $U = P \cdot t$ )، توان را برحسب کیلووات و زمان را برحسب

ساعت بگذاریم، واحد جدیدی برای انرژی به نام کیلووات ساعت به دست می‌آید.

بهای برق مصرفی در قبض‌های برق بر مبنای کیلووات ساعت محاسبه می‌شود:

قیمت یک کیلووات ساعت  $\times$  انرژی الکتریکی مصرفی برحسب kWh = بهای برق مصرفی



با توجه به جدول داده‌شده، انرژی الکتریکی مصرفی مدار در مدت

۹۰ دقیقه چند کیلووات ساعت است؟ (تقریبی، شارژ ۹۴ با تغییر)

- |            |            |
|------------|------------|
| ۱۵ (۲)     | ۰ / ۵۴ (۱) |
| ۰ / ۱۵ (۴) | ۵ / ۴۰ (۳) |

**گزینه «۴»** اول اندازه مقاومت معادل را تعیین می‌کنیم:  $R_{eq} = \frac{600 \times 1200}{600 + 1200} = 400 \Omega$

$$P = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{200^2}{400} = 100 \text{ W} = 0.1 \text{ kW}$$

حالا رابطه انرژی را نوشته و به جای وات از کیلووات و به جای ثانیه از ساعت استفاده می‌کنیم. می‌دانیم که ۹۰ دقیقه برابر با  $\frac{1}{5}$  ساعت است:

$$U = P.t = 0.1 \times \frac{1}{5} = 0.02 \text{ kWh}$$

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \leftarrow \text{توان مصرفی واقعی} \\ \leftarrow \text{توان اسمی} \end{array} \right. \left[ \frac{P_r}{P_n} = \left( \frac{V_r}{V_n} \right)^2 \right]$$

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

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{P_{n2}}{P_{n1}}$$

**روی یک لامپ عددهای ۲۲۰ V و ۱۰۰ W ثبت شده است. اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل ۲۰۰ V وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت لامپ، در مدت ۱۱ ساعت چند کیلووات-ساعت انرژی مصرف می‌کند؟**

(ریاضی قارچ ۹۸)

$$\begin{array}{cccc}
 (1) & \frac{100}{121} & (2) & \frac{100}{11} \\
 (3) & 100 & (4) & 11
 \end{array}$$

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

$$\frac{P_r}{P_n} = \left( \frac{V_r}{V_n} \right)^2 \Rightarrow \frac{P_r}{100} = \left( \frac{200}{220} \right)^2 = \frac{100}{121} \Rightarrow P_r = \frac{100 \times 100}{121} \text{ W}$$

همین‌جوری نگاهش می‌داریم!

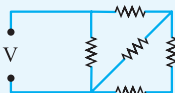
**گام دوم:** حالا انرژی مصرف شده در ۱۱ ساعت را حساب می‌کنیم. هم‌زمان، تبدیل به کیلو را نیز

$$E = Pt = \frac{100 \times 100}{121} \times \frac{1}{10^3} \times 11 \text{ kW.h} = \frac{100}{11} \text{ kW.h}$$

انجام می‌دهیم:

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

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



در مدار روبه‌رو، همهٔ مقاومت‌ها مشابه‌اند و هر مقاومت حداکثر توان  $20 \text{ W}$  را می‌تواند تحمل کند. حداکثر توان الکتریکی که ممکن است در این مدار مصرف شود تا هیچ مقاومتی آسیب نبیند، چند وات است؟

(ریاضی ۹۳)

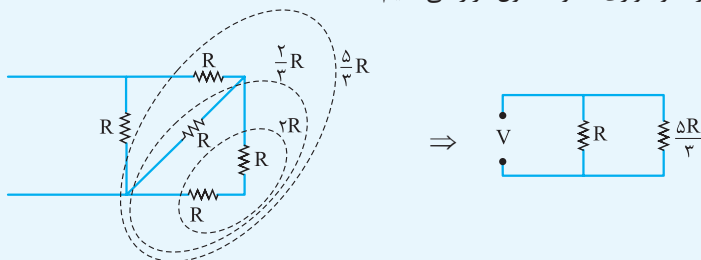
۳۲ (۴)

۳۶ (۳)

۴۰ (۲)

۶۰ (۱)

گزینهٔ «۴» هر یک از مقاومت‌ها را  $R$  فرض می‌کنیم. با توجه به شکل، مشخص است که مقاومت سمت چپ بیشترین ولتاژ را دارد. چون دو سر آن مستقیماً به باتری متصل است، این مقاومت، بیشترین توان را مصرف می‌کند و برای این‌که هیچ مقاومتی آسیب نبیند، کافی است که توان مصرفی آن را برابر  $20 \text{ W}$  در نظر بگیریم. مقاومت معادل ۴ مقاومت دیگر را به دست آورده و موازی مقاومت اول قرار می‌دهیم:



در مقاومت‌های موازی، توان و مقاومت رابطهٔ عکس دارند. با توجه به توان  $20$  واتی مقاومت  $R$ ، توان مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{20}{P_1} = \frac{\frac{4}{3}R}{R} = \frac{4}{3} \Rightarrow P_1 = 12 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \text{توان مصرفی کل: } P = 20 + 12 = 32 \text{ W}$$

### توان مولد

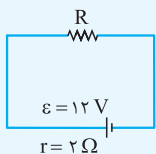
رابطهٔ ولتاژ دو سر مولد در حال تخلیه را در نظر بگیرید ( $V = \mathcal{E} - rI$ ). اگر دو طرف این تساوی را در  $I$  ضرب کنیم، انواع توان‌های مولد را به دست می‌آوریم. در هر مولد با سه نوع توان روبه‌رو هستیم:

توان تولیدی (کل)

$$\boxed{VI = \mathcal{E}I - rI^2 \Rightarrow P_{\text{مفید}} = P_{\text{تولیدی}} - P_{\text{اتلافی}}}$$

توان خروجی  
(مفید)

توان مصرفی  
مولد (اتلافی)



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

- (۱) ۲  
(۲) ۴  
(۳) ۶  
(۴) ۸

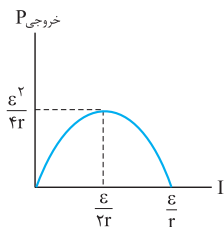
گزینه «۲» =  $P_r = rI^2 \Rightarrow 8 = 2I^2 \Rightarrow I = 2 \text{ A}$  : توان تلف‌شده در مقاومت درونی

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

توان خروجی از مولد: را می‌توان از رابطه‌های دیگری نیز به دست آورد. توان خروجی همان توانی

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

است که در مقاومت‌های خارجی مدار ( $R_{\text{eq}}$ ) مصرف می‌شود:

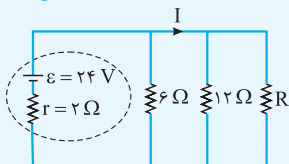


توان خروجی (مفید) مولد وقتی بیشینه می‌شود که  $R_{\text{eq}} = r$  باشد. در این حالت:

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

در مدار زیر، مقاومت R چند اهم باشد تا توان خروجی از مولد بیشینه شود و در این حالت

(ریاضی ۹۷ - مشابه ریاضی قارچ ۹۳)



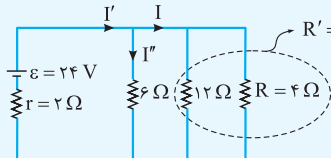
I برابر با چند آمپر است؟

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

گزینه «۳» = برای بیشینه‌شدن توان خروجی مولد باید داشته باشیم:  $R_T = r$

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

بنابراین:



$$R' = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 3 \Omega$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{r + R_T} = \frac{24}{2 + 2} = 6 \text{ A}$$

$r = R_T$

جریان شاخه اصلی به نسبت عکس مقاومت‌ها بین  $R'$  و  $6 \Omega$  تقسیم می‌شود.

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

گام دوم



## فرمول‌های فصل

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

• رابطهٔ جریان و بار الکتریکی:

$$V = IR \quad (\text{در رسانای اهمی})$$

• مقاومت الکتریکی

قانون اهم:

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

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی:

• به هم بستن مقاومت‌ها

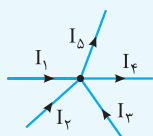
۱ موازی:  $V = V_1 = V_2 = V_3$  ,  $I = I_1 + I_2 + I_3$  ,  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

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

• مدار تک‌حلقه

$$V = \varepsilon - Ir$$

افت پتانسیل در مولد (ولتاژ دو سر باتری در حال تخلیه):



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

جریان در مدار تک حلقه:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

• قاعدهٔ انشعاب:

• توان در مدارهای الکتریکی

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow P = IV = \frac{V^2}{R} = RI^2$$

توان مصرفی در مقاومت‌ها:

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

موازی

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

متوالی

توان مصرفی در مقاومت‌های متصل به هم

$$\frac{P_r}{P_n} = \left(\frac{V_r}{V_n}\right)^2$$

ولتاژ اسمی - توان اسمی:

توان تولیدی (کل)

$$VI = \varepsilon I - I^2 r$$

توان مصرفی مولد (اتلافی) → توان خروجی (مفید)

توان مولد:

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

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱۳۰- یک ولت‌سنج به مقاومت  $60 \text{ k}\Omega$  را به دو سر یک باتری با نیروی محرکه  $6 \text{ V}$  و مقاومت درونی  $3 \text{ }\Omega$  می‌بندیم. مرتبه بزرگی تعداد الکترون‌هایی که در هر دقیقه از این ولت‌سنج می‌گذرند، چه قدر است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

(تهری ۹۹)

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

۱۳۱- مقاومت الکتریکی سیمی  $6 \text{ }\Omega$  است.  $\frac{3}{4}$  سیم را بریده و کنار می‌گذاریم و  $\frac{1}{4}$  باقی‌مانده را از دستگاه 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؟

(ریاضی ۹۹)

- $9$  (۱)       $12$  (۲)       $18$  (۳)       $24$  (۴)

۱۳۲- از سیمی به طول  $25 \text{ m}$  که اختلاف پتانسیل  $3 \text{ V}$  در دو سر آن برقرار است، جریان  $1/2 \text{ A}$  عبور می‌کند. اگر مقاومت ویژه سیم  $1/8 \times 10^{-8} \text{ }\Omega \cdot \text{m}$  و چگالی آن  $8 \text{ g/cm}^3$  باشد، جرم سیم چند گرم است؟

(ریاضی قارچ ۹۶)

- $18$  (۱)       $36$  (۲)       $54$  (۳)       $72$  (۴)

۱۳۳- دو سیم هم‌طول مسی و آلومینیمی در یک دمای معین، دارای مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. اگر چگالی مس و آلومینیم به ترتیب  $9 \text{ g/cm}^3$  و  $2/7 \text{ g/cm}^3$  و مقاومت ویژه مس  $\frac{1}{4}$  برابر مقاومت ویژه آلومینیم باشد، جرم سیم آلومینیمی چند برابر جرم سیم مسی است؟

(ریاضی ۹۶)

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

(تهری ۹۴)

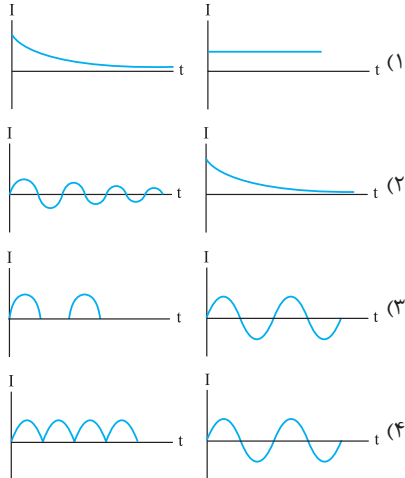
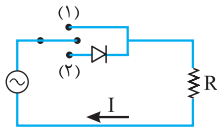
۱۳۴- مقاومت الکتریکی لامپ معمولی با رشته تنگستن:

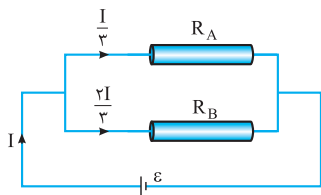
- (۱) پس از روشن شدن لامپ، کاهش می‌یابد.      (۲) پس از روشن شدن لامپ، به صفر می‌رسد.  
 (۳) هنگامی که لامپ خاموش است، صفر است.      (۴) هنگام روشن بودن بیشتر از هنگام خاموش بودن است.

۱۳۵- در شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار می‌گیرد و سپس در حالت (۲) قرار می‌گیرد. نمودار

(ریاضی قارچ ۹۹)

جریان الکتریکی به ترتیب به کدام صورت خواهد بود؟

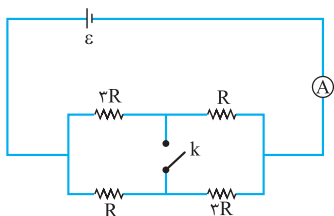




(تئری شارژ ۹۵ - مشابه ریاضی ۹۱ - مشابه تئری شارژ ۸۸)

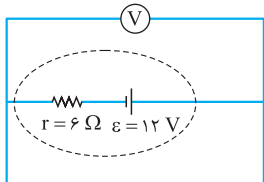
۱۳۶- مطابق شکل مقابل، دو سیم فلزی توپر  $A$  و  $B$  به طول‌های مساوی، به یک مولد متصل‌اند. اگر مقاومت ویژه سیم  $A$ ،  $۳$  برابر مقاومت ویژه سیم  $B$  باشد، سطح مقطع سیم  $A$  چند برابر سطح مقطع سیم  $B$  است؟

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



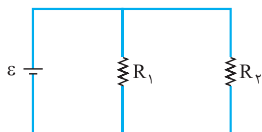
۱۳۷- در مدار شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی  $۱/۲$  آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید را وصل کنیم، از مسیر کلید، جریان الکتریکی چند آمپر می‌گذرد؟  
 (ریاضی شارژ ۱۴۰۰)

- (۱)  $۰/۲$   
 (۲)  $۰/۴$   
 (۳)  $۰/۶$   
 (۴)  $۰/۸$



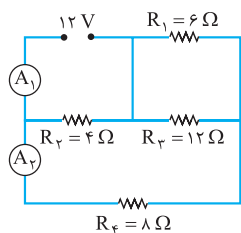
۱۳۸- در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟

- (۱) صفر  
 (۲)  $۲$   
 (۳)  $۶$   
 (۴)  $۱۲$



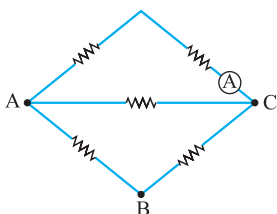
۱۳۹- در مدار روبه‌رو، یک باتری آرمانی با  $\varepsilon = ۲۰ V$ ،  $R_1 = ۲۰۰ k\Omega$  و  $R_2 = ۲ M\Omega$  قرار دارند. جریانی که از باتری می‌گذرد، چند میلی‌آمپر است؟  
 (ریاضی شارژ ۹۸)

- (۱)  $۰/۲۱$   
 (۲)  $۲/۱$   
 (۳)  $۲۱$   
 (۴)  $۲۱۰$



۱۴۰- در مدار مقابل، آمپرسنج‌های آرمانی  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب چند آمپر را نشان می‌دهند؟  
 (ریاضی شارژ ۹۹)

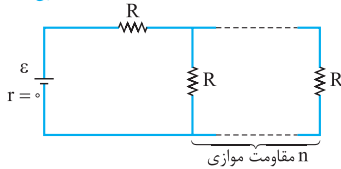
- (۱)  $۱$  و  $۳$   
 (۲)  $۳$  و  $۱/۵$   
 (۳)  $۴$  و  $۱$   
 (۴)  $۴$  و  $۱/۵$



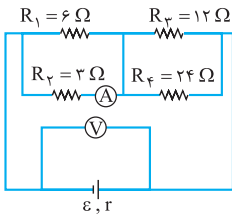
۱۴۱- در شکل مقابل، هر یک از مقاومت‌ها،  $۶$  اهمی‌اند. یک باتری آرمانی یک بار بین دو نقطه  $B$  و  $A$  و بار دوم بین دو نقطه  $C$  و  $A$  بسته می‌شود. جریانی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، در حالت دوم چند برابر حالت اول است؟  
 (تئری شارژ ۹۹)

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

۱۴۲- در مدار زیر، اگر  $n + 1$  به  $n$  تبدیل شود، شدت جریان عبوری از باتری  $\frac{16}{15}$  برابر می‌شود.  $n$  کدام است؟ (تجربی ۹۶)



- (۱) ۵  
(۲) ۴  
(۳) ۳  
(۴) ۲



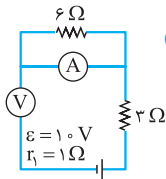
۱۴۳- در مدار روبه‌رو، اگر به جای مقاومت ۳ اهمی، مقاومت ۶ اهمی قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟ (تجربی ۹۸ - مشابه تجربی ۹۷ - مشابه ریاضی ۹۳)

- (۱) افزایش - کاهش  
(۲) کاهش - افزایش  
(۳) کاهش - کاهش  
(۴) افزایش - افزایش

۱۴۴- ولت‌سنجی آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری را که به مداری وصل نیست،  $12\text{ V}$  نشان می‌دهد. حال اگر یک مقاومت ۸ اهمی را به دو سر آن ببندیم، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را  $9/6\text{ V}$  نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اهم است؟ (تجربی قارچ ۹۸)

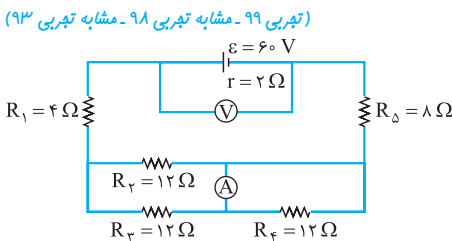
- (۱) ۱  
(۲) ۲  
(۳) ۳  
(۴) ۴

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



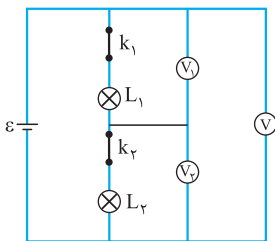
- (۱) صفر - صفر  
(۲) صفر -  $10\text{ V}$   
(۳)  $9\text{ V}$  -  $1\text{ A}$   
(۴)  $10\text{ V}$  -  $1\text{ A}$

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



- (۱)  $1/5\text{ A}$ ,  $54\text{ V}$   
(۲)  $1/5\text{ A}$ ,  $55\text{ V}$   
(۳)  $3\text{ A}$ ,  $54\text{ V}$   
(۴)  $3\text{ A}$ ,  $55\text{ V}$

۱۴۷- در شکل مقابل، ولت‌سنج‌ها آرمانی هستند و هر دو لامپ روشن است. اگر کلید  $k_1$  را قطع کنیم، کدام یک از ولت‌سنج‌ها صفر را نشان می‌دهد؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

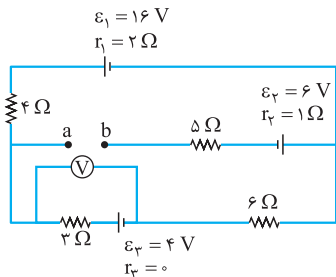


- (۱)  $V_1$   
(۲)  $V_2$   
(۳)  $V_1$  و  $V_2$   
(۴)  $V_1$  و  $V_2$

۱۴۸- در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج آرمانی چند ولت را

(ریاضی ۹۹)

نشان می‌دهد؟



۰/۶ (۱)

۲/۴ (۲)

۵/۲ (۳)

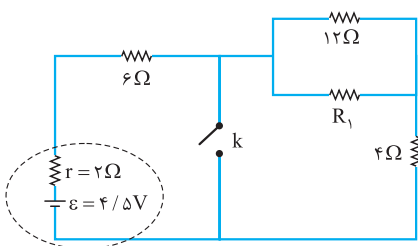
۶/۴ (۴)

۱۴۹- در شکل مقابل، با بستن کلید، اختلاف

پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت ۶ اهمی دو

برابر می‌شود.  $R_1$  چند اهم است؟

(ریاضی خارج ۱۳۰۰)



۲/۴ (۱)

۳ (۲)

۶ (۳)

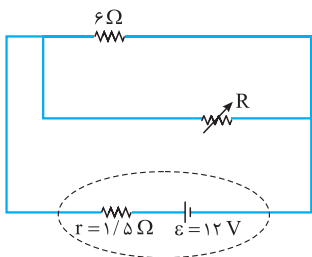
۸/۲ (۴)

۱۵۰- در شکل مقابل، اگر مقاومت متغیر از صفر به  $18 \Omega$

افزایش یابد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری از چند

(ریاضی ۱۳۰۰)

ولت به چند ولت تغییر می‌کند؟



۶ به ۱۲ (۱)

۹ به ۱۲ (۲)

صفر به ۶ (۳)

صفر به ۹ (۴)

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

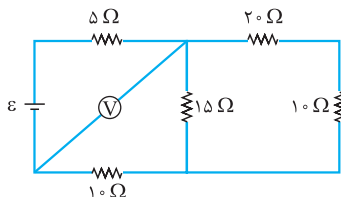
(ریاضی خارج ۹۸)

۳/۰ (۱)

۴/۵ (۲)

۵/۰ (۳)

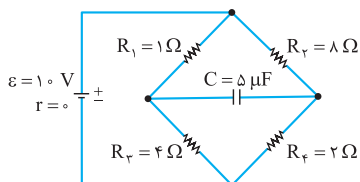
۷/۵ (۴)



۱۵۲- در مدار روبه‌رو، انرژی ذخیره‌شده در خازن،

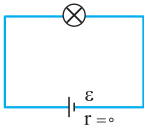
چند میکروژول است؟

(ریاضی ۹۵- مشابه ریاضی خارج ۹۲- مشابه ریاضی خارج ۹۱)

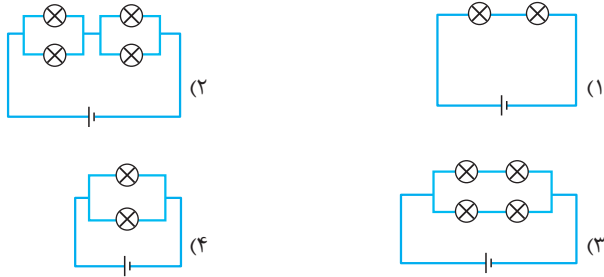


۱۰ (۲) صفر (۱)

۹۰ (۴) ۴۰ (۳)



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

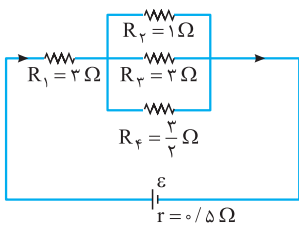


۱۵۴- دو مقاومت یکسان  $R$  را به طور متوالی به ولتاژ ثابتی می‌بندیم. توانی که در مجموعه دو مقاومت مصرف می‌شود،  $40\text{ W}$  است. اگر این دو مقاومت را به طور موازی به همان اختلاف پتانسیل ببندیم، توان مصرفی در مجموعه دو مقاومت در این حالت چند وات است؟  
(تهری خارج ۹۷)

- ۱۰ (۱)      ۴۰ (۲)      ۸۰ (۳)      ۱۶۰ (۴)

۱۵۵- یک مقاومت  $25\text{ اهمی}$  را به یک باتری می‌بندیم. جریان  $2\text{ A}$  از آن عبور می‌کند. اگر یک مقاومت  $100\text{ اهمی}$  را با مقاومت  $25\text{ اهمی}$  موازی ببندیم، جریانی که در این حالت از مقاومت  $25\text{ اهمی}$  عبور می‌کند،  $1/92\text{ A}$  می‌شود. توان خروجی باتری در مدار دوم چند وات بیشتر از توان خروجی باتری در مدار اول است؟  
(تهری ۹۹)

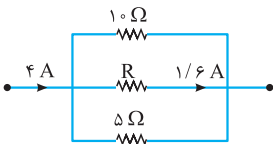
- ۲ (۱)      ۴/۸ (۲)      ۱۵/۲ (۳)      ۲۴ (۴)



۱۵۶- در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار الکتریکی است، توان مصرفی مقاومت  $R_1$  چند برابر توان مصرفی مقاومت  $R_3$  است؟  
(ریاضی خارج ۹۷ - مشابه تهری خارج ۹۶)

- ۱ (۱)      ۶ (۲)      ۳۶ (۴)      ۹ (۳)

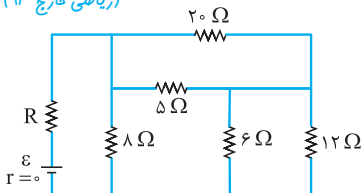
۱۵۷- شکل روبه‌رو، قسمتی از یک مدار الکتریکی است. انرژی که در مدت  $25$  دقیقه در مقاومت  $R$  مصرف می‌شود، چند کیلوژول است؟  
(ریاضی ۹۹ - مشابه ریاضی خارج ۹۱)



- ۴/۸ (۱)      ۹/۶ (۲)      ۲۷/۴ (۴)      ۱۹/۲ (۳)

۱۵۸- در مدار شکل زیر، مقاومت  $R$  چند اهم باشد تا توان مصرفی در آن بیشینه باشد؟

(ریاضی قارچ ۹۳)



۱۲ (۱)

۸ (۲)

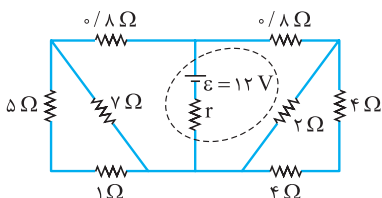
۴ (۳)

۲ (۴)

۱۵۹- در شکل زیر، اگر توان مصرفی مقاومت ۲ اهمی برابر ۸ وات باشد، اختلاف پتانسیل دو سر

(تجربی ۹۷ - مشابه تجربی ۹۸)

مولد چند ولت است؟



۱۲ (۱)

۹ (۲)

۸ (۳)

۶ (۴)

۱۶۰- اختلاف پتانسیل  $17\text{ V}$  به دو سر یک سیم مسی به طول  $30\text{ m}$  و شعاع مقطع  $1\text{ mm}$  اعمال

می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ ( $\rho = 1/7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$ ,  $\pi = 3$ )

(تجربی قارچ ۹۶)

۱۰۰ (۲)

۱۷۰۰ (۱)

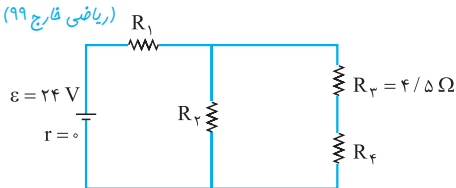
۱۰ (۴)

۱۷۰ (۳)

۱۶۱- در مدار زیر، توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها یکسان است. جریان عبوری از مقاومت  $R_p$  چند

(ریاضی قارچ ۹۹)

آمپر است؟



۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۱۶۲- روی یک لامپ رشته‌ای معمولی نوشته شده است ( $100\text{ W}$ ,  $220\text{ V}$ ). دانش‌آموزی مقاومت این

لامپ را با اهم‌سنج اندازه می‌گیرد و با توجه به رابطه  $P = \frac{V^2}{R}$  به این نتیجه می‌رسد که توان این

مقاومت با برق  $220\text{ V}$ ، باید خیلی بیشتر از  $100\text{ W}$  باشد که روی لامپ نوشته شده است، پس این

(تجربی قارچ ۹۹)

نوشته اشکال دارد. کدام توضیح این نتیجه‌گیری را تصحیح می‌کند؟

(۱) به احتمال زیاد، اهم‌سنج خطا داشته است.

(۲) برق خانه متناوب است و قانون اهم در آن صادق نیست.

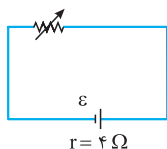
(۳) با افزایش دمای رشته، مقاومت الکتریکی آن و هم‌چنین توان مصرفی آن کاهش خواهد یافت.

(۴) مقاومت الکتریکی رشته لامپ، وقتی که گداخته می‌شود، بیشتر از آن خواهد بود که دانش‌آموز

اندازه گرفته است.

۱۶۳- در مدار زیر، وقتی مقاومت رئوستا برابر  $8 \Omega$  است، توان مفید مولد برابر  $P_1$  است. مقاومت رئوستا را به چند اهم برسانیم تا توان مفید مولد دوباره برابر  $P_1$  شود؟

(ریاضی ۹۴)



۱ (۱)

۲ (۲)

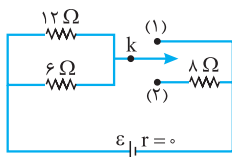
۴ (۳)

۶ (۴)

۱۶۴- در مدار شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار دارد و توان خروجی باتری  $P_1$  است. اگر کلید

(ریاضی قارچ ۹۹)

در حالت (۲) قرار گیرد، توان خروجی باتری  $P_2$  می‌شود.  $\frac{P_2}{P_1}$  چه قدر است؟



$\frac{2}{3}$  (۲)

۲ (۱)

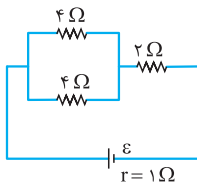
$\frac{1}{3}$  (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

۱۶۵- بازده مولد (نسبت توان مفید به توان کل)، در مدار شکل زیر چند درصد است؟ (توان مفید، توان

تهری قارچ ۹۱)

مصرف‌کننده‌های خارج از باتری است.)



۲۵ (۱)

۵۰ (۲)

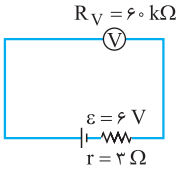
۷۵ (۳)

۸۰ (۴)



## پاسخ نامه تشریحی

۱۳۰- گزینه «۱»

**گام اول** ابتدا شکل مدار را رسم می کنیم و با توجه به


آن، جریان عبوری از ولتسنج را حساب می کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_V + r} = \frac{6}{60 \times 10^3 + 3} = \frac{6}{6 \times 10^4} = 10^{-4} \text{ A}$$

قابل چشم پوشی

**گام دوم** حالا به کمک رابطه  $q = I\Delta t$ ، اندازه بار عبوری را حساب می کنیم:

$$q = 10^{-4} \times 60 = 6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

**گام سوم** با داشتن بار عبوری  $q$ ، تعداد الکترون به دست می آید:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{6 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{3}{16} \times 10^{16} \approx 10^{16}$$

مهم نیست!

 (چون فقط مرتبه را می خواهیم، لازم نبود  $\frac{6}{16}$  را دقیقاً محاسبه کنیم!)

 ۱۳۱- گزینه «۴» وقتی  $\frac{1}{4}$  از سیم باقی می ماند، یعنی  $\frac{1}{4}$  از مقاومت  $6 \Omega$  باقی مانده است:

$$R = \frac{1}{4} \times 6 = 1.5 \Omega$$

 وقتی در دمای ثابت و بدون تغییر حجم، طول سیمی را  $n$  برابر کنیم، مقاومت آن  $n^2$  برابر می شود.

$$R' = n^2 R = 16 \times 1.5 = 24 \Omega$$

در این تست، طول سیم ۴ برابر شده است:

 ۱۳۲- گزینه «۲» می دانیم که جرم سیم از رابطه  $m = \rho' V$  محاسبه می شود (که در این رابطه  $\rho'$ 

چگالی سیم است). اما چون اندازه سطح مقطع سیم را نداریم، باید حجم سیم را به صورت پارامتری جایگزین کنیم:

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

چگالی سیم                      مقاومت ویژه سیم

$$m = \rho' V = \rho' AL = \frac{\rho' L^2 \rho}{R}$$

$$\frac{R=V}{I} \rightarrow m = \frac{\rho' L^2 \rho I}{V} = \frac{1.8 \times (\underbrace{2500}_{\text{cm}})^2 \times 1.8 \times 10^{-6} \times 1.2}{3} = 36 \text{ g}$$

۱۳۳- گزینه «۱»

**گام اول** طبق رابطه  $R = \rho \frac{L}{A}$  داریم:

$$\Rightarrow \rho_{\text{آلومینیم}} \times \frac{L_{\text{آلومینیم}}}{A_{\text{آلومینیم}}} = \rho_{\text{مس}} \times \frac{L_{\text{مس}}}{A_{\text{مس}}} \rightarrow A_{\text{آلومینیم}} = 2A_{\text{مس}}$$

آلومینیم  $\rho_{\text{مس}} = \frac{1}{3} \rho_{\text{آلومینیم}}$

**گام دوم** می دانیم که حجم سیم را از رابطه  $V = LA$  محاسبه می کنیم. چون طول دو سیم برابر

$$\frac{V_{\text{آلومینیم}}}{A_{\text{آلومینیم}}} = 2$$

است، نسبت حجم دو سیم برابر با نسبت سطح مقطع دو سیم است:

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

$$\frac{m}{m_{\text{مس}}} = \frac{\rho_{\text{آلمونیم}} V_{\text{آلمونیم}}}{\rho_{\text{مس}} V_{\text{مس}}} = \frac{2/7}{9} \times 2 = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

در گام اول،  $\rho$  مقاومت ویژه و در گام سوم،  $\rho$  چگالی است.

**۱۳۴- گزینه «۴»** لامپ رشته‌ای روشن دمای بالاتری نسبت به لامپ خاموش دارد و با توجه به

رابطه  $\Delta R = R_0 \alpha \Delta T$  مقاومت فلزات (رشته لامپ) با افزایش دما افزایش می‌یابد.

**۱۳۵- گزینه «۳»** نماد  $\ominus$  مربوط به یک مولد جریان متناوب است که اختلاف پتانسیل آن به

صورت سینوسی است.

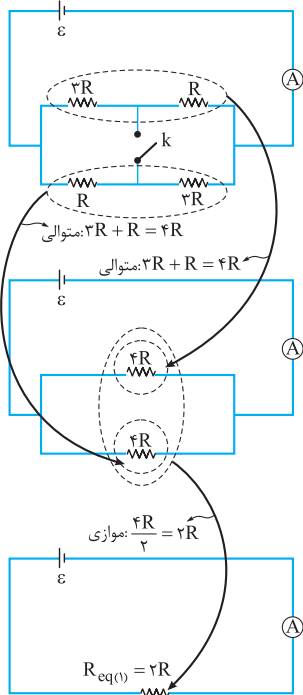
هنگامی که کلید در حالت (۱) قرار دارد، همواره جریان سینوسی از مقاومت  $R$  عبور می‌کند و نمودار جریان عبوری از  $R$  به صورت یک نمودار سینوسی کامل است. با وصل کلید در حالت (۲) دیود تنها اجازه عبور جریان در یک سو را می‌دهد. بنابراین جریان عبوری از مدار در هر دوره تناوب مولد، به مدت نصف دوره مخالف صفر خواهد بود. بنابراین  $\frac{1}{2}$  پاسخ صحیح است.

$$\text{در اتصال موازی: } \frac{R_B}{R_A} = \frac{I_A}{I_B} = \frac{3}{2I} = \frac{1}{2}$$

**۱۳۶- گزینه «۱»**

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \times 1 \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{3}{2}$$

**۱۳۷- گزینه «۴»**



**گام اول** آمپرسنج جریان کل عبوری از مدار (جریان عبوری از

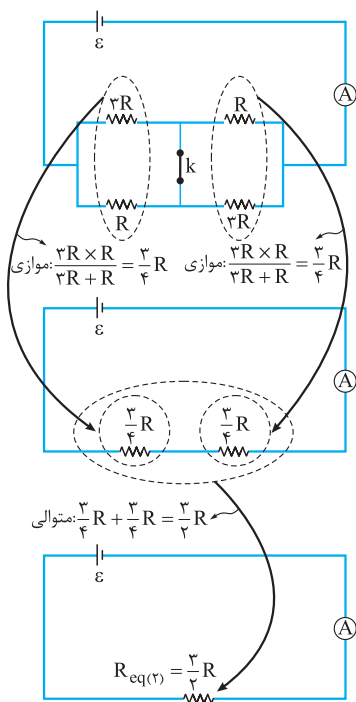
باتری) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های مقابل برای حالت

اول که کلید باز است می‌توان نوشت:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{\text{eq}(1)}} \Rightarrow 1/2 = \frac{\varepsilon}{2R} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R} = 2/4 \quad (1)$$

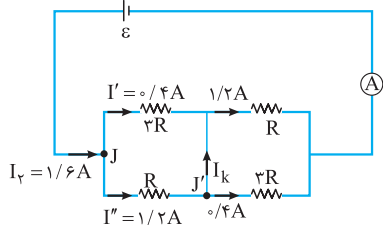
### گام دوم

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



$$I_T = \frac{\varepsilon}{R_{eq(2)}} = \frac{\varepsilon}{\frac{3}{2}R} = \frac{2}{3} \frac{\varepsilon}{R} \xrightarrow{(1)} I_T = \frac{2}{3} \times 2/4 = 1/6 \text{ A}$$

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



$$\text{موازی اند } R, 2R \Rightarrow \frac{2R}{R} = \frac{I''}{I'} \Rightarrow I'' = 2I'$$

$$J \text{ قاعده انشعاب برای گره } J: I_T = I' + I'' = I' + 2I' \Rightarrow 1/6 = 3I' \Rightarrow I' = 0/4 \text{ A}, I'' = 1/2 \text{ A}$$

به همین ترتیب از مقاومت‌های  $R$  و  $2R$  دیگر نیز جریان  $1/2 \text{ A}$  و  $0/4 \text{ A}$  می‌گذرد. حالا با توجه به شکل و با نوشتن قاعده انشعاب برای گره  $J'$ ، جریان عبوری از سیم شامل کلید به دست می‌آید:

$$I'' = I_k + 0/4 \Rightarrow 1/2 = I_k + 0/4 \Rightarrow I_k = 0/8 \text{ A}$$

چون ولت‌سنج به دو سر سیم بدون مقاومت متصل است، عدد صفر را نشان می‌دهد.

۱۳۹- گزینه «۱»

**گام اول** ابتدا  $R_{1,2}$  را حساب می‌کنیم (حواستان به یکاها باشد):

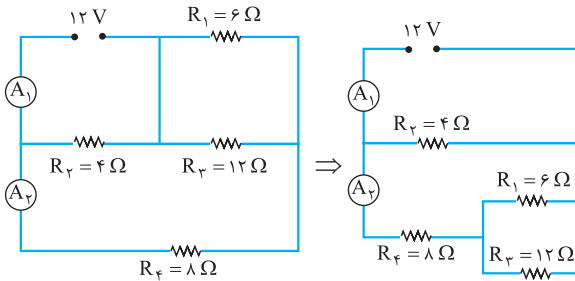
$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 10^6 \times 1000 \times 10^3}{2 \times 10^6 + 1000 \times 10^3} = \frac{200 \times 10^9}{21 \times 10^5} = \frac{200}{21} \times 10^4 \Omega$$

**گام دوم** حالا به سراغ محاسبه جریان کل مدار می‌رویم:

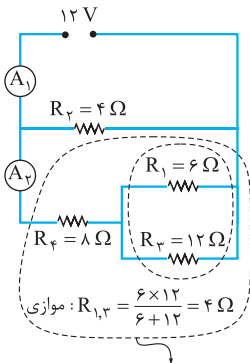
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{1,2}} = \frac{10}{\frac{200}{21} \times 10^4} = 2/1 \times 10^{-4} \text{ A} = 0/21 \text{ mA}$$

**گام اول** ابتدا شکل مدار را کمی ساده می‌کنیم:

۱۴۰- گزینه «۳»

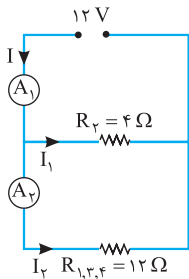


**گام دوم** مقاومت شاخه پایینی برابر است با:



سری:  $R_{1,3,4} = R_{1,3} + R_4 = 12 \Omega$

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



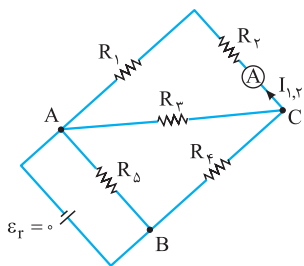
$$I_1 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_{1,3,4}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ A}$$

بنابراین عدد آمپرسنج (۲) برابر  $I_2 = 1 \text{ A}$  و عدد آمپرسنج (۱) برابر  $I = I_1 + I_2 = 4 \text{ A}$  است.

۱۴۱- گزینۀ «۲» **گام اول** مقاومت معادل مجموعه

متصل به باتری را حساب می‌کنیم:

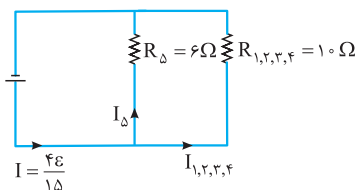


$$R_1 + R_2 = 6 + 6 = 12 \Omega$$

$$R_{1,2,3} = \frac{R_2 \times R_{1,2}}{R_2 + R_{1,2}} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4 \Omega$$

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

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



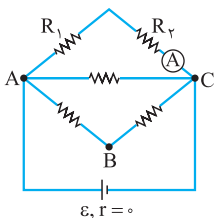
**گام دوم** جریان گذرنده از باتری، به نسبت عکس مقاومت‌ها بین دو شاخه  $R_{1,2,3,4}$  و  $R_5$  تقسیم می‌شود.

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

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_5}{I_{1,2,3,4}} &= \frac{R_{1,2,3,4}}{R_5} = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} \\ I &= I_5 + I_{1,2,3,4} = \frac{4\varepsilon}{15} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{I_5 = \frac{5}{3} I_{1,2,3,4}}{I = \frac{4\varepsilon}{15}} \rightarrow \frac{1}{3} I_{1,2,3,4} = \frac{1}{15} \varepsilon \Rightarrow I_{1,2,3,4} = \frac{\varepsilon}{10}$$

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

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_{1,2}}{R_3} = \frac{I_3}{I_{1,2}} = \frac{12}{6} = 2 \\ I_3 + I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{10} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{I_3 = 2I_{1,2}}{I_3 + I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{10}} \rightarrow 2I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{10} \Rightarrow I_{1,2} = \frac{\varepsilon}{30}$$



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

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

**گام چهارم** نسبت خواسته شده برابر است با:

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