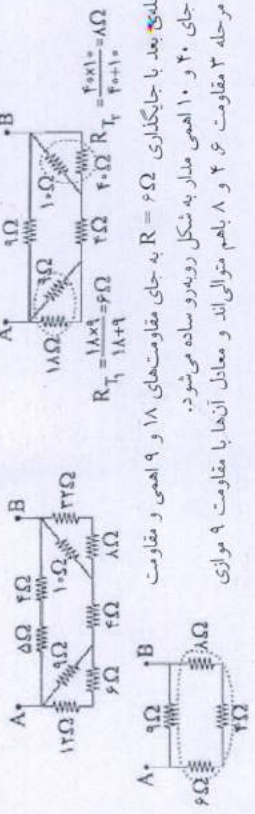


۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در مدار زیر، مقادیرهای ۴ و ۵ اهمی با یکدیگر متوالی اند، مقاومت‌های ۱۲ و ۶ اهمی با هم متوالی اند و مقاومت‌های ۳۲ و ۸ اهمی نیز با هم متوالی اند. پس مدار به شکل زیر ساده می‌شود:

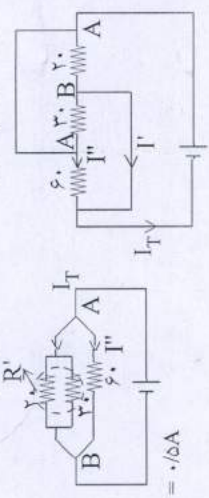


$$R_T = \frac{18 \times 10}{18 + 10} + 6 + \frac{10 \times 18}{10 + 18} = 18 \Omega$$

در مرحله بعد با جایگذاری  $R = 6 \Omega$  به جای مقاومت‌های ۱۸ و ۹ اهمی و مقاومت  $8 \Omega$  به جای ۲۰ و ۱۰ اهمی مدار به شکل روبه‌رو ساده می‌شود. در این مرحله ۲ مقاومت ۲ و ۴ اهم متوالی اند و معادل آن‌ها با مقاومت ۹ موازی است.

$$R_T = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6 \Omega$$

۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. سه مقاومت (چون بین نقاط A و B قرار دارند) موازی هستند.



$$20 \Omega \parallel 30 \Omega \rightarrow R' = 12 \Omega$$

$$R' \parallel 6 \Omega \rightarrow R_T = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4 \Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T + r} = \frac{36}{4 + 2} = 3 A$$

$$6 \times I'' = R_T I_T \Rightarrow 6 \times I'' = 12 \times 3 \Rightarrow I'' = 6 A$$

$$I_T = I' + I'' \rightarrow 3 = I' + 6 \Rightarrow I' = -3 A$$

۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با کشیدن سیم طول آن (L) افزایش و سطح مقطع آن (A) کاهش می‌یابد، چون حجم سیم در اثر کشیدن ثابت می‌ماند، پس داریم: (۱)

$$R_1 = R_2 \Rightarrow \rho \frac{L_1}{A_1} = \rho \frac{L_2}{A_2}$$

$$L_1 \frac{A_2}{A_1} = L_2 \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow 100 L_1 = 121 \frac{A_1}{A_2} \times A_1 \rightarrow$$

$$100 L_1 = 121 L_2 \times \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow 100 L_1^2 = 121 L_2^2$$

$$\text{حذر} \rightarrow 10 L_1 = 11 L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{10}{11}$$

$$\% \text{ درصد تغییرات} \Rightarrow \left( \frac{L_2}{L_1} - 1 \right) \times 100\% = \left( \frac{10}{11} - 1 \right) \times 100\% = -9\%$$

۴- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با استفاده از قانون اختلاف پتانسیل‌ها، ابتدا جریان  $I_1$  را بدست می‌آوریم:

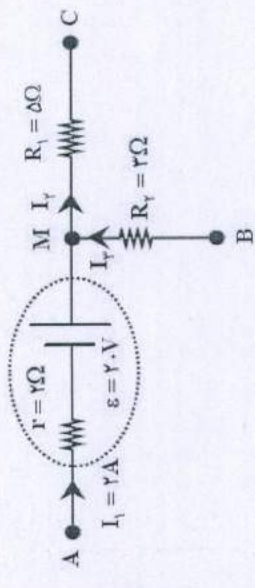
$$V_A - I_1 r + \varepsilon - I_4 R_1 = V_C - V_C = I_1 r - \varepsilon + I_4 R_1$$

با استفاده از قانون شدت جریان‌ها در گرهی M، جریان  $I_4$  محاسبه می‌گردد:

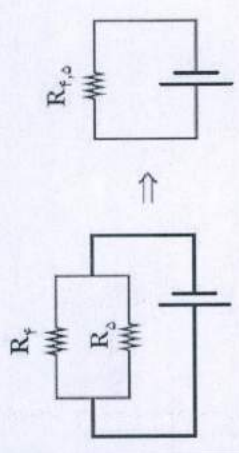
$$I_1 + I_4 = I_2 \Rightarrow I_4 = I_2 - I_1 = 2 - 1 = 1 A$$

$$V_A - I_1 r + \varepsilon + I_4 R_2 = V_B$$

$$\Rightarrow V_A - 1 \times 2 + 2 + 1 \times 2 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = -2 V$$



۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. مقاومت‌های  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  به دلیل اتصال کوتاه از مدار حذف می‌شوند. در این صورت، مدار به شکل زیر در می‌آید:



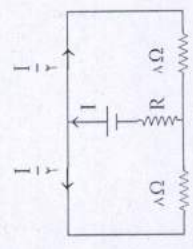
$$R_{2,5} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} + 2 = 3 \Omega$$

$$P_{\text{تولیدی}} = \frac{\varepsilon^2}{R_{\text{eq}}} = \frac{2^2}{3} = 1.33 W$$

مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_3$  با یکدیگر موازیند، داریم:

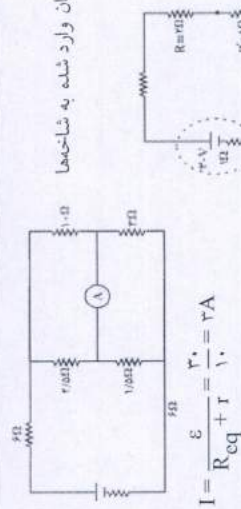
توان تولیدی مولد برابر است با:

۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. جریان  $I$  بین دو مقاومت موازی و مساوی ۸ اهمی به نسبت مساوی تقسیم می‌شود پس جریان گذرانده از مقاومت‌های ۸ اهمی نصف جریان در شاخه اصلی یعنی  $\frac{I}{2}$  می‌باشد.



$$P = RI^2, P_R = P_{8\Omega} \Rightarrow \left( \frac{I}{2} \right)^2 = RI^2 \rightarrow R = 2 \Omega$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.  
 ابتدا شکل را ساده می‌کنیم تا محاسبه جریان وارد شده به شاخه‌ها چند آبر است.



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{3}{10} = 3A$$

با توجه به این که مقاومت‌های  $7/5\Omega$  و  $1\Omega$  با هم و  $3\Omega$  و  $1/5\Omega$  با هم موازی می‌باشند، پس دارای اختلاف پتانسیل‌های برابر می‌باشند داریم:

$$\left. \begin{aligned} V &= RI = 2 \times 3 = 6V \Rightarrow I_1 = \frac{6}{7/5} = 7/4A \\ V' &= RI' = 1 \times 3 = 3V \Rightarrow I_2 = \frac{3}{1/5} = 3A \end{aligned} \right\}$$

طبق قانون انشعاب کوشف چون مجموع جریان‌های ورودی به گره برابر مجموع جریان‌های خروجی از گره است، پس

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در ابتدا جریان کل مدار را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۳ و ۶ اهمی موازی و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت  $1/5$  اهمی متوالی است.

$$R_T = \frac{6 \times 3}{6 + 3} + 1/5 = 2/5\Omega, I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{24}{2/5 + 0/5} \rightarrow I = \frac{24}{3/5 + 0/5}$$

$$\Rightarrow I = 6A$$

$$V_6 = V_3 \Rightarrow R_6 I_6 = R_3 I_3 \Rightarrow 6 I_6 = 3 I_3 \Rightarrow I_3 = 2 I_6 \quad (1)$$

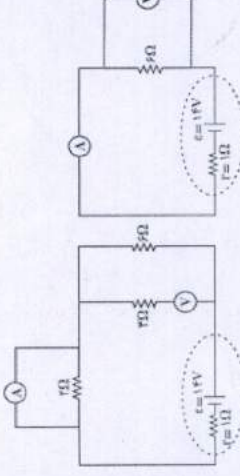
$$I_3 + I_6 = 6A \quad (2) \rightarrow \begin{cases} I_3 = 2A \\ I_6 = 2A \end{cases}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای حالت اول داریم:

$$R_{eq} = 2 + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 4 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{14}{4 + 1} = 2/3A$$

ولتاژ دو سر مقاومت‌های موازی، با یکدیگر برابر است و بنابراین  $R_1 I_1 = R_2 I_2$  می‌باشد. در نتیجه جریان با مقاومت رابطه عکس دارد. پس جریانی که از مقاومت ۳ اهمی می‌گذرد دو برابر جریان مقاومت ۶ اهمی است. پس از مقاومت ۳ اهمی  $2/3$  از جریان کل می‌گذرد و آمپرشیخ ایده آل نیز همین عدد را نشان می‌دهد:

$$I_1 = \frac{2}{3} \times 2/3 = \frac{2}{9} A$$



همچنین ولتاژ دو سر مقاومت ۲ اهمی برابر است با: (عددی که ولتشیخ نشان می‌دهد).  
 $V = 2 \times 2/3 = 4/3 V$

در حالت دوم، چون آمپرشیخ ایده آل است (مقاومت صفر) پس دو سر مقاومت ۲ اهمی اتصال کوتاه می‌شود و از این مقاومت جریانی نمی‌گذرد و عددی که آمپرشیخ نشان می‌دهد برابر با جریان مدار است. همچنین چون ولتشیخ ایده آل است (مقاومت بی‌نهایت) از شاخه‌ی مقاومت ۳ اهمی نیز جریانی نمی‌گذرد و این مقاومت از مدار حذف می‌شود و عددی که ولتشیخ نشان می‌دهد نیز برابر با ولتاژ دو سر مقاومت ۶ اهمی خواهد بود.

$$I' = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{14}{6 + 1} = 2A \Rightarrow V' = 6 \times 2 = 12V$$

بنابراین عدد آمپرشیخ و عدد ولتشیخ هر دو افزایش می‌یابند.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با استفاده از نمودار برای مولد اول و دوم داریم:

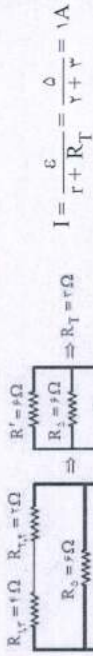
$$\begin{cases} \varepsilon_1 = 20V \\ V_1 = 20V \Rightarrow V_1 = \varepsilon_1 - I_1 r_1 \Rightarrow 10 = 20 - 0r_1 \Rightarrow r_1 = 10\Omega \\ I_1 = 5A \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_2 = 15V \\ V_2 = 10V \Rightarrow V_2 = \varepsilon_2 - I_2 r_2 \Rightarrow 10 = 15 - 0r_2 \Rightarrow r_2 = 5\Omega \\ I_2 = 5A \end{cases}$$

چون از هر مولد، یک پایانه نامبرنام را به هم وصل کرده‌ایم، نیروی محرکه‌ی مؤثر در مدار برابر با  $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$  و مقاومت درونی آن برابر  $r_1 + r_2$  می‌شود، داریم:

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{20 + 15}{4 + 2 + 1} = 5A$$

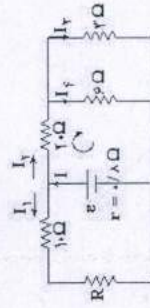
۱۳- گزینده ۲ پاسخ صحیح است. مقاومت معادل  $R_1$  و  $R_2$  برابر  $2\Omega$  و مقاومت معادل  $R_3$  و  $R_4$  برابر  $1\Omega$  است (دویمد با هم موازی اند).



پس جریان عبوری از  $R_1$  برابر  $I_1$  است. جریان عبوری از  $R_2$  نیز  $I_2$  خواهد شد. با توجه به موازی بودن  $R_1$  و  $R_3$  چون اختلاف پتانسیل دو سر شدت  $R_1$  برابر  $R_3$  است، پس:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R_1} = \frac{\varepsilon}{r + 1} = 1A$$

۱۴- گزینده ۲ پاسخ است. با افزایش مقدار  $R_1$  مقاومت معادل مدار زیاد می‌شود و شدت جریان مدار کم می‌شود. (با افزایش مقدار هر کدام از مقاومت‌های مدار  $R_1$  زیاد می‌شود) پس  $I_1$  کم تر می‌شود (تا اینجا گزیندهای ۱ و ۳ حذف شده‌اند اگر به گزیندهای ۲ و ۴ نگاه کنید در هر دوی آنها  $I_1$  بزرگتر می‌شود و تنها کافی است روی  $I_1$  فکر کنید) سه شاخه  $L_1$  و  $L_2$  موازیند و جریان در شاخه‌های موازی به نسبت معکوس تقسیم می‌شود. وقتی مقاومت شاخه  $L_2$  زیاد شده سهم بیشتری از شدت جریان کل می‌برد و چون شدت جریان کل هم کم شده است حتماً شدت جریان  $L_1$  هم کم می‌شود یعنی  $I_1$  کم تر می‌شود. (به عنوان تمرین به علت بزرگتر شدن  $L_2$  فکر کنید).



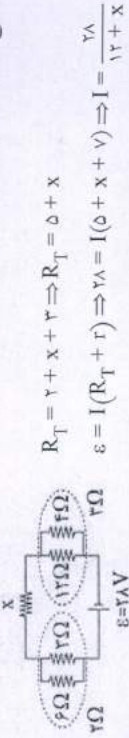
۱۵- گزینده ۲ پاسخ است. دو مقاومت  $2\Omega$  و  $6\Omega$  موازی یکدیگرند.  
 $I_3 \times 3 = I_4 \times 6 \Rightarrow I_3 = 2I_4$   
 $I_3 = I_4 + I_4 = 2I_4$   
 $V = 10I_1 \Rightarrow I_1 = 0.2A$   
 $I = I_1 + I_3 = 0.2 + 0.4 = 0.6A$

بر طبق قانون کیرشهف در حلقه‌ی وسطی  $\sum V = 0$  بنابراین:

$$\varepsilon - 0.5 \times 0.8 - 2.0 \times 0.3 - 6 \times 0.1 = 0$$

$$\varepsilon = 0.4 + 0.6 + 0.6 = 1.6V$$

۱۱- گزینده ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم.



توان مصرف شده در یک مقاومت از رابطه‌ی  $R I^2$  به دست می‌آید.

$$P_x = x I^2 = x \times \left( \frac{21}{12+x} \right)^2 = \frac{21^2 \times x}{(12+x)^2}$$

شرط ماکزیم شدن یک تابع صفر شدن مشتق آن تابع است.

$$P_x = f(x) = \frac{21^2 \times x}{(12+x)^2} \Rightarrow f'(x) = 21^2 \times \frac{(12+x)^2 - 2(12+x)x}{(12+x)^4}$$

$$f'(x) = 21^2 \times \frac{(12+x) - 2x}{(12+x)^3} \Rightarrow f'(x) = 0 \Rightarrow 12+x - 2x = 0 \Rightarrow x = 12\Omega$$

۱۲- گزینده ۳ پاسخ صحیح است. چون دو سهم هم جرم و هم جنس هستند، بنابراین حجم آنها با یک دیگر برابر است. داریم:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \frac{\rho}{\rho_1} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{\rho}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow I_1 \times A_1 = I_2 \times A_2$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\pi R_2^2}{\pi R_1^2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \left( \frac{R_2}{R_1} \right)^2$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} \times \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} \times \left( \frac{R_2}{R_1} \right)^2 \Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^3$$



۲۶- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در دو حالت میدان خاص را می نویسیم:

$$\begin{cases} \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \\ \vec{E}_1 = \frac{3\vec{E}}{2} \\ \vec{E}_2 = -\frac{\vec{E}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r} \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r} \end{cases} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} = 3$$

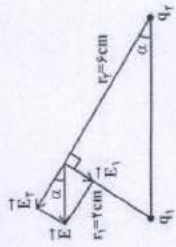
$$\begin{matrix} \vec{q}_1 \text{---} \vec{E}_1 \text{---} \vec{E}_2 \text{---} \vec{q}_2 \\ \vec{q}_1 \text{---} \vec{E}_2 \text{---} \vec{E}_1 \text{---} \vec{q}_2 \end{matrix}$$

حالا با توجه به اندازه میدانهای به دست آمده داریم:

حالا با توجه به جهت  $E_2$  و  $E_1$  داریم:

پس باید  $q_2$  و  $q_1$  هم نام باشد. از این رو:

۲۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر مطابق شکل، میدان  $\vec{E}$  را در راستا و یا امتداد خط راصل بارهای الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  به راس قائم مثلث تجزیه کنیم. با توجه به جهت میدانهای  $\vec{E}_1$  و  $\vec{E}_2$  بار  $q_1$  منفی و بار  $q_2$  مثبت خواهد بود.



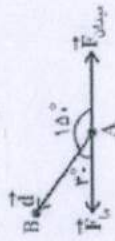
$$\tan \alpha = \frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{|q_1|}{r_1}}{k \frac{|q_2|}{r_2}} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times (3)^2$$

از طرفی داریم:

$$\Rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \frac{1}{27} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{1}{27}$$

۲۴- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به این که اندازه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  برابر با اندازه کاری است که ما برای جابه‌جایی آن با سرعت ثابت از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  انجام می‌دهیم. می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \Delta U &= W_c = -W_{\text{میدان}} = -Fd \cos \alpha \Rightarrow F = qE \\ \Delta U &= -qE \cos \alpha \Rightarrow \Delta U = -5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^5 \times 2 \times \cos 150^\circ \\ \Rightarrow \Delta U &= -5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^5 \times 2 \times (-\cos 30^\circ) = 6 \text{ mJ} \end{aligned}$$



۲۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. می‌دانیم که اسقاط (قدرت) دی‌الکتریک، پیشینه میدان الکتریکی است که دی‌الکتریک می‌تواند بدون فوروزش تحمل کند بین پتانسیل فوروزش ( $V_b$ ) و اسقاط دی‌الکتریک ( $E_b$ ) رابطه زیر برقرار است:

$$V_b = E_b \times d \Rightarrow d = \frac{V_b}{E_b}$$

(d = فاصله بین صفحاتی خازن)

از سوی دیگر می‌دانیم که در حالت کلی در یک میدان الکتریکی یکنواخت نیز رابطه‌ی  $d = \frac{V}{E}$  برقرار است. پس داریم:

$$\frac{V_b}{E_b} = \frac{V}{E} \Rightarrow \frac{20}{E_b} = \frac{20}{\frac{10000}{10^{-3}}} \Rightarrow E_b = \frac{20}{10^4} = 2 \times 10^{-3} \text{ V/m}$$