

سریال ۷۰۶۰۴۴ دبیرستان شهید شیرودی	تاریخ :	وقت : دقیقه
	نام و نام خانوادگی :	تعداد سوالات: ۱۵
موضوع ۱. فیزیک ۳.۲ فیزیک یازدهم (رشته تجربی)، ۳. فیزیک یازدهم (رشته ریاضی)		

گزینه ۱.۴

چون ولت سنج در مسیر اصلی جریان قرار دارد، مقاومت ولت سنج زیاد می باشد، بنابراین جریان در مدار صفر است و اختلاف پتانسیل دو سر ولت سنج با نیروی محرکه پیل برابر است.

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \varepsilon = 12$$

گزینه ۲.۴ آمپرسنج باید در مدار به طور سری و ولت سنج به طور موازی بسته شود.

گزینه ۳.۴

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0 \Rightarrow V=12V} \varepsilon = 12V$$

با جایگذاری ۲ نقطه از نمودار $V - I$ در رابطه اختلاف پتانسیل مولد، داریم:

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{V=4V} 4 = 12 - 6r \Rightarrow r = \frac{4}{3} \Omega$$

$$I = 6A$$

گزینه ۴.۴

$$R_1 = 2r, R_2 = r$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+2r} \Rightarrow (I_1 = \frac{\varepsilon}{2r+r} = \frac{\varepsilon}{3r}, I_2 = \frac{\varepsilon}{r+r} = \frac{\varepsilon}{2r})$$

$$\frac{rI_2}{rI_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{\varepsilon}{2r}}{\frac{\varepsilon}{3r}} = \frac{3}{2}$$

گزینه ۵.۴

$$V = IR \Rightarrow \Delta V = R \Delta I \Rightarrow 16 - 10 = R \times 0.3 \Rightarrow R = 20 \Omega$$

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} = \frac{10 \times 10}{20} = 5W$$

گزینه ۶.۲

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \Rightarrow \frac{RA}{RB} = \frac{\rho A}{\rho B} \cdot \frac{LA}{LB} \cdot \frac{AB}{AA} = 1 \times 3 \times \left(\frac{1}{1}\right)^2 = 12$$

$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{\text{دو سر سیم ها مساوی است}} \frac{V_{PA}^2}{PB} = \frac{RB}{RA} = \frac{1}{12}$$

گزینه ۷.۴

طبق رابطه ی $P = \frac{V^2}{R}$ داریم: چون هر دو لامپ خانگی می باشند. $V_1 = V_2$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{25}{100} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{4}$$

گزینه ۸.۳

$$dA = \frac{1}{2} dB \Rightarrow \frac{AA}{AB} = \left(\frac{dA}{dB}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\begin{cases} P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{PA}{PB} = \frac{RB}{RA} \\ R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{RB}{RA} = \frac{LB}{LA} \cdot \frac{AA}{AB} = \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{20} \end{cases} \Rightarrow \frac{PA}{PB} = \frac{1}{20}$$

صفحه ۲

گزینه ۹

چون مقاومت ها موازیند $V_1 = V_2$:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{40}{P_2} = \frac{8}{12}$$

$$P_2 = 60 \text{ وات}$$

گزینه ۱۰

$$(15 + 25)I_1 = (12 + 8)I_2 \Rightarrow I_2 = 2I_1$$

$$\begin{cases} P_8 = 8I_2^2 = 8(2I_1)^2 = 32I_1^2 \\ P_{25} = 25I_1^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_8}{P_{25}} = \frac{32}{25}$$

۱۱. گزینه ۲ اگر جریان در مقاومت R_1 برابر I باشد جریان در مقاومت R_2 برابر $\frac{2I}{3}$ و R_3 برابر $\frac{I}{3}$ می باشد.

$$P_1 = R_1 I^2 = 10 I^2, \quad P_2 = R_2 \left(\frac{2I}{3}\right)^2 = \frac{40 I^2}{3}$$

$$P_3 = R_3 \left(\frac{I}{3}\right)^2 = \frac{50 I^2}{9}, \quad P_4 < P_3$$

که توان مصرف شده در R_2 از همه بیشتر می باشد.

راه حل دوم: با ساده کردن مدار داریم:

در مقاومت های متوالی I ثابت است پس طبق رابطه $P = RI^2$ ، P با R متناسب است یعنی $PBC > PAB$

در مقاومت های موازی V ثابت است. پس طبق رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، P متناسب با عکس R است در نتیجه در قسمت BC مدار توان شاخه ی بالا (مقاومت R_2) بیشتر از توان شاخه ی پایین است.

گزینه ۱۲

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 3 \times 1,6 = 6 I_2 \Rightarrow I_2 = 0,8 A$$

$$I = I_1 + I_2 = 1,6 + 0,8 = 2,4 A$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow 2,4 = \frac{6}{2+r} \Rightarrow 0,4 = \frac{1}{2+r}$$

$$0,8 + 0,4r = 1 \Rightarrow 0,4r = 0,2 \Rightarrow r = \frac{0,2}{0,4} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{یا مولد } V = \varepsilon - Ir$$

$$\Rightarrow V_{\text{مولد}} = V_3 \Omega = 3 \times 1,6 \Rightarrow 4,8 = 6 - 2,4r \Rightarrow r = 0,5 \Omega$$

راه حل دوم:

گزینه ۱۳

$$V = RI \Rightarrow 4,5 = 3I \Rightarrow I = 1,5 A$$

$$I = \frac{\varepsilon}{RT+r} \Rightarrow 1,5 = \frac{12}{(6+R)+0} \Rightarrow R = 2 \Omega$$

گزینه ۱۴

$$R_1 \downarrow \Rightarrow RT \downarrow \Rightarrow I \uparrow = \frac{\varepsilon}{RT+r} \Rightarrow \begin{cases} \downarrow V = \varepsilon - Ir \uparrow \\ \uparrow V_2 = \uparrow IR_2 \end{cases}$$

کم شده $V_1 + V_2 \uparrow = V \downarrow \Rightarrow V_1$

صفحه ۳

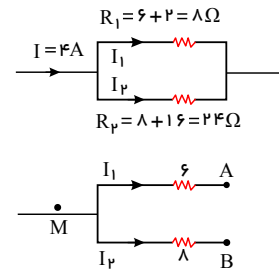
$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 8I_1 = 24I_2 \Rightarrow I_1 = 3I_2$$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow 4 = 3I_2 + I_2 \Rightarrow I_2 = 1A, I_1 = 3A$$

$$V_M - V_A = 6 \times 3$$

$$V_M - V_B = 8 \times 1$$

گزینه ۱۵



گزینه ۱۶ اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه x و مقاومت 12 اهمی برابر با $6V$ با $0.5 \times 12V = 6V$ است. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 3 اهمی هم باید 6 ولت باشد، پس I کل برابر با $2A$ است. در نتیجه، از مقاومت، جریان $1.5A$ می‌گذرد. پس:

$$1.5 \times x = 0.5 \times 12 \Rightarrow x = 4\Omega$$

گزینه ۱۷

تمام مقاومت‌های شکل با هم موازی هستند.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{60} + \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} + \frac{1}{60} = \frac{6}{60} \Rightarrow R_T = \frac{60}{6} = 10\Omega$$

گزینه ۱۸ جریان $I = 2A$ از شاخه‌ی اصلی مدار عبور می‌کند. بنابراین برای محاسبه‌ی توان الکتریکی مصرفی مقاومت‌ها، ابتدا مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A, B را پیدا کرده و سپس توان الکتریکی مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{2} \Rightarrow R_1 = 1.2\Omega, R_2 = R_1 + 1.8 = 1.2 + 1.8 = 3\Omega$$

$$R_3 = 1 + 5 = 6\Omega, R_4 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\Omega, R_T = 8 + 2 = 10\Omega$$

بنابراین توان مصرفی مجموعه‌ی مقاومت‌های بین دو نقطه‌ی A, B برابر است با:

$$P = R_T I^2 = 10 \times 4 = 40W$$

گزینه ۱۹ چون مقاومت الکتریکی سیم 40 اهم است، بنابراین طبق رابطه‌ی $R = \rho \frac{L}{A}$ ، مقاومت الکتریکی نیمی از آن برابر با 20Ω می‌شود.

$$R_1 = R_2 = \frac{R}{2} = \frac{40}{2} = 20\Omega$$

$$R_T = \frac{R_1}{2} = \frac{20}{2} \Rightarrow R_T = 10\Omega$$

چون دو نیمه‌ی سیم با هم موازی هستند، مقاومت خارجی کل مدار برابر است با:

حال با استفاده از رابطه‌ی شدت جریان در مدارهای تک حلقه برای محاسبه‌ی جریان مدار می‌توان نوشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \Rightarrow I = \frac{24}{10 + 2} \Rightarrow I = 2A$$

$$P_{\text{مفید}} = R_T I^2 = 10 \times 2^2 \Rightarrow P_{\text{مفید}} = 40W$$

و توان مفید مولد برابر است با:

۲۰. گزینه ۳

ابتدا مقاومت معادل مدار را محاسبه می کنیم، داریم:

$$R_{3,6} = 6 + 6 = 12 \Omega \quad R_6 \text{ و } R_3 \text{ سری هستند}$$

$$R_{3,6,5} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4 \Omega \quad R_5 \text{ و } R_{3,6} \text{ موازی هستند}$$

$$R_{3,6,5,7} = 4 + 2 = 6 \Omega \quad R_7 \text{ و } R_{3,6,5} \text{ سری هستند}$$

$$R_{3,4,5,6,7} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega \quad R_4 \text{ و } R_{3,6,5,7} \text{ موازی هستند}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_{3,4,5,6,7} = 4 \Omega \quad R_1 \text{ و } R_2 \text{ با } R_{3,4,5,6,7} \text{ سری هستند}$$

حال با توجه به این که اختلاف پتانسیل دو سر شاخه‌های موازی با یکدیگر برابر است، می‌توان نوشت:

$$I_5 = 1 \text{ A}$$

$$V_5 = V_{3,6} \Rightarrow I_5 R_5 = I_{3,6} R_{3,6} \Rightarrow 1 \times 6 = I_{3,6} \times 12 \Rightarrow I_{3,6} = 0.5 \text{ A}$$

$$V_4 = V_{3,5,6,7} \Rightarrow I_4 R_4 = I_{3,5,6,7} R_{3,5,6,7} \Rightarrow I_4 \times 3 = 1.5 \times 6 \Rightarrow I_4 = 3 \text{ A}$$

بنابراین جریان اصلی مدار برابر $IT = I_4 + I_{3,5,6,7} = 4.5 \text{ A}$ است و می‌توان نوشت: $V = VT = IT R_T = 4.5 \times 4 = 18 \text{ V}$
 ۲۱. گزینه ۱ از آنجا که هر سه مقاومت R_1 ، R_2 و R_3 به صورت موازی به یکدیگر بسته شده‌اند، می‌توان نوشت:

$$V_{\text{کل}} = V_2 = V_1 = V_3 \Rightarrow I_2 R_2 = I_1 R_1 = I_3 R_3 \Rightarrow 2 \times 20 = I_1 \times 10 = I_3 \times 10 \Rightarrow I_1 = I_3 = 4 \text{ A}$$

$$I_{\text{کل}} = I_1 + I_2 + I_3 = 4 + 2 + 4 = 10 \text{ A}$$

۲۲. گزینه ۳ بررسی موارد در سایر گزینه‌ها:

گزینه‌ی (۱) صحیح است - زیرا شارش بارهای متحرک (الکترون‌ها) در غیاب اختلاف پتانسیل اعمالی به دو سر رسانه، جریانی ایجاد نمی‌کند.

گزینه‌ی (۲) و گزینه‌ی (۴) صحیح است - متن کتاب درسی

گزینه‌ی (۳) صحیح نیست - زیرا مطابق با متن کتاب درسی با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر رسانا یک میدان الکتریکی در داخل رسانا ایجاد می‌شود که باعث می‌شود تا حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها با سرعتی موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان در درون رسانا حرکت کنند.

یعنی حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها متوقف نمی‌شود.

۲۳. گزینه ۳ با افزایش قدرت درونی مولد طبق رابطه‌ی $I = \frac{E}{R+r}$ ↓ شدت جریان مدار کاهش می‌یابد. پس آمپرسنج عدد

کمتری را نشان می‌دهد. اما ولت سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد که طبق رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir = IR$ که با کاهش شدت جریان ولتاژ نیز کاهش می‌یابد پس ولت سنج نیز عدد کمتر را نشان می‌دهد.

۲۴. گزینه ۳ رتوستا نوعی مقاومت الکتریکی متغیر است که از سیمی با مقاومت ویژه زیاد ساخته می‌شود و در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر نقش آن را ایفا می‌کند.

۲۵. گزینه ۱ کاری که باتری انجام می‌دهد برابر ΔW است که طبق رابطه زیر داریم:

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q} \Rightarrow 3 = \frac{\Delta W}{30 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta W = 9 \times 10^{-5} \text{ J} = 9 \times 10^{-2} \text{ mJ}$$

۲۶. گزینه ۱ اختلاف پتانسیل دو سر مولد از رابطه‌ی $V = \varepsilon - rI$ و جریان مدار نیز از رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ به دست می‌آید، داریم:

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow V = \varepsilon - r \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon R}{R+r}$$

$$\frac{3}{4} \varepsilon = \frac{\varepsilon R}{R+r} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{R}{R+r} \Rightarrow 4R = 3R + 3r \Rightarrow 3r = R \Rightarrow \frac{R}{r} = 3$$

۲۷. گزینه ۴ چون مقاومت‌ها هم جنس و هم جرم هستند، داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \frac{\rho_1 = \rho_2}{m_1 = m_2} \rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 \ell_1 = A_2 \ell_2$$

$$\Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1} \quad (1)$$

صفحه ۵

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

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \frac{A_1}{A_2} \stackrel{(1)}{=} \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^4 \quad (2)$$

مقاومت ها هم جنس اند

مقاومت ها به صورت متوالی بسته شده اند. پس جریان یکسانی از هر دو می گذرد.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{IR_1}{IR_2} \stackrel{(2)}{\rightarrow} \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 = 4^4 = 256$$

۲۸. گزینه ۱ مقاومت یک رسانا از رابطه مقابل به دست می آید:

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

در نتیجه برای محاسبه تغییرات مقاومت داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \quad (1)$$

از آنجایی که حجم ماده استفاده شده ثابت است، تغییر سطح مقطع باعث تغییر طول می شود، در نتیجه خواهیم داشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow L_1 A_1 = L_2 A_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} \quad (2) \quad \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

از آنجایی که سطح مقطع متناسب است با توان دوم قطر، خواهیم داشت:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4$$

$$\text{کاهش ۳۶ درصدی مقاومت به این معنا است که } R_2 = R_1 - \frac{36}{100} R_1 = \frac{64}{100} R_1$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 \Rightarrow \frac{64}{100} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 \Rightarrow \frac{D_1}{D_2} = \frac{\sqrt[4]{64}}{\sqrt[4]{100}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{10}} \Rightarrow \frac{D_2}{D_1} = \frac{\sqrt{10}}{2\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

۲۹. گزینه ۴ اختلاف پتانسیل دو سر مولد از رابطه $V = \varepsilon - rI$ به دست می آید. از طرفی جریان مدار برابر است با $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

حال از ترکیب این دو رابطه داریم:

$$V = \varepsilon - r \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon R}{R+r}$$

حال در دو حالت داریم:

$$1,5 = \frac{\varepsilon \times (1)}{1+r} \Rightarrow \varepsilon - 1,5r = 1,5 \quad (1) \quad 2 = \frac{\varepsilon \times (2)}{2+r} \Rightarrow \varepsilon - r = 2 \quad (2)$$

$$\frac{(2), (1)}{\rightarrow} \begin{cases} \varepsilon - 1,5r = 1,5 \\ \varepsilon - r = 2 \end{cases} \Rightarrow r = 1\Omega, \varepsilon = 3V$$

۳۰. گزینه ۱ با توجه به نمودار نتیجه می گیریم $\varepsilon A = 10V$ و $\varepsilon B = 5V$ است.

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولد از رابطه $V = \varepsilon - rI$ به دست می آید.

از طرفی با توجه به رابطه $V = \varepsilon - rI$ و با توجه به نمودار، مقاومت داخلی هر یک از مولدهای A و B به ترتیب برابرند با اندازه شیب نمودار آن ها. داریم:

$$r_A = \frac{10}{5} = 2\Omega, \quad r_B = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}\Omega$$

چون اختلاف پتانسیل دو سر هر مولد به ازای مقاومت R یکسان است.

با توجه به رابطه $I = \frac{\varepsilon - rI}{R} = \frac{V}{R}$ جریان عبوری از آن ها نیز یکسان است، پس داریم:

صفحه ۶

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \varepsilon A - r_A I_A = \varepsilon B - r_B I_B$$

$$\begin{aligned} I_A = I_B = I \\ \xrightarrow{\varepsilon A = 10V, r_A = 2\Omega, \varepsilon B = 5V, r_B = \frac{1}{3}\Omega} 10 - 2I = 5 - \frac{1}{3}I \Rightarrow 2I - \frac{1}{3}I = 10 - 5 \Rightarrow \frac{5}{3}I = 5 \Rightarrow I \\ = \frac{10}{3} A \end{aligned}$$

حال با توجه به جریان برای هر یک از مولدها داریم:

$$I = \frac{\varepsilon A}{R + r_A} = \frac{\varepsilon B}{R + r_B} \Rightarrow \frac{10}{3} = \frac{10}{R + 2} \Rightarrow R = 1\Omega$$

۳۱. گزینه ۱ اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود آن وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی می‌نامند.

با این حال وسیله‌های زیادی یافت می‌شود که از این قانون پیروی نمی‌کنند. یکی از وسیله‌های غیر اهمی، دیود نورگسیل (LED) است. نمودار جریان الکتریکی بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر چنین دیودی تقریباً شبیه شکل سوال است.

۳۲. گزینه ۳ مقاومت لامپ در هر دو حالت ثابت است، در نتیجه طبق رابطه توان مصرفی داریم:

$$R_1 = R_2 \xrightarrow{P = \frac{V^2}{R}} \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{V_2^2}{P_2} \Rightarrow \frac{(220)^2}{60} = \frac{(55)^2}{P_2} \Rightarrow P_2 = \frac{15}{4} W$$

انرژی الکتریکی مصرفی در مدت یک دقیقه برابر است با:

$$W_2 = P_2 \cdot t = \frac{15}{4} \times 60 = 225 J$$

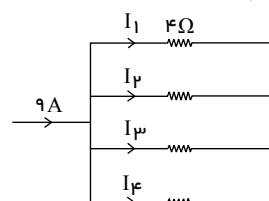
۳۳. گزینه ۱ مقاومت‌ها با یکدیگر موازی‌اند. لذا اختلاف پتانسیل دو سر همه آنها با یکدیگر یکسان است و طبق رابطه $V = RI$ داریم:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

$$\Rightarrow 4I_1 = 2I_2 = I_3 = 2I_4$$

$$= I_1 = \frac{1}{4}I_3, I_2 = \frac{1}{2}I_3, I_4 = \frac{1}{2}I_3 \Rightarrow 9 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$\Rightarrow 9 = \frac{1}{4}I_3 + \frac{1}{2}I_3 + I_3 + \frac{1}{2}I_3 \Rightarrow 9 = \frac{9}{4}I_3 \Rightarrow I_3 = 4 A$$



۳۴. گزینه ۴ مقدار انرژی که باتری به مدار می‌دهد، برابر است با:

$$\begin{aligned} I = 0,2 mA = 0,2 \times 10^{-3} A, t = \frac{1}{p} h = \frac{1}{p} \times 3600 s \\ \Delta U = q\Delta V \xrightarrow{q = I\Delta t} \Delta U = (I\Delta t)\Delta V \xrightarrow{\Delta V = 1,5V} \end{aligned}$$

$$\Delta U = 0,2 \times 10^{-3} \times \frac{1}{p} \times 3600 \times 1,5 \Rightarrow \Delta U = 0,54 J = 540 mJ$$

۳۵. گزینه ۱ روشنایی یک لامپ بستگی به توانی دارد که در لامپ مصرف می‌شود. یعنی هرچه توان مصرفی یک لامپ بیش تر باشد،

روشنایی آن بیش تر است. زمانی که هر یک از لامپ‌ها را به اختلاف پتانسیل معین V وصل می‌کنیم، با توجه به رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، لامپی که پرنورتر است (توان بیش تری دارد) دارای مقاومت الکتریکی کم تری می‌باشد ($R_A < R_B$). هنگامی که دو لامپ را به طور متوالی به هم می‌بندیم و اختلاف پتانسیل V را به دو سر مجموعه اعمال می‌کنیم، جریان یکسانی از دو لامپ می‌گذرد. بنابراین طبق رابطه $P = RI^2$ ، توان لامپ با مقاومت آن نسبت مستقیم دارد. یعنی توان مصرفی لامپ B بیش تر از توان مصرفی لامپ A می‌باشد. در نتیجه لامپ B روشن تر از لامپ A است.

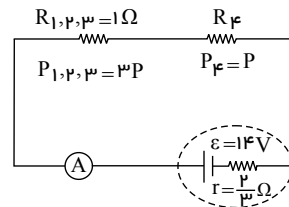
۳۶. گزینه ۳ با توجه به اینکه توان مصرفی در هر سه مقاومت موازی R_1, R_2 و R_3 یکسان و برابر P است پس

$$R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega \text{ می‌باشد. پس داریم:}$$

صفحه ۷

$$\Rightarrow P_4 = \frac{1}{3} P_{1,2,3} \xrightarrow{P=RI^2} R_4 = \frac{1}{3} R_{1,2,3}$$

$$\xrightarrow{R_{1,2,3}=1\Omega} R_4 = \frac{1}{3} \Omega \Rightarrow R_{eq} = 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \Omega$$



جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{14}{\frac{4}{3} + \frac{2}{3}} = \frac{14}{2} = 7A$$

۳۷. گزینه ۳ مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود در حالی که مقاومت ویژه نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۳۸. گزینه ۲ گزینه ۲ نادرست است. زیرا قلع و جیوه رسانا هستند و مثال‌های درست برای نیم‌رسانا سیلیسیم و ژرمانیوم هستند

۳۹. گزینه ۲ توان خروجی مولد همان توان مصرفی مدار است، یعنی $P = \varepsilon I - rI^2 = RI^2$ پس برای راحتی کار از رابطه $P = RI^2$ استفاده می‌کنیم.

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} = \frac{\varepsilon}{4 + r} \Rightarrow P_1 = R_1 I_1^2 = 4 \left(\frac{\varepsilon}{4 + r} \right)^2 \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} = \frac{\varepsilon}{2.25 + r} \Rightarrow P_2 = R_2 I_2^2 = 2.25 \left(\frac{\varepsilon}{2.25 + r} \right)^2 \quad (2)$$

باتوجه به صورت سؤال، $P_1 = P_2$ می‌باشد، بنابراین داریم:

$$4 \left(\frac{\varepsilon}{4 + r} \right)^2 = 2.25 \left(\frac{\varepsilon}{2.25 + r} \right)^2 \Rightarrow 2 \left(\frac{\varepsilon}{4 + r} \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{\varepsilon}{2.25 + r} \right)$$

$$9 + 4r = 12 + 3r \Rightarrow r = 3\Omega$$

۴۰. گزینه ۲ طبق رابطه $P = RI^2 = \frac{V^2}{R}$ ، برای اینکه نور لامپ تغییری نکند، ولتاژ دو سر آن با جریان عبوری از آن باید تغییر نکند. ولتاژ دو سر لامپ، همان ولتاژ دو سر باتری نیز می‌باشد. در این حالت داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \xrightarrow{V = \varepsilon - rI} V = \varepsilon - r \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow V = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{1 + \frac{R_{eq}}{r}}$$

با فرسوده شدن باتری، مقاومت درونی آن افزایش پیدا می‌کند. با توجه به رابطه زیر، برای اینکه ولتاژ دو سر باتری ثابت بماند، مقاومت معادل مدار نیز باید افزایش یابد.

$$V = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{1 + \frac{R_{eq}}{r}}$$

طبق رابطه زیر، برای افزایش مقاومت معادل مدار، مقاومت رئوستا باید افزایش یابد و برای این کار باید طول قسمتی از رئوستا که در مدار قرار می‌گیرد افزایش یابد. بنابراین لغزنده رئوستا باید به سمت B حرکت داده شود.

$$\frac{1}{\uparrow R_{eq}} = \frac{1}{\uparrow RR} + \frac{1}{RL}$$

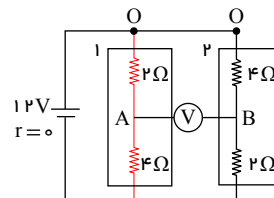
طبق رابطه زیر، جریان خروجی از باتری نیز کاهش می‌یابد.

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

۴۱. گزینه ۳ چون مقاومت ولت‌سنج ایده‌آل بسیار زیاد است، مقاومت‌ها در شاخه‌ها با یکدیگر متوالی‌اند، لذا داریم:

$$R_1 = 2 + 4 = 6\Omega \quad R_2 = 4 + 2 = 6\Omega$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$



مقدار جریان کلی مدار برابر است با:

$$I_T = \frac{V_T}{R_{eq}} \Rightarrow I_T = \frac{12}{3} = 4A$$

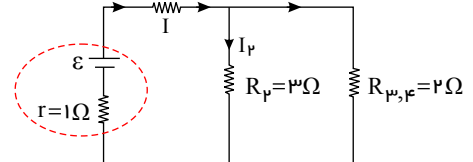
جریان هر دو شاخه با یکدیگر برابر است:

$$V_1 = V_2 \xrightarrow{R_1=R_2} I_2 = I_2 = \frac{I_T}{2} = 2A \quad V_O - V_A = 2 \times 2 = 4V$$

$$V_O - V_B = 2 \times 4 = 8V \Rightarrow V_A - V_B = 4V$$

۴۲. گزینه ۲ با توجه به شکل، دو مقاومت R_3 و R_4 موازی‌اند و معادل آن‌ها برابر است با:

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



چون دو مقاومت R_2 و $R_{3,4}$ موازی‌اند، اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها یکسان است، داریم:

$$V_2 = V_{2,4} \Rightarrow R_2 I_2 = R_{3,4} I_{3,4} \Rightarrow \frac{R_2}{R_{3,4}} = \frac{I_{3,4}}{I_2} \xrightarrow{R_2=3\Omega, I_{3,4}=3A, R_{3,4}=2\Omega} \frac{3}{2} = \frac{3}{I_2} \Rightarrow I_2 = 2A$$

پس جریان کل مدار برابر $I = I_2 + I_{3,4} = 2 + 3 = 5A$ است.

$$R_{2,3,4} = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega \quad R_{eq} = R_1 + R_{2,3,4} = 0,8 + 1,2 = 2\Omega$$

طبق رابطه زیر داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 5 = \frac{\varepsilon}{2 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 15V$$

۴۳. گزینه ۲ دو مقاومت R_1 و R_2 با هم موازی هستند، لذا می‌توان نوشت:

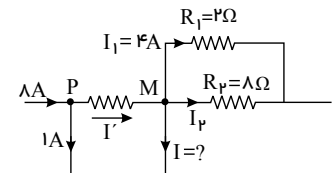
$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 2 \times 4 = 8 \times I_2 \Rightarrow I_2 = 1A$$

ادامه مسئله را می‌توان به دو روش حل کرد:

روش اول:

$$P \text{ قاعده انشعاب در گره } P: 8 = I' + 1 \Rightarrow I' = 7A$$

$$M \text{ قاعده انشعاب در گره } M: I' = I_1 + I_2 + I \Rightarrow 7 = 4 + 1 + I \Rightarrow I = 2A$$

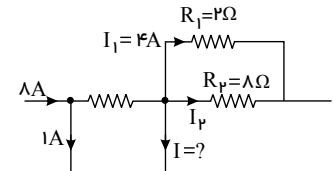


روش دوم:

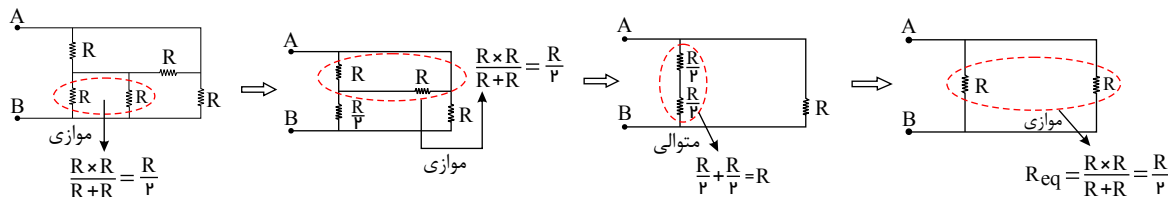
در شکل مقابل، اجزای داخل بخشی که با نقطه چین مشخص شده‌اند، باری ذخیره نمی‌کنند. بنابراین جمع جریان‌های ورودی و خروجی

یکسان است. لذا:

$$8 = 1 + I + I_1 + I_2 \Rightarrow 8 = 1 + I + 4 + 1 \Rightarrow I = 2A$$



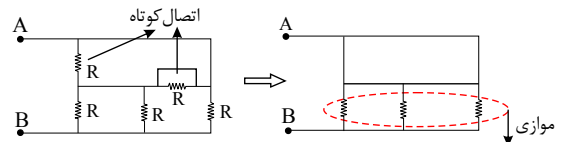
۴۴. گزینه ۱ در حالتی که کلید باز است، مدار به صورت زیر می‌باشد و مقاومت معادل آن برابر $\frac{R}{3}$ می‌شود.



در حالت بسته بودن کلید، دو مقاومت بالایی اتصال کوتاه و از مدار حذف می‌شوند و سه مقاومت پایینی به صورت موازی با یکدیگر قرار می‌گیرند.

صفحه ۹

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R'_{eq}} = \frac{3}{R} \Rightarrow R'_{eq} = \frac{R}{3}$$



در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\frac{R'_{eq}}{R_{eq}} = \frac{\frac{R}{3}}{\frac{R}{2}} = \frac{2}{3}$$

بنابراین مقاومت مدار $\frac{2}{3}$ برابر می‌شود.

۴۵. گزینه ۲ با بستن کلید k ، مقاومت موازی R_2 به مدار اضافه می‌شود. در نتیجه مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد و طبق رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ با کاهش مقاومت R_{eq} ، جریان در مدار افزایش خواهد یافت و آمپرسنج A عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد. اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 برابر است.

$$V_{R_1} = V_{\text{مولد}} = \varepsilon - I r = \varepsilon \Rightarrow I_1 = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

بنابراین با بستن کلید، ولتاژ دو سر مقاومت R_1 تغییری نمی‌کند و جریان عبوری از مقاومت R_1 ثابت می‌ماند. تذکر: اگر باتری مقاومت درونی داشت ($r \neq 0$)، ولتاژ و جریان دوسر مقاومت R_1 کاهش پیدا می‌کرد.

۴۶. گزینه ۲ اگر کلید k باز باشد مقاومت از مدار حذف شده و ولتسنج نیروی محرکه مولد (ε) را نشان می‌دهد. بنابراین $\varepsilon = 15V$ وقتی کلید بسته است، داریم:

$$V = \varepsilon - rI = RI \Rightarrow 12 = 6I \Rightarrow I = 2A$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow 2 = \frac{15}{6+r} \rightarrow r = 1.5\Omega$$

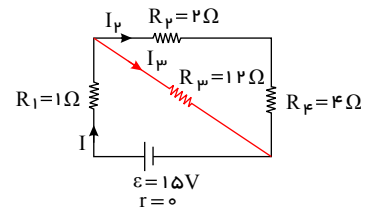
از طرفی جریان مدار برابر است با:

۴۷. گزینه ۴ ابتدا مقاومت معادل مدار را به دست می‌آوریم. در این مدار مقاومت‌های R_2 و R_4 با یکدیگر متوالی و معادل آن‌ها با مقاومت موازی R_3 است.

$$R_{2,4} = R_2 + R_4 = 2 + 4 = 6\Omega$$

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

$$R_{eq} = R_{2,3,4} + R_1 = 4 + 1 = 5\Omega \quad I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{15}{5 + 0} = 3A$$

جریان I_2 و I_3 به صورت زیر به دست می‌آیند.

$$V_{2,3,4} = V_3 \Rightarrow R_{2,3,4} \times I = R_3 \times I_3 \Rightarrow 4 \times 3 = 12 \times I_3 \Rightarrow I_3 = 1A$$

$$I = I_3 + I_2 \Rightarrow 3 = 1 + I_2 \Rightarrow I_2 = 2A$$

حال توان مصرفی تک تک مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم و از مقایسه آن‌ها نتیجه می‌شود که مقاومت R_4 توان بیش‌تری مصرف می‌کند.

$$P_1 = R_1 I_1^2 \xrightarrow{R_1=1\Omega, I_1=I=3A} P_1 = 1 \times 3^2 = 9W$$

$$P_2 = R_2 I_2^2 \xrightarrow{R_2=2\Omega, I_2=2A} P_2 = 2 \times 2^2 = 8W$$

$$P_3 = R_3 I_3^2 \xrightarrow{R_3=12\Omega, I_3=1A} P_3 = 12 \times 1^2 = 12W$$

$$P_4 = R_4 I_4^2 \xrightarrow{R_4=4\Omega, I_4=I_2=2A} P_4 = 4 \times 2^2 = 16W$$

۴۸. گزینه ۲ چون حجم سیم ثابت می‌ماند، داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 \times L_1 = A_2 \times L_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1} \quad (1)$$

صفحه ۱۰

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

$$\xrightarrow{(1)} \frac{R_2}{R_1} = 1 \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \xrightarrow{L_2=4L_1} \frac{R_2}{R_1} = (4)^2 = 16$$

۴۹. گزینه ۳ طبق رابطه قانون اهم داریم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{V_1=0.8V, I_1=8A} \frac{R_1}{R_2} = \frac{0.8}{1} \times \frac{6}{8} = 0.6$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{V_1}{V_3} \times \frac{I_3}{I_1} \xrightarrow{V_1=0.8V, I_1=8A} \frac{R_1}{R_3} = \frac{0.8}{1} \times \frac{2}{8} = 0.2$$

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{V_3}{V_2} \times \frac{I_2}{I_3} \xrightarrow{V_3=1V, I_3=2A} \frac{R_3}{R_2} = \frac{1}{1} \times \frac{6}{2} = 3$$

۵۰. گزینه ۱ دقت کنید در حل سؤال، چگالی را با ρ و مقاومت ویژه را با ρ' نشان داده‌ایم. چون دو سیم دارای جرم برابرند، طبق رابطه چگالی داریم:

$$m_A = m_B \Rightarrow \rho_A V_A = \rho_B V_B \Rightarrow \rho_A A A L_A = \rho_B A B L_B \xrightarrow{\frac{\rho_A=1.5\rho_B}{L_A=L_B}} \frac{A B}{A A} = 1.5$$

حال طبق رابطه مقاومت رساناهای اهمی داریم:

$$R_A = R_B \Rightarrow \frac{\rho' A L_A}{A A} = \frac{\rho' B L_B}{A B} \xrightarrow{L_A=L_B} \frac{\rho' A}{A A} = \frac{\rho' B}{A B} \Rightarrow \frac{\rho' A}{\rho' B} = \frac{A A}{A B} = \frac{1}{1.5} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}$$

۵۱. گزینه ۲ مطابق روابط زیر برای ثابت ماندن جریان الکتریکی، مقاومت مدار باید 0.8 مقدار اولیه شود.

$$I_1 = I_2 \xrightarrow{r=0} \frac{\varepsilon_1}{R_1} = \frac{\varepsilon_2}{R_2} \xrightarrow{\varepsilon_2=0.8\varepsilon_1} \frac{\varepsilon_1}{R_1} = \frac{0.8\varepsilon_1}{R_2} \Rightarrow R_2 = 0.8R_1$$

در نتیجه مطابق رابطه بالا مقاومت رئوستا باید 0.8 برابر شود. باید توجه داشت که طول اولیه مقاومت که در مدار است در طول 20 cm شامل تعدادی حلقه می‌باشد. برای اینکه مقاومت در حالت جدید 0.8 برابر شود پس می‌بایست تعدادی از حلقه‌ها کم شود که باعث کاهش طول مقاومت در مدار می‌شود و چون تعداد حلقه‌ها در واحد طول، مقداری ثابت است، لذا مقاومت در حالت جدید با طولی از رئوستا که در مدار قرار دارد، نسبت مستقیم دارد، در این حالت داریم:

$$R_2 = 0.8R_1 \xrightarrow{R=\rho\frac{L}{A}} \rho_2 \frac{L_2}{A_2} = 0.8\rho_1 \frac{L_1}{A_1}$$

$$\xrightarrow{A_2=A_1} \frac{L_2}{\rho_2} = 0.8L_1 = 0.8 \times 20 = 16\text{ cm}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 16 - 20 = -4\text{ cm}$$

چون طول مقاومت کاهش یافته، پس لغزنده باید به سمت چپ جابه‌جا شود.

۵۲. گزینه ۲ طبق رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ داریم:

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_3}$$

و چون سطح مقطع دایره است $A = \pi r^2$ می‌توان نوشت:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

طبق صورت سوال اگر نقره (۲) و پلاتین (۱) باشد داریم:

صفحه ۱۱

$$L_2 = 4L_1 \quad , \quad r_2 = \frac{1}{2}r_1$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\frac{25}{4}\rho_2} \times \frac{4L_1}{L_1} \times \left(\frac{r_1}{\frac{1}{2}r_1}\right)^2 = \frac{4}{25} \times 4 \times 4 = \frac{64}{25}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \quad R = \rho \frac{L}{A} \text{ طبق رابطه ۴ خواهیم داشت:}$$

با کوتاه کردن سیم ρ و A تغییر نمی‌کند، پس $\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1}$ و از طرفی $L_2 = L_1 - 5cm$ ، در نتیجه:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_1 - 5}{L_1} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{L_1 - 5}{L_1} \Rightarrow L_1 = 15cm = 0,15m$$

دقت کنیم که چون در رابطه $L_2 = L_1 - 5$ واحد طول را cm قرار دادیم جواب هم در ابتدا بر حسب cm بدست آمد.

۵۴. گزینه ۳ مطابق رابطه زیر برای دو برابر شدن مدت زمان تخلیه بار الکتریکی درون باتری، جریان الکتریکی خروجی از باتری باید نصف شود. چون بار موجود در باتری ثابت است، داریم:

$$\Delta q = I \Delta t \Rightarrow I_1 \Delta t_1 = I_2 \Delta t_2 \xrightarrow{\Delta t_2 = 2 \Delta t_1} I_2 = \frac{I_1}{2}$$

با توجه به ثابت بودن اختلاف پتانسیل دو سر باتری، ولتاژ دو سر مقاومت نیز ثابت می‌ماند و با نصف شدن جریان الکتریکی، مقاومت آن باید دو برابر شود.

$$V_2 = V_1 \Rightarrow R_2 I_2 = R_1 I_1 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2} = 2$$

با توجه به روابط زیر، برای دو برابر شدن مقاومت الکتریکی، قطر سطح مقطع سیم باید $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر شود.

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{A = \frac{\pi}{4} D^2, L_1 = L_2} \rho_2 = \rho_1$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 \times 1 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \Rightarrow 2 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{D_1}{D_2} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۵۵. گزینه ۳

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ I &= \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R = \frac{V}{\frac{ne}{\Delta t}} = \frac{V \Delta t}{ne}$$

$$\Rightarrow R = \frac{12 \times 2 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{16} \times 1,6 \times 10^{-19}} = \frac{24 \times 10^{-3}}{2,4 \times 10^{-3}} = 10 \Omega$$

۵۶. گزینه ۱ ابتدا سطح مقطع دو رسانا را به دست می‌آوریم:

$$AA = \pi r^2$$

$$AB = \pi(r_2^2 - r_1^2) = \pi((2r)^2 - r^2) = 3\pi r^2$$

طبق رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ نسبت مقاومت دو رسانا را به دست می‌آوریم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{RA}{RB} = \frac{\rho A}{\rho B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{AA}{AB}$$

$$\frac{\rho A = \frac{1}{4}\rho B, AA = \pi r^2}{L_B = 1,5L_A, AB = 3\pi r^2} \Rightarrow \frac{RA}{RB} = \frac{\frac{1}{4}\rho B}{\rho B} \times \frac{L_A}{1,5L_A} \times \frac{3\pi r^2}{\pi r^2} = \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3 = 1$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \frac{IA}{IB} = \frac{VA}{VB} \times \frac{RB}{RA} = \frac{20}{30} \times 1 = \frac{2}{3}$$

حال طبق رابطه قانون اهم می‌توان نوشت:

۵۷. گزینه ۳ با هر بار تا کردن سیم طول آن $\frac{1}{2}$ برابر حالت قبل و سطح مقطع آن ۲ برابر حالت قبل می‌شود.

پس با n بار تا کردن داریم:

$$A_2 = 2^n A_1, \quad L_2 = \frac{1}{2^n} L_1$$

در نتیجه طبق رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{\text{ثابت } \rho} \frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{1}{2^n} L_1}{L_1} \times \frac{A_1}{2^n A_1} = \frac{1}{2^n} \times \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2^{2n}}$$

۵۸. گزینه ۱ فقط عبارت ب درست است.

در قسمت الف: بارهای منفی توسط باتری منتقل می‌شوند نه بارهای مثبت.

اشتباه در قسمت پ: یکای نیروی محرکه ولت است!

و در قسمت ت: فقط در مولدهای آرمانی که مقاومت درونی آنها صفر است نیروی محرکه و اختلاف پتانسیل مولد برابر است.

۵۹. گزینه ۴ می‌دانیم اختلاف پتانسیل دو سر باتری از رابطه $V = \varepsilon - Ir$ بدست می‌آید، با جایگذاری داده‌های سؤال در هر حالت

یک معادله حاصل می‌شود که با حل این دو معادله به جواب تست می‌رسیم

$$\begin{aligned} \text{حالت اول: } & \begin{cases} I=2A \\ V=11V \end{cases} \rightarrow 11 = \varepsilon - 2r \\ \text{حالت دوم: } & \begin{cases} I=5A \\ V=9.5V \end{cases} \rightarrow 9.5 = \varepsilon - 5r \end{aligned}$$

$$\text{حل دستگاه} \rightarrow \begin{cases} \varepsilon - 2r = 11 \\ \varepsilon - 5r = 9.5 \end{cases}$$

جایگذاری در معادله اول

$$\varepsilon - 2 \times 0.5 = 11 \rightarrow \varepsilon = 12$$

$$\text{جواب تست} \Rightarrow \frac{\varepsilon_0}{r} = \frac{12}{0.5} = 24$$

۶۰. گزینه ۴ طبق رابطه $V = \varepsilon - rI$ مقاومت درونی مولد (r) برابر اندازه شیب نمودار $V - I$ می‌باشد. پس نسبت مقاومت درونی

دو مولد برابر نسبت اندازه شیب نمودارهای A و B می‌باشد.

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 0 = \varepsilon - Ir = 0 \Rightarrow r = \frac{\varepsilon}{I}$$

بررسی گزینه‌ها:

$$\text{گزینه ۱: } \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{\varepsilon}{2I}}{\frac{\varepsilon}{3I}} = \frac{3}{2}$$

$$\text{گزینه ۲: } \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{3\varepsilon}{3I}}{\frac{\varepsilon}{2I}} = 2$$

$$\text{گزینه ۳: } \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{3\varepsilon}{2I}}{\frac{2\varepsilon}{3I}} = \frac{3}{2}$$

$$\text{گزینه ۴: } \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{2\varepsilon}{3I}}{\frac{3\varepsilon}{2I}} = \frac{4}{3}$$

بنابراین گزینه «۴» صحیح نیست.

۶۱. گزینه ۴ خوب است بدانیم وقتی پارامتری درصدی تغییر می‌کند می‌توانیم برای سادگی محاسبه مقدار اولیه آن را ۱۰۰ فرض

کنیم، مثلاً در این تست $I_1 = 100$ فرض کنیم، و چون جریان ۲۰ درصد افزایش داشته، $I_2 = 120$ می‌شود!

حالا به کمک رابطه $V = IR$ خواهیم داشت:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{V_2=V_1+2} \frac{V_1+2}{V_1} = \frac{120}{100} \Rightarrow V_1 = 10V$$

۶۲. گزینه ۲ می‌دانیم اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر است با:

$$V = \varepsilon - Ir$$

پس:

$$V = 24 - 120 \times 0.05 = 18V$$

۶۳. گزینه ۴

$$\varepsilon = V_1$$

زمانی که کلید باز است، ولت‌سنج ایده‌آل نیروی محرکه مولد را نشان می‌دهد.

در حالتی که کلید k بسته است، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد.

$$V_2 = \varepsilon - Ir \xrightarrow{\varepsilon=V_1} V_1 - V_2 = Ir \Rightarrow r = \frac{V_1 - V_2}{I}$$

تفاوت یک باتری نو و فرسوده در مقاومت داخلی آن است و برای یک باتری نو، مقاومت داخلی کمتر از یک اهم می‌باشد. داریم:

$$r < 1\Omega \Rightarrow \frac{V_1 - V_2}{I} < 1 \Rightarrow V_1 - V_2 < I \Rightarrow I > 12 - 10 \Rightarrow I > 2$$

بنابراین اگر باتری نو باشد، آمپرسنج باید عددی بزرگ‌تر از $2A$ را نشان دهد، و بنابراین تنها گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

۶۴. گزینه ۳ ابتدا از رابطه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله، جریان مدار را حساب می‌کنیم.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \xrightarrow{B=24G=24 \times 10^{-4}T, N=200, \ell=0.2m} 24 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 200 \times I}{0.2} \Rightarrow I = 2A$$

اکنون از رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ نیروی محرکه مولد را حساب می‌کنیم. دقت کنید، چون توان مفید مولد بیشینه است، $R_{eq} = r$ می‌باشد.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq}=r=3\Omega} 2 = \frac{\varepsilon}{3+3} \Rightarrow \varepsilon = 12V$$

۶۵. گزینه ۳ وقتی لغزنده رئوستا را به سمت راست حرکت دهیم، طول بیش‌تری از سیم در مدار قرار گرفته و مقاومت الکتریکی افزایش و در نتیجه جریان کاهش می‌یابد.

۶۶. گزینه ۳ جریان در مدار تک‌حلقه با یک مقاومت خارجی از رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ و اختلاف پتانسیل دو سر مولد از رابطه

$$V = \varepsilon - rI = RI$$

$$V = \varepsilon - rI = RI = \frac{R\varepsilon}{R+r}$$

اختلاف پتانسیل 50% درصد کاهش یافته پس $V' = \frac{V}{2}$ خواهد بود.

برای مقایسه دو حالت داریم:

$$V = \frac{\lambda\varepsilon}{\lambda+2} \quad (1)$$

$$V' = \frac{V}{2} = \frac{R'\varepsilon}{R'+2} \quad (2)$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{\frac{\lambda \times \varepsilon}{\lambda+2}}{\frac{R' \times \varepsilon}{R'+2}} \Rightarrow 2 = \frac{\lambda \times (R'+2)}{R' \times (\lambda+2)} \Rightarrow 2 \cdot R' = \lambda R' + 16 \Rightarrow R' = \frac{4}{3}\Omega$$

پس مقاومت جدید باید برابر با $\frac{4}{3}\Omega$ باشد و این یعنی:

$$\Delta R = R' - R = \frac{4}{3} - \lambda = -\frac{20}{3}\Omega$$

پس مقاومت رئوستا باید $\frac{20}{3}\Omega$ کاهش یابد و بنابراین لازم است لغزنده رئوستا به سمت راست حرکت کند.

صفحه ۱۴

۶۷. گزینه ۴ کافیت صورت سؤال را با آرامش! خوانده و داده‌های آن را در رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو سر باتری یعنی $V = \varepsilon - Ir$ قرار دهیم:

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow[\varepsilon = 1,6V]{I = 3A, r = 2\Omega} V = 1,6V - 3 \times 2 \Rightarrow 0,6V = \varepsilon$$

$$\rightarrow V = 10V \rightarrow \varepsilon = 1,6V = 16(V)$$

۶۸. گزینه ۲ اختلاف پتانسیل دو سر مولد برای دو جریان داده شده به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$V = \varepsilon - rI$$

$$\begin{cases} V = \varepsilon - \frac{3}{3}r \\ \frac{2}{3}V = \varepsilon - 3r \end{cases}$$

با تقسیم دو معادله برهم، نیروی محرکهٔ مولد را بر حسب r به دست می‌آوریم:

$$\frac{\frac{2}{3}V}{V} = \frac{\varepsilon - 3r}{\varepsilon - \frac{3}{3}r} \Rightarrow \varepsilon = 6r$$

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow 0 = 6r - rI \Rightarrow I = 6A$$

اگر اختلاف پتانسیل دو سر مولد را صفر قرار دهیم، داریم:

۶۹. گزینه ۳ راه حل اول: در حالت اول ابتدا جریان عبوری از مدار را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

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

در این حالت اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر است با:

$$V_a - V_b = \varepsilon - rI \Rightarrow V_a - V_b = 24 - 2 \times 4 = 16V$$

در نتیجه توان خروجی مولد برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}} = VI = 16 \times 4 = 64W$$

حال جریان دیگری که سبب می‌شود توان خروجی مولد ۶۴ وات باقی بماند را محاسبه می‌کنیم.

$$P' = V'I' \Rightarrow V'I' = \varepsilon I' - rI'^2 \Rightarrow 64 = 24I' - 2I'^2$$

$$\Rightarrow I' = 4A \text{ یا } I' = 8A$$

مقاومت در این حالت برابر است با:

$$I' = \frac{\varepsilon}{r + R'} \Rightarrow 8 = \frac{24}{2 + R'} \Rightarrow R' = 1\Omega$$

$$\frac{\Delta R}{R} \times 100 = \frac{1 - 4}{4} \times 100 = -75$$

راه حل دوم: توان خروجی مولد به ازای مقاومت R_1 و R_2 زمانی با یکدیگر یکسان است که:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \xrightarrow[\substack{r = 2\Omega \\ R_1 = 4\Omega}]{R_2 = 1\Omega} 2 = \sqrt{4 R_2} \Rightarrow R_2 = 1\Omega$$

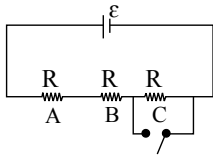
۷۰. گزینه ۳

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

$$Q_2 = 2Q_1 \Rightarrow \frac{V^2}{R_2} \times t_2 = 2 \times \frac{V^2}{R_1} \times t_1 \Rightarrow \frac{t_2}{R_2} = \frac{2t_1}{R_1} \Rightarrow \frac{t_2}{L_2} = \frac{2t_1}{L_1}$$

$$\Rightarrow \frac{120}{L_2} = \frac{2 \times 20}{8} \Rightarrow L_2 = 24m$$

۷۱. گزینه ۳



روش اول: اگر مقاومت هر لامپ را R در نظر بگیریم، جریان مدار برابر است با: $I = \frac{\varepsilon}{3R}$

در حالتی که کلید باز است، اختلاف پتانسیل دو سر هر لامپ برابر است با: $V_A = V_B = V_C = RI = \frac{\varepsilon}{3}$

اگر کلید را ببندیم، دو سر لامپ C اتصال کوتاه شده (اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر می‌شود) و از مدار حذف می‌شود و در این حالت:

$I' = \frac{\varepsilon}{2R}$ اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های A و B برابر است با:

$$V'A = V'B = RI' = \frac{\varepsilon}{2}$$

درصد تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های A و B برابر است با:

$$\frac{\Delta V}{V} \times 100 = \frac{V'A - V_A}{V_A} \times 100 = \frac{\frac{\varepsilon}{2} - \frac{\varepsilon}{3}}{\frac{\varepsilon}{3}} \times 100 = 50\%$$

روش دوم: قبل از اتصال کلید، ولتاژ باتری بطور مساوی سه لامپ مشابه تقسیم می‌شود، یعنی: $V_A = V_B = V_C = \frac{\varepsilon}{3}$

حال با وصل کلید، دو سر لامپ C بهم وصل شده و از مدار حذف می‌شود (اصلاً اتصال کوتاه می‌شود) بنابراین ولتاژ باتری تنها بین دو لامپ A و B تقسیم می‌شود، پس:

$$V_A = V_B = \frac{\varepsilon}{2}$$

نسبت تغییرات پتانسیل A و B برابر است با: $\frac{\frac{\varepsilon}{2}}{\frac{\varepsilon}{3}} = \frac{3}{2} = 1.5$

1.5 برابر شدن معادل با اینکه: اگر اول 100 باشد، در نهایت 150 می‌شود، یعنی 50 درصد افزایش پیدا می‌کند.

۷۲. گزینه ۱ زمانی که کلید k باز است، جریان عبوری از مدار صفر و $V = \varepsilon = 20V$ می‌باشد. با بسته شدن کلید k خواهیم داشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{20}{4+1} = 4A$$

$$V = \varepsilon - Ir = 20 - (4 \times 1) = 16V$$

$$P_{\text{خروجی}} = VI = 16 \times 4 = 64W$$

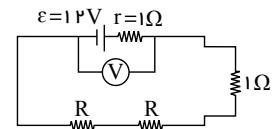
روش دوم: توان خروجی مولد برابر با توان مصرفی در مقاومت خارجی مدار است.

$$P_{\text{خروجی}} = RI^2 = 4 \times 16 = 64W$$

۷۳. گزینه ۳ در هنگامی که تمامی کلیدها باز هستند، داریم:

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R + \sum r}$$

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



صفحه ۱۶

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - (1) \times \left(\frac{6}{R+1}\right)$$

در هنگامی که تمامی کلیدها بسته‌اند داریم:

$$I' = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R + \sum r} \Rightarrow I' = \frac{12}{\frac{R}{2} + \frac{R}{2} + 1} \Rightarrow I' = \frac{12}{R+1}$$

$$V' = \varepsilon - I'r \Rightarrow V' = 12 - (1) \times \left(\frac{12}{R+1}\right)$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{5}{4} \Rightarrow \frac{12 - \frac{6}{R+1}}{12 - \frac{12}{R+1}} = \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow 48 - \frac{24}{R+1} = 60 - \frac{60}{R+1} \Rightarrow \frac{36}{R+1} = 12 \Rightarrow R+1 = 3 \Rightarrow R = 2\Omega$$

۷۴. گزینه ۲ روش اول: با توجه به رابطه $P = RI^2$ و این که در مقاومت‌های متوالی جریان برابر است، خواهیم داشت:

$$R_2 = \frac{1}{2}R_1 \Rightarrow P_2 = \frac{1}{2}P_1$$

با توجه به این که توان خروجی مولد با مجموع توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی برابر است، داریم:

$$P_{\text{خروجی}} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{\text{خروجی}} = P_1 + \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{3}P_1 \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = \frac{11}{6}P_1$$

روش دوم: می‌دانیم توان خروجی (مفید) مولد برابر است با: $P = \varepsilon I - I^2 r$ مفیدسؤال نسبت توان مفید مولد به توان مقاومت R_1 ($P = R_1 I^2$) را خواسته، که داریم:

$$\frac{P_{\text{مفید مولد}}}{R_1 \text{ مقاومت } P} = \frac{\varepsilon I - I^2 r}{R_1 I^2} = \frac{I(\varepsilon - Ir)}{R_1 I^2} = \frac{\varepsilon - Ir}{RI} \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{Req+r}}$$

$$\frac{P_{\text{مفید مولد}}}{R_1 \text{ مقاومت } P} = \frac{\varepsilon - \frac{\varepsilon}{Req+r} r}{R \times \frac{\varepsilon}{Req+r}} = \frac{\varepsilon \left(1 - \frac{r}{Req+r}\right)}{\frac{\varepsilon R}{Req+r}} \xrightarrow{\text{عنا ساده}} = \frac{\left(1 - \frac{r}{Req+r}\right)}{\frac{R}{Req+r}} = \frac{Req}{Req+r} = \frac{Req}{R}$$

$$\frac{Req = R + \frac{R}{3} + \frac{R}{3} = \frac{11R}{6}}{R_1 \text{ مقاومت } P} = \frac{\frac{11R}{6}}{R} = \frac{11}{6}$$

۷۵. گزینه ۴ توان مصرفی در مقاومت خارجی، ۹ برابر توان مصرفی مقاومت داخلی مولد است. یعنی:

$$RI^2 = 9rI^2 \Rightarrow R = 9r$$

با توجه به رابطه جریان داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow 2 = \frac{10}{10+r} \Rightarrow r = 0.5\Omega$$

پس اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت داخلی در مولد برابر است با:

$$V = Ir = 2 \times \frac{1}{2} = 1V$$

۷۶. گزینه ۲

$$P = I^2 R \Rightarrow I^2 = \frac{P}{R} = \frac{108}{3} \Rightarrow I = 6A$$

جریان عبوری از شاخه‌ی پایینی که مقاومت آن $9 + 3 = 12\Omega$ است برابر ۶ آمپر می‌باشد. بنابراین جریان عبوری از شاخه‌ی بالایی که مقاومت ۲۴ اهم دارد ۳ آمپر می‌باشد در نتیجه جریان کل $I = 9A$ است.

$$I_T = 3 + 6 = 9A$$

$$R_{eq} = \frac{24 \times 12}{24 + 12} + 12 = 8 + 12 = 20 \Omega$$

$$V_{AB} = R_{eq} I_T = 20 \times 9 = 180 V$$

۷۷. گزینه ۱ مقاومت R_1 و R_2 با هم موازی اند و داریم: $R_{1,2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \Omega$

ابتدا مقاومت معادل و جریان کل را به دست می آوریم:

$$R_{eq} = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = 4 \Omega$$

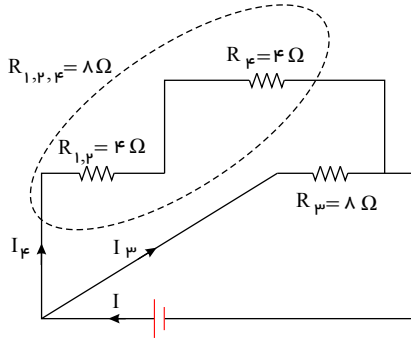
$$I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r} = \frac{15}{4 + 1} = 3 A$$

$$V_3 = V_{1,2,4} \Rightarrow I_2 R_3 = I_4 R_{1,2,4}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= R_{1,2,4} \\ \longrightarrow I_2 &= I_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= I_2 + I_4 = 3 A \\ \longrightarrow I_4 &= 1.5 A \end{aligned}$$

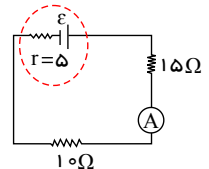
پس جریان عبوری از مقاومت $R_4 = 4 \Omega$ برابر با 1.5 آمپر است.



$$U = R_4 I_4^2 t = 4 \times 1.5^2 \times 2 = 18 J$$

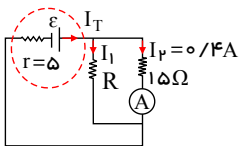
۷۸. گزینه ۳ ابتدا برای حالت باز کلیدها شکل مدار را رسم کرده و مقدار ϵ را از رابطه $I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r}$ بدست می آوریم.

$$\begin{cases} I = 0.4 A \\ R_{eq} = 15 + 10 = 25 \end{cases} \Rightarrow 0.4 = \frac{\epsilon}{25 + 5} \Rightarrow \epsilon = 12 V$$



حال وقتی کلیدها بسته شوند، کلید k_1 دو سر مقاومت 10Ω اهمی را بهم وصل کرده پس آن را اتصال کوتاه و حذف می کند و کلید k_2 مقاومت R را بصورت موازی با مقاومت 15Ω اهمی به مدار اضافه می کند که در نهایت شکل مدار به صورت زیر خواهد بود.

دقت کنیم در این حالت آمپرسنج جریان مقاومت 15Ω اهمی را نشان می دهد حال چون مقاومت های 15Ω اهمی و R و مولد موازی هستند ولتاژ آن ها با هم برابر است و داریم:



$$\text{مولد } V = VR = V_{15e}$$

$$\epsilon - I_T r = R I_1 = 15 \times I_2$$

$$12 - I_T \times 5 = R I_1 = 15 \times 0.4 \Rightarrow 12 - 5 I_T = 6 \rightarrow I_T = 1.2 (A)$$

از طرفی هم می دانیم $I_T = I_1 + I_2$ پس: $I_1 = 0.8$ با قرار دادن در رابطه تساوی ولتاژها خواهیم داشت:

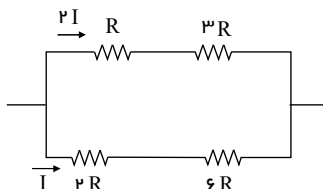
$$R I_1 = 15 \times 0.4$$

$$\Rightarrow R = 7.5$$

$$R \times 0.8 = 15 \times 0.4$$

۷۹. گزینه ۳ باتوجه به این که مقاومت معادل شاخه ی بالا $4R$ و مقاومت معادل شاخه ی پایین $8R$ می باشد می توان نتیجه گرفت

جریان عبوری از شاخه ی بالایی دو برابر شاخه ی پایین است:



$$\left. \begin{aligned} P &= RI^2 \\ R_1 : P_1 &= R(4I^2) = 4RI^2 \\ R_3 : P_3 &= 3R(4I^2) = 12RI^2 \\ R_2 : P_2 &= 2RI^2 \\ R_4 : P_4 &= 6RI^2 \end{aligned} \right\}$$

⇒ توان مصرفی مقاومت R_3 بیشترین مقدار است.

۸۰. گزینه ۴ در مدار نشان داده شده، ابتدا مقاومت معادل مدار را به دست می آوریم. دو مقاومت R_2 و R_1 با هم موازی و معادل این دو با مقاومت R_3 به صورت متوالی بسته شده است.

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \Rightarrow R_{1,2} = 3\Omega \Rightarrow R_{eq} = 3 + 2 = 5\Omega$$

جریان عبوری از مدار و عددی که آمپرسنج نشان می دهد برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{24}{5 + 1} = 4A$$

اگر جای مولد و مقاومت R_2 عوض شود، در این صورت دو مقاومت R_2 و R_3 با هم به صورت متوالی بسته شده و معادل این دو با مقاومت R_1 به صورت موازی بسته شده است. در این حالت شدت جریان عبوری از مدار به صورت زیر محاسبه شود:

$$R'_{2,3} = 4 + 2 = 6\Omega \Rightarrow \frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \Rightarrow R'_{eq} = 4\Omega \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{24}{4 + 1} = 4.8A$$

در این حالت آمپرسنج در شاخه اصلی مدار قرار نداشته و جریان عبوری از دو مقاومت R_2 و R_3 را نشان می دهد.

$$\left. \begin{aligned} 12I_1 &= 6I_{23} \\ I_1 + I_{23} &= 4.8 \end{aligned} \right\} I_{23} = 3.2A$$

در نتیجه عددی که نشان می دهد ۰٫۸ آمپر کاهش می یابد.

۸۱. گزینه ۴

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

مطابق رابطه بالا، رابطه توان خروجی مولد بر حسب I به صورت یک تابع درجه دوم است که بیشینه آن به ازای

$$I_{\max} = \frac{-b}{2a} = \frac{\varepsilon}{2r}$$

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon}{2r} \xrightarrow{\text{از طرفی می دانیم}} r = R_{eq}$$

در نتیجه، در یک مدار، هنگامی توان مفید مولد بیشینه می گردد که اندازه مقاومت معادل خارجی با مقاومت درونی مولد برابر گردد. بنابراین اگر هر دو کلید k_1 و k_2 بسته شوند، R_1 اتصال کوتاه می شود و مقاومت معادل مدار با مقاومت درونی مولد برابر می شود، زیرا:

$$R_{eq} = R_{2,3} = 1\Omega = r$$

نکته: بهتر است به یاد داشته باشیم که شرط ماکزیم شدن توان خروجی (مفید) مولد برابر است با: $R_{eq} = r$

۸۲. گزینه ۲ با توجه به مدار داده شده، اگر جریان مقاومت 6Ω را I فرض کنیم، جریان عبوری از مقاومت R برابر $2I$ خواهد شد.

$$IR + I = 3I \Rightarrow IR = 2I$$

با توجه به برابر بودن ولتاژ مقاومت ۶ اهمی و مقاومت R داریم:

$$VR = V_6 \Rightarrow R \times 2I = 6I \Rightarrow R = 3\Omega$$

مقاومت های ۶ و ۳ اهمی موازی یکدیگر هستند و با مقاومت ۴ اهمی متوالی هستند. مقاومت معادل آن ها برابر است با:

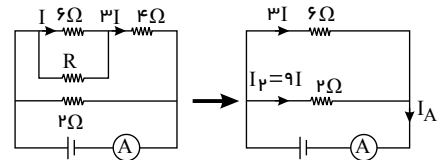
$$R_{6,3} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\Omega, \quad R_{6,3,4} = R_{6,3} + R_4 = 2 + 4 = 6\Omega$$

با توجه به موازی بودن مقاومت ۲ اهمی شاخه پایینی با مقاومت معادل ۶ اهمی شاخه بالایی، جریان گذرنده از آن را می‌یابیم.

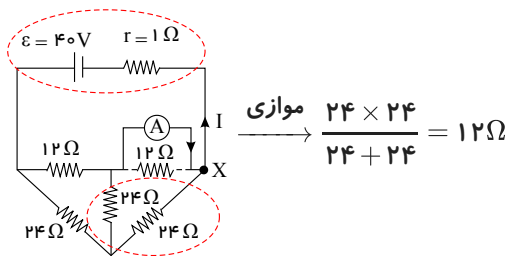
$$V_{6,3,4} = V_2 \Rightarrow 6 \times 3I = 2I_2 \Rightarrow I_2 = 9I$$

$$IA = I_2 + I_{6,3,4} \Rightarrow IA = 9I + 3I \Rightarrow IA = 12I \Rightarrow \frac{IA}{I_4} = \frac{12I}{3I}$$

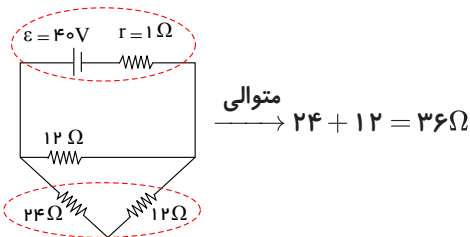
$$= 4$$



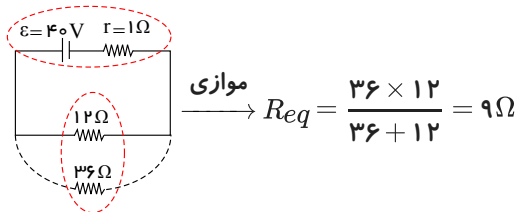
۸۳. گزینه ۴ با توجه به ایده آل بودن آمپرسنج، مقاومت آن برابر صفر است، بنابراین مقاومت ۱۲ اهمی متصل به آن اتصال کوتاه می‌شود و از مدار حذف می‌گردد. با ساده‌سازی مدار و محاسبه مقاومت معادل، جریان خروجی از باتری به صورت زیر می‌باشد:



$$\text{موازی} \rightarrow \frac{24 \times 24}{24 + 24} = 12\Omega$$



$$\text{متوالی} \rightarrow 24 + 12 = 36\Omega$$



$$\text{موازی} \rightarrow Req = \frac{36 \times 12}{36 + 12} = 9\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + Req} \Rightarrow I = \frac{40}{1 + 9} = 4A$$

حال از طریق روابط زیر، جریان عبوری از مقاومت ۳۶ اهمی را حساب می‌کنیم.

$$I_{12,36} = I$$

$$V_{36} = V_{12,36} \Rightarrow R_{36}I_{36} = R_{12,36}I_{12,36} \rightarrow R_{36}I_{36} = R_{12,36}I \Rightarrow 36I_{36} = 9 \times 4$$

$$\Rightarrow I_{36} = 1A$$

این جریان همان جریان عبوری از مقاومت ۲۴ اهمی سمت چپ و مقاومت معادل مقاومت‌های ۲۴ میانی و ۲۴ سمت راست می‌باشد. با توجه به یکسان و موازی بودن مقاومت‌های ۲۴ میانی و ۲۴ سمت راست، جریان ۱ آمپری به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود و برابر ۰٫۵ آمپر می‌گردد. از طرفی در گره x داریم:

$$I = IA + I_{24} \Rightarrow 4 = IA + 0,5 \Rightarrow IA = 3,5A$$

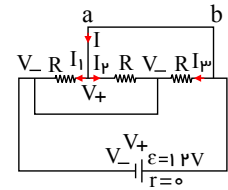
۸۴. گزینه ۱ روش اول: پتانسیل (ولتاژ) بارهای الکتریکی در هنگام عبور از سیم‌های ایده آل ($R = 0$) افت نمی‌کند، بنابراین مطابق شکل، نقاط هم‌پتانسیل مشخص شده‌اند. با توجه به یکسان بودن مقدار مقاومت و اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت، جریان عبوری از آن‌ها یکسان است.

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{\Delta V}{R} = \frac{12}{4} = 3A$$

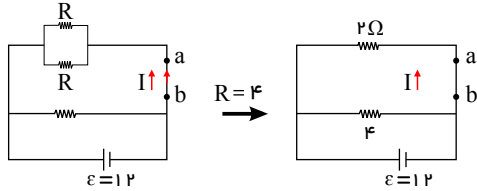
با توجه به آن‌که جهت جریان در مقاومت‌ها از پتانسیل مثبت به منفی است و با توجه به قانون تقسیم جریان، جهت جریان از b به a می‌باشد و مقدار آن برابر است با:

صفحه ۲۰

$$I = I_1 + I_2 = 3 + 3 = 6A$$



روش دوم: با قدری ذکاوت می‌توان شکل مدار را بصورت زیر ساده کرد:



مقاومت‌های ۲ و ۴ موازی هستند. پس: $V_T = \varepsilon = 12 = V_T = V_2 = RI$ از طرفی $V = RI$ در نتیجه: $12 = 2 \times I \rightarrow I = 6A$

۸۵. گزینه ۴

$$\rho' = \frac{m}{V} \xrightarrow{V=A \cdot L} \rho' = \frac{m}{A \cdot L} \Rightarrow A = \frac{m}{\rho' \cdot L} (I)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{(I)} R = \rho \frac{L}{\frac{m}{\rho' L}} \Rightarrow R = \rho \rho' \frac{L^2}{m}$$

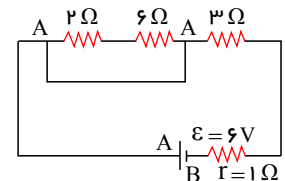
$$\Rightarrow 0.8 = 0.8 \times 10^{-8} \times 8 \times 10^3 \times \frac{L^2}{2} \Rightarrow L^2 = 2500 \Rightarrow L = 50m$$

۸۶. گزینه ۱ هنگامی که کلید باز است دو مقاومت ۲ و ۶ اهمی اتصال کوتاه و مقاومت خارجی مدار، فقط مقاومت ۳ اهمی است می

توان نوشت:

$$IT = \frac{\varepsilon}{RT+r} = \frac{6}{3+1} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} (A)$$

$$PT = RTI^2 = 3 \times \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{27}{4} W$$

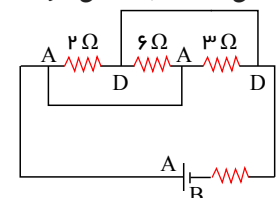


وقتی کلید k بسته می‌شود سه مقاومت مدار موازی می‌شوند و می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{R'T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2} = \frac{1}{1} \Rightarrow R'T = 1\Omega$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'T+r} = \frac{6}{1+1} = 3A$$

$$P'T = R'TI'^2 = 1 \times 9 = 9W$$



بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{P'T}{PT} = \frac{9}{\frac{27}{4}} = \frac{4}{3}$$

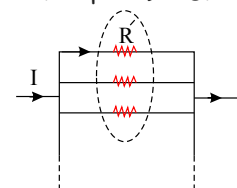
۸۷. گزینه ۳ با تقسیم کردن سیم به n قسمت با طول‌های مساوی، مقاومت هر قسمت برابر با $R' = \frac{R}{n}$ می‌شود که R مقاومت کل

سیم است. چنانچه n مقاومت مشابه R' را با یکدیگر به صورت موازی ببندیم مقاومت معادل برابر با $Req = \frac{R'}{n}$ می‌شود، بنابراین

مطابق قانون اهم و رابطه‌ی مقاومت ویژه داریم:

$$V = ReqI \xrightarrow{Req = \frac{R'}{n}, R' = \frac{R}{n}} V = \frac{R}{n^2} I$$

$$\xrightarrow{R = \rho \frac{L}{A}} V = \frac{\rho LI}{n^2 A}$$



۸۸. گزینه ۲ در این مدار اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت است.

$$V_1 = R_1 I_1 = 3 \times 0.8 = 2.4V$$

صفحه ۲۱

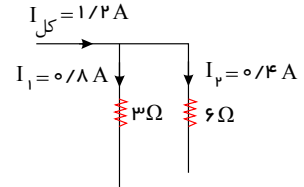
$$\Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow V_1 = R_2 I_2 \Rightarrow \frac{V_1}{R_1} = \frac{R_2 I_2}{R_1} \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 = \frac{2}{3} I_1$$

بنابراین:

$$I_T = I_1 + I_2 = 0.8 + 0.533 = 1.333 A$$

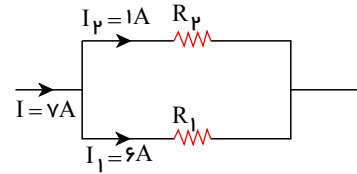
$$I_T = \frac{\epsilon}{R_T + r} \Rightarrow 1.333 = \frac{r}{2 + r} \Rightarrow r = 3$$

$$\text{توان تلف شده} = r I_T^2 = 3 \times (1.333)^2 = 5.33 W$$



۸۹. گزینه ۳ مجموعه را به شکل زیر رسم می کنیم:

$$\begin{cases} I = I_1 + I_2 \Rightarrow V = 6 + I_2 \Rightarrow I_2 = 1 A \\ V_{\text{بالا}} = V_{\text{پایین}} \Rightarrow R_2 I_2 = R_1 I_1 \Rightarrow R_2 = 6 R_1 \quad (1) \\ \begin{cases} R_1 + R_2 = 42 \Omega \quad (2) \\ (1, 2) \Rightarrow 7 R_1 = 42 \Rightarrow R_1 = 6, R_2 = 6 R_1 = 36 \end{cases} \\ P_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 36}{6 + 36} = \frac{36}{7} \Omega \end{cases}$$



این دو مقاومت به صورت موازی به یکدیگر متصل هستند پس؛

۹۰. گزینه ۳

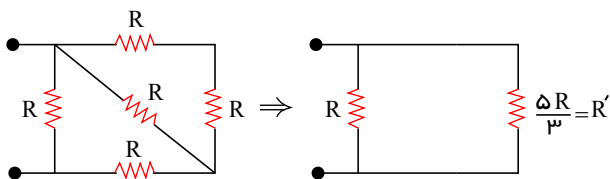
$$R = p \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \times \frac{A_{\max}}{A_{\min}} = \left(\frac{5}{3}\right) \times \left(\frac{4 \times 5}{3 \times 4}\right) \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{25}{9}$$

بنابراین در مورد شدت جریان، با توجه به قانون اهم داریم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{I_{\min}}{I_{\max}} = \frac{R_{\min}}{R_{\max}} \Rightarrow \frac{I_{\min}}{25} = \frac{9}{25} \Rightarrow I_{\min} = 9 (A)$$

توجه داشته باشید که با توجه به عکس بودن رابطه R با A و I در روابط فوق، R_{\max} در حالتی رخ می دهد که A_{\min} باشد و I_{\min} هم وقتی رخ می دهد که R_{\max} باشد.

۹۱. گزینه ۳ بیشترین توان مصرفی مربوط به شاخه ای از مدار یا مقاومتی است که بیشترین جریان از آن می گذرد. یعنی $P_R = 120 W$ اکنون با ساده کردن مدار داریم:



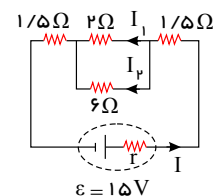
با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت های موازی با هم برابر است می توان نوشت:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P}{P'} = \frac{R'}{R} \Rightarrow \frac{120}{P'} = \frac{5R/3}{R} \Rightarrow P' = 72 W$$

$$P_T = P + P' = 120 + 72 = 192 W$$

۹۲. گزینه ۳

$$\begin{aligned} V_{2\Omega} &= V_{6\Omega} \xrightarrow{V=IR} I_1 \times 2 = I_2 \times 6 \\ \Rightarrow 2 \times 2 &= I_2 \times 6 \Rightarrow I_2 = \frac{2}{3} A \\ I &= I_1 + I_2 = 2 + \frac{2}{3} \Rightarrow I = \frac{8}{3} A \end{aligned}$$



صفحه ۲۲

$$I_T = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{15}{4.5 + r} \Rightarrow r = \frac{9}{8}$$

$$\text{افت پتانسیل: } rI_T = \frac{9}{8} \times \frac{1}{3} = 3V$$

۹۳. گزینه ۱ از آنجایی که در این مدار مقاومت درونی مولد صفر است. ($r = 0$) اختلاف پتانسیل دو سر مولد ثابت می ماند.

$V = \varepsilon - I'r = \varepsilon$ (که در اینجا همان اختلاف پتانسیل دو سر مدار است) بنابراین در شاخه‌ی شامل مقاومت R' نیز جریان تغییر نمی کند.

$$I' = \frac{V}{R'} \xrightarrow{\substack{V = \text{ثابت} \\ R' = \text{ثابت}}} I' = \text{ثابت}$$

۹۴. گزینه ۳ با بستن کلید k ، مقاومت R_2 به صورت موازی با R_1 به مدار اضافه می شود و در نتیجه طبق رابطه‌ی

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ، R_{eq} مدار کاهش خواهد یافت و طبق رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ ، با کاهش R_{eq} ، جریان کل مدار افزایش می یابد و آمپرسنج ایده آل A_1 عدد بیش تری را نشان می دهد.

با توجه به مدار، ولتاژ دو سر مقاومت R_1 با ولتاژ دو سر مولد برابر است و چون مولد مقاومت درونی ندارد:

$$V_{\text{مولد}} = V_{R_1} = \varepsilon - Ir = \varepsilon$$

$$IR_1 = \frac{\varepsilon}{R_1} \text{ بنابراین جریان عبوری از مقاومت } R_1 \text{ برابر است با:}$$

که این مقدار همواره ثابت است و در نتیجه عددی که آمپرسنج A_2 نشان می دهد ثابت می ماند.

۹۵. گزینه ۴ ابتدا شدت جریان گذرنده از سیم را محاسبه می کنیم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{V}{R} = \frac{12}{3} = 4(A)$$

اکنون می توان بار عبوری از مقطع سیم را بدست آورد:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 4 \times 60 = 240 C$$

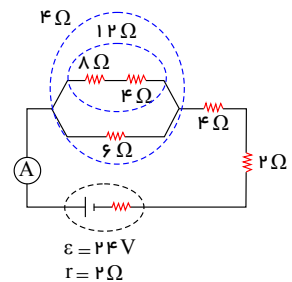
و تعداد الکترون های عبوری برابر است با:

$$q = ne \Rightarrow 240 = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 15 \times 10^{20}$$

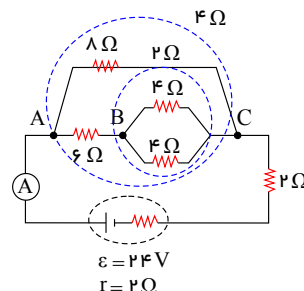
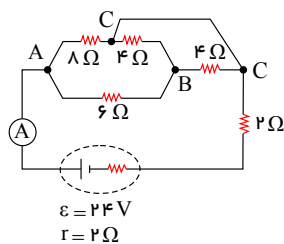
۹۶. گزینه ۱ در حالت باز بودن کلید k داریم:

$$R_{eq} = 4 + 4 + 2 = 10 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{24}{10 + 2} = 2A$$



بنابراین آمپرسنج در حالت اول (قبل از بسته شدن کلید)، $2A$ را نشان می دهد. پس از بسته شدن کلید k نقاط هم پتانسیل را نام گذاری و مدار را ساده می کنیم.



صفحه ۲۳

$$\Rightarrow R'_{eq} = 4 + 2 = 6\Omega \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{24}{6 + 2} = 3A \Rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{3}{2}$$

۹۷. گزینه ۲ ابتدا باید طول سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow 20 = 10^{-6} \frac{L}{\pi(1 \times 10^{-3})^2} \Rightarrow L = 20\pi(m)$$

بنابراین تعداد حلقه‌ها برابر است با:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{2\pi r} \Rightarrow N = \frac{20\pi}{2\pi \times (0.5)} \Rightarrow N = 200 \text{ دور}$$

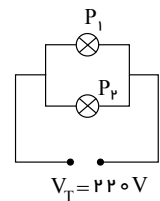
۹۸. گزینه ۲ چون R_1 نصف R_2 است در نتیجه I_1 برابر I_2 است.

$$\begin{cases} q = ne \\ q = It \end{cases} \Rightarrow ne = It \Rightarrow I = \frac{ne}{t} \xrightarrow{tA=tB} \frac{nA}{nB} = \frac{IA}{IB} = 2$$

۹۹. گزینه ۴ چون لامپ‌ها به اختلاف پتانسیل اسمی خود متصل شده‌اند، توان اسمی خود را مصرف می‌کنند.

$$V_{\text{اسمی}} = V_{\text{مصرفی}} = 220V$$

$$P_T = P_1 + P_2 = 100 + 60 = 160W$$



۱۰۰. گزینه ۳ ولت سنجی که به دو سر باتری بسته شده باشد (در مدار تک باتری) عدد آن از دو رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$\begin{cases} V = \varepsilon - rIT \Rightarrow 38 = 40 - 1 \times IT \Rightarrow IT = 2 \\ V = R_T IT \Rightarrow 38 = R_T \times 2 \Rightarrow R_T = 19 = 7 + 4 + \frac{10R}{10 + R} \Rightarrow R = 40\Omega \end{cases}$$

۱۰۱. گزینه ۱

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \text{ و } A = \text{سطح مقطع سیم و } D = \text{قطر مقطع سیم}$$

$$\frac{mA = mB}{\rho A = \rho B} \rightarrow VA = VB \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{DB}{DA}\right)^2 *$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho L_1}{\rho A_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_2}{A_1} \xrightarrow{*} \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \left(\frac{DB}{DA}\right)^4 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{DB}{2DB}\right)^4 = \frac{1}{16}$$

۱۰۲. گزینه ۴ چون جرم سیم و در نتیجه حجم آن ثابت می‌ماند، داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4$$

چون ولتاژ ثابت است داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 \Rightarrow \frac{I_2}{1} = \left(\frac{\frac{1}{2}D_1}{D_1}\right)^4 = \frac{1}{16} \Rightarrow I_2 = \frac{1}{16} mA$$

۱۰۳. گزینه ۴ باتوجه به این که مقاومت آمپرسنج ایده‌آل ناچیز است، ابتدا جریان گذرنده از آمپرسنج را حساب می‌کنیم:

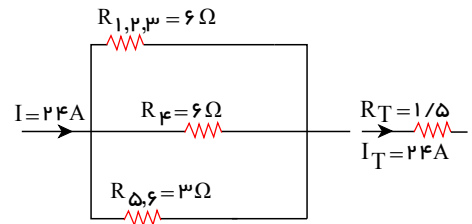
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{10}{0 + 1} = 10A$$

عددی که ولت سنج ایده‌آل نشان می‌دهد، همان اختلاف پتانسیل دو سر مولد است. داریم:

$$V = \varepsilon - rI = 10 - (1)(10) = 0$$

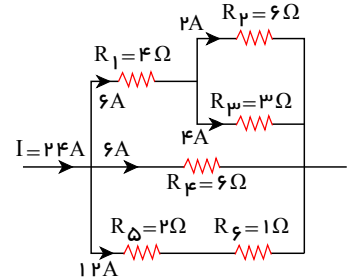
۱.۵۴. گزینه ۱

$$\begin{cases} V_{1,2,3} = V_4 = V_{5,6} = V_T = R_T I_T = 36 \\ V_{1,2,3} = R_{1,2,3} I_{1,2,3} \Rightarrow 36 = 6 I_{1,2,3} \Rightarrow I_{1,2,3} = 6 \\ V_4 = R_4 I_4 \Rightarrow 36 = 6 I_4 \Rightarrow I_4 = 6 \\ V_{5,6} = R_{5,6} I_{5,6} \Rightarrow 36 = 3 I_{5,6} \Rightarrow I_{5,6} = 12 \end{cases}$$



اکنون به کمک رابطه ی $P = RI^2$ می توانیم توان مصرفی در هریک از مقاومت ها را حساب کنیم که با مقایسه ی توان مصرفی مقاومت ها مشخص می شود که مقاومت R_4 کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی را دارد.

$$\begin{cases} PR_1 = 4 \times (6)^2 = 4 \times 36W \\ PR_2 = 4 \times (2)^2 = 6 \times 4W \\ PR_3 = 3 \times (4)^2 = 3 \times 16W \\ PR_4 = 6 \times (6)^2 = 6 \times 36W \\ PR_5 = 2 \times (12)^2 = 2 \times 144W \end{cases}$$



جریان عبوری از مقاومت R_2 برابر ۲ آمپر است.

۱.۵۵. گزینه ۴ چون R_2 و R_1 به طور موازی در مدار قرار می گیرند ولتاژ آن ها با ولتاژ دو سر کتری برابر بوده و هریک با توان اسمی خود کار می کند. لذا داریم: (دقت کنید که در این جا میزان آب یکسان است لذا گرمای لازم برای گرم کردن آن در هر حالت یکسان است.)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{V^2}{R} = \frac{V^2}{R_1} + \frac{V^2}{R_2} \xrightarrow{P = \frac{V^2}{R} = \frac{Q}{t}} \frac{Q}{t} = \frac{Q_1}{t_1} + \frac{Q_2}{t_2}$$

$$\xrightarrow{Q=Q_1=Q_2} \frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} = \frac{1}{7.5} + \frac{1}{15} \Rightarrow t = 5 \text{ min}$$

۱.۵۶. گزینه ۲ در حالت اول:

$$RT = 2 + \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 4 \Omega \Rightarrow I = \frac{\epsilon}{R+r} = \frac{14}{4+1} = 2.8 \text{ A}$$

دو مقاومت 3Ω و 6Ω باهم موازی اند و ولتاژ دو سر آن ها باهم برابر است بنابراین:

$$V_{3\Omega} = V_{6\Omega} \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow 3 I_1 = 6 I_2 \Rightarrow I_1 = 2 I_2$$

$$\begin{cases} I_1 = 2 I_2 \\ I_1 + I_2 = 2.8 \end{cases} \Rightarrow I_1 = \frac{2.8}{1.5}, I_2 = \frac{1.4}{1.5}$$

پس آمپرسنج ایده آل $I_1 = \frac{2.8}{1.5} \text{ A}$ را نشان می دهد و چون ولت سنج با مقاومت ۲ اهمی موازی است پس اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۲ اهمی را نشان می دهد.

$$V = IR = 2 \times 2.8 = 5.6 \text{ V}$$

حالت دوم: با عوض کردن جای آمپرسنج و ولت سنج چون آمپرسنج ایده آل است پس دو سر مقاومت ۲ اهمی اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شود. از طرفی چون ولت سنج ایده آل است از شاخه ی مقاومت ۳ اهمی نیز جریانی نمی گذرد و این مقاومت نیز در مدار نخواهد بود و عددی که ولت سنج نشان می دهد برابر ولتاژ دو سر مقاومت ۶ اهمی خواهد بود. یعنی:

$$I' = \frac{\epsilon}{R' + r} = \frac{14}{6+1} = 2 \text{ A}$$

$$V' = I' R = 2 \times 6 = 12 \text{ V}$$

۱.۵۷. گزینه ۴ با افزایش مقاومت متغیر R_1 ، مقاومت معادل مقاومت های (۱) و (۲) و هم چنین مقاومت کل مدار افزایش می یابد.

$$R_1 \uparrow \rightarrow R_{1,2} \uparrow \Rightarrow R_{1,2,3} \uparrow \Rightarrow RT \uparrow$$

با افزایش مقاومت کل مدار، شدت جریان در شاخه ی اصلی کم شده در نتیجه ولتاژ دوسر مولد افزایش می یابد.

صفحه ۲۵

$$\begin{cases} \downarrow IT = \frac{\varepsilon}{R_T \uparrow + r} \Rightarrow R_T \uparrow \rightarrow \downarrow IT \rightarrow \uparrow V \\ \uparrow V = \varepsilon - rIT \downarrow \end{cases}$$

حال اگر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 را (V') و دو سر مقاومت R_3 را V'' بنامیم داریم:

با افزایش V باتوجه به کاهش V' ($V' \downarrow = R_3 I \downarrow$) عدد V'' باید الزاماً افزایش یابد تا تساوی مقابل برقرار شود:

$$\uparrow V = V' \downarrow + V'' \uparrow$$

در نتیجه با افزایش V'' جریان عبوری از مقاومت R_3 افزایش می‌یابد.

$$V'' \uparrow = R_3 I_3 \uparrow$$

۱۰۸. گزینه ۲ سطح زیر نمودار $I-t$ ، برابر مقدار بار شارش شده در مدار است.

$$\Delta q = \frac{4+10}{2} \times 3 = 21 C$$

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{21}{10} = 2.1 A$$

۱۰۹. گزینه ۱

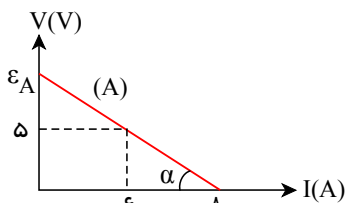
$$\begin{aligned} \Delta q &= ne \\ \Delta q &= I \Delta t \Rightarrow ne = I \Delta t \Rightarrow n \times 1.6 \times 10^{-19} = 16 \times 10^{-3} \times 2 \times 60 \end{aligned}$$

$$n = \frac{16 \times 10^{-3} \times 2 \times 60}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.2 \times 10^{19}$$

۱۱۰. گزینه ۳ در نمودار یک مولد نیروی محرکه

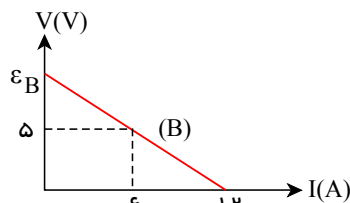
- عرض از مبدا ε

- شیب خط r



$$\tan \alpha_A = r_A = \frac{5}{2}$$

$$\tan \alpha_A = \frac{5}{2} = \frac{\varepsilon_A}{8} \Rightarrow \varepsilon_A = 20$$



$$\tan \alpha_B = r_B = \frac{5}{6}$$

$$\tan \alpha_B = \frac{5}{6} = \frac{\varepsilon_B}{12} \Rightarrow \varepsilon_B = 10$$

توان تولیدی یک مولد که جریان I از آن عبور می‌کند برابر است با: $P_{\text{تولیدی}} = \varepsilon I$

توان تلف شده در مولد برابر است با: $P_{\text{تلف شده}} = rI^2$

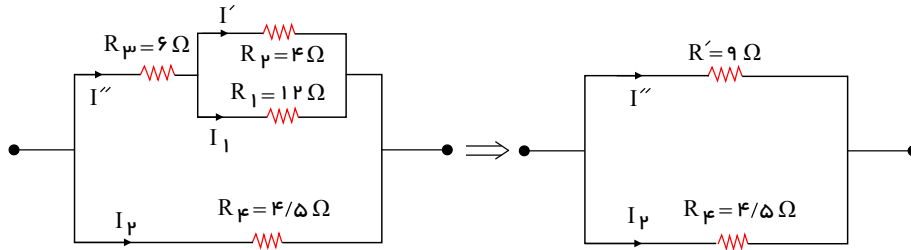
چون جریان عبوری از دو مولد یکسان است، بنابراین:

$$\frac{P_{\text{تولیدی A}}}{P_{\text{تولیدی B}}} = \frac{\varepsilon_A I}{\varepsilon_B I} = \frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\frac{P_{\text{تلف شده A}}}{P_{\text{تلف شده B}}} = \frac{r_A I^2}{r_B I^2} = \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{5}{6}} = 3$$

۱۱۱. گزینه ۲ با ساده کردن مدار داریم:

$$R' = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 + \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 9 \Omega$$



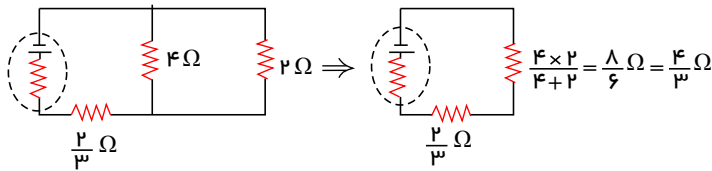
در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقاومت‌ها توزیع می‌شود چون $R_2 = \frac{1}{3}R_1$ است پس جریان عبوری از R_2 سه برابر جریان عبوری از R_1 است، یعنی $I' = 3I_1$ در نتیجه:

$$I'' = I' + I_1 = 3I_1 + I_1 = 4I_1$$

اکنون با توجه به این که مقاومت معادل شاخه‌ی بالا R' موازی با R_4 است داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I'' R' = I_2 R_4 \Rightarrow 4I_1 \times 9 = I_2 \times 4/5 \Rightarrow I_2 = 8I_1$$

۱۱۲. گزینه ۱ ابتدا جریان عبوری از مولد را بدست می‌آوریم، بدین منظور لازم است نخست مدار را ساده کرده و مقاومت معادل را محاسبه کنیم:



$$IT = \frac{\varepsilon}{RT+r} \Rightarrow IT = \frac{9}{\frac{2}{3} + \frac{4}{3} + 1} = 3A \Rightarrow V_A - V_B = RI = \frac{2}{3} \times 3 = 2$$

۱۱۳. گزینه ۱

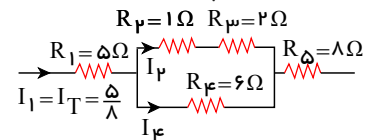
$$\text{جرم واحد طول } \mu = \frac{m}{L} \Rightarrow \frac{\mu'}{\mu} = \frac{m'}{m} \times \frac{L}{L'} \xrightarrow{m'=m} \mu' = \mu \times \frac{L}{L'} \Rightarrow \frac{L'}{L} = \frac{5}{4}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{\rho'=\rho, V=AL, m'=m} AL = A'L' \Rightarrow \frac{L'}{L} = \frac{A}{A'} (*)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{\rho'=\rho} \frac{R'}{R} = \frac{L'}{L} \times \frac{A}{A'} (*) \xrightarrow{\frac{L'}{L} = \frac{5}{4}} \frac{R'}{R} = \frac{25}{16}$$

۱۱۴. گزینه ۴ ابتدا جریان کل را حساب می‌کنیم که همان I_1 است و سپس جریان کل را بین دو شاخه تقسیم می‌کنیم و I_2 را بدست می‌آوریم.

$$IT = \frac{\varepsilon}{RT+r} = \frac{10}{15+1} = \frac{10}{16} = \frac{5}{8}$$



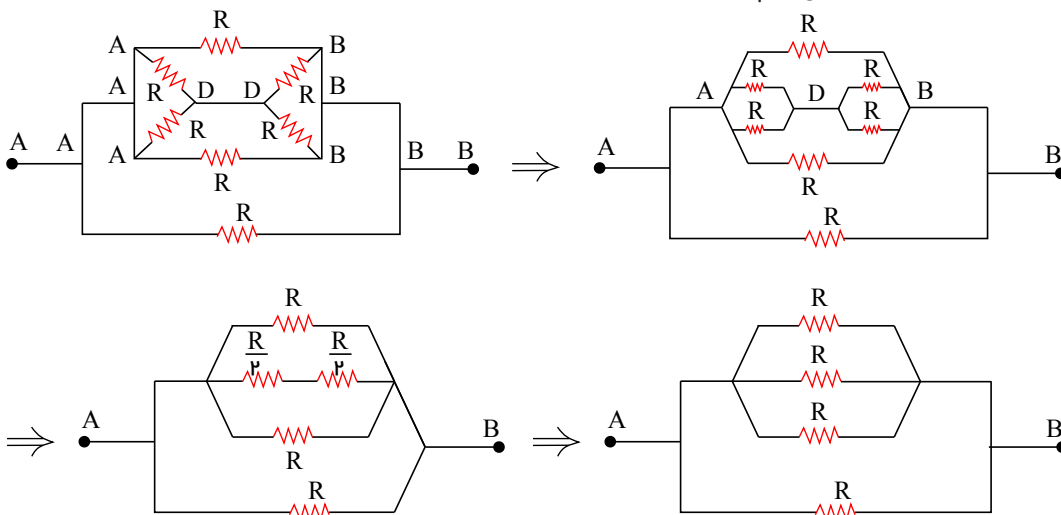
$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_4 \Rightarrow \frac{5}{8} = 2I_4 + I_4 \Rightarrow I_4 = \frac{5}{24} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{1,2} = V_4 \Rightarrow R_{1,2} I_2 = R_4 I_4 \Rightarrow 3I_2 = 6I_4 \Rightarrow I_2 = 2I_4 = 2 \times \frac{5}{24} = \frac{5}{12} \end{cases}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{5}{8}}{\frac{5}{12}} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$$

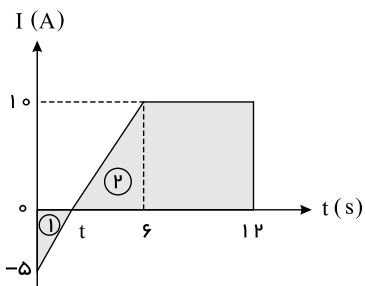
۱۱۵. گزینه ۱ طبق رابطه‌ی $R = \rho \frac{L}{A}$ ، یا ثابت ماندن A ، نمودار مقاومت بر حسب طول یک سیم رسانا خط راستی با شیب مثبت است که از مبدأ مختصات می‌گذرد.

۱۱۶. گزینه ۳ شکل را به صورت زیر ساده می کنیم:



$$\Rightarrow R_T = \frac{R}{4} = 8 \rightarrow R = 32\Omega$$

۱۱۷. گزینه ۳ سطح زیر نمودار $I-t$ با بار الکتریکی شارش شده از هر مقطع رسانا برابر است. با استفاده از تشابه دو مثلث ۱ و ۲، مقدار t را به دست می آوریم.



$$\frac{10}{6-t} = \frac{5}{t} \Rightarrow t = 2s$$

و مساحت قسمت های هاشورخورده برابر است با:

$$\text{مثلث ۱: } S_1 = \frac{2 \times (-5)}{2} = -5C = \Delta q_1$$

$$\text{دوزنقه ۲: } S_2 = \frac{10+6}{2} \times 10 = 80C = \Delta q_2$$

$$\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2 = 75C$$

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{75}{12} = 6,25A$$

با استفاده از رابطه ی جریان متوسط، داریم:

۱۱۸. گزینه ۲

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \xrightarrow{\rho A = \rho B, \ell A = \ell B} \frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B}$$

$$A_A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi (3 \times 10^{-3})^2 = 9\pi \times 10^{-6} m^2$$

$$A_B = \pi (r_o^2 - r_i^2) = \pi (9 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}) = 5\pi \times 10^{-6} m^2$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{9\pi \times 10^{-6}}{5\pi \times 10^{-6}} = \frac{9}{5}$$

۱۱۹. گزینه ۲ اساس کار تغییر مقاومت در پتانسیومتر (رئوستا)، تغییر طول آن است.

۱۲۰. گزینه ۲ طبق پایستگی بار الکتریکی داریم:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

در تماس کره‌ها بار الکتریکی آن‌ها یکسان شده و به تعادل الکتریکی می‌رسند.

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{12 + (-8)}{2} = 2mC$$

بار الکتریکی کره‌ی B از $1mC$ به $2mC$ می‌رسد، یعنی:

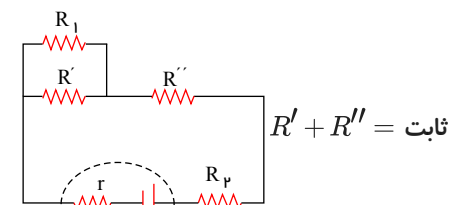
$$\Delta q = 10mC$$

مطابق رابطه‌ی شدت جریان متوسط داریم:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{10 \times 10^{-3}}{0.01} \Rightarrow \bar{I} = 1A$$

۱۲۱. گزینه ۴ مقاومت رئوستا را می‌توان دو قسمت در نظر گرفت. یک بخش آن به صورت موازی با مقاومت R_1 و بخش دیگر آن

به صورت متوالی با مولد قرار می‌گیرد. با حرکت لغزنده به سمت راست اگر مقاومت R' به اندازه‌ی x زیاد شود مقاومت R'' به اندازه‌ی x کم می‌شود.



$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{R' R_1}{R_1 + R'} + R'' \quad (1)$$

$$\Rightarrow R'_{eq} = \frac{R_1 (R' + x)}{R_1 + R' + x} + R'' - x$$

$$\Rightarrow R'_{eq} = \frac{R_1 R'}{R_1 + R' + x} + R'' + \frac{R_1 x}{R_1 + R' + x} - x = \frac{R_1 R'}{R_1 + R' + x} + R'' - \frac{x(R' + x)}{R_1 + R' + x} \quad (2)$$

$$(1), (2) \rightarrow \frac{R_1 R'}{R_1 + R' + x} < \frac{R_1 R'}{R_1 + R'} \rightarrow R'_{eq} < R_{eq} \rightarrow I' > I$$

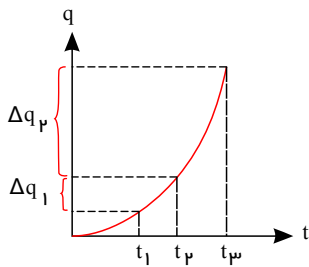
$$\frac{x(R' + x)}{R_1 + R' + x} > 0$$

بنابراین با حرکت لغزنده به سمت راست، جریان عبوری از مولد افزایش می‌یابد. با حرکت لغزنده‌ی رئوستا به سمت راست آن بخش از مقاومت رئوستا که با مقاومت R_1 به صورت موازی قرار دارد، افزایش می‌یابد. بنابراین مقاومت معادل آن با R_1 افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش جریان مدار اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 نیز افزایش می‌یابد و لذا با توجه به ثابت بودن R_1 جریان عبوری از مقاومت R_1 افزایش می‌یابد.

با حرکت لغزنده‌ی رئوستا به سمت راست مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد. بنابراین جریان عبوری از مقاومت R_1 مطابق رابطه‌ی

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

۱۲۲. گزینه ۳



از نمودار مشخص است که بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر بازه زمانی t_2 تا t_3 است. طبق رابطه $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ در بازه های زمانی t_1 تا t_2 شدت جریان یکسان است ولی در بازه t_2 تا t_3 بار بیشتری شارش شده است و جریان الکتریکی متوسط بیشتر است.

۱۲۳. گزینه ۱

$$R_A = R_B \Rightarrow \rho_A \frac{\ell_A}{A_A} = \rho_B \frac{\ell_B}{A_B} \Rightarrow \frac{\ell_A}{\ell_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{A_A}{A_B}$$

$$= \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \left(\frac{D_A}{D_B}\right)^2 = \frac{1}{4} \times \left(\frac{2}{1}\right)^2 = 1 \Rightarrow \ell_A = \ell_B$$

۱۲۴. گزینه ۴ از آنجایی که حجم ثابت است، $A_1 L_1 = A_2 L_2$ برقرار است.

$$r_2 = \frac{1}{2} r_1 \Rightarrow A_2 = \frac{1}{4} A_1 \Rightarrow L_2 = 4L_1$$

در مورد رابطه مقاومت الکتریکی و مشخصات فیزیکی رسانا می توان گفت:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{4L_1}{L_1} \times \frac{A_1}{\frac{1}{4}A_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 16$$

۱۲۵. گزینه ۱ اگر اختلاف پتانسیل دو سر قطعه سیم به طول L را با V' نمایش دهیم، باتوجه به این که شدت جریان گذرنده از این قطعه و کل سیم یکسان است، خواهیم داشت:

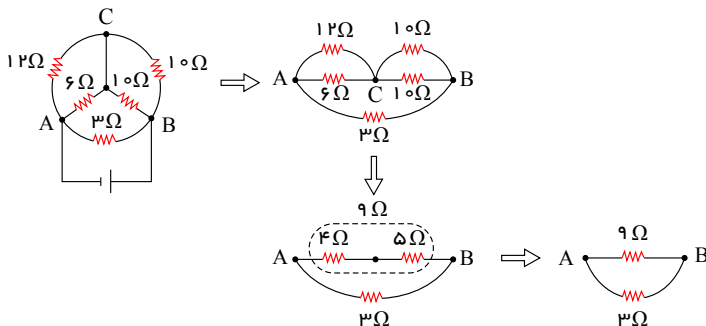
$$I = \frac{V}{R} = \frac{V'}{R'} \Rightarrow V = \frac{R'}{R} V' = \frac{\rho \frac{L}{A}}{R} V' \Rightarrow V' = \frac{\rho L V}{R A}$$

۱۲۶. گزینه ۴

$$V = (R_1 + R_2)I$$

$$\Delta = (10 + R_2) \frac{2}{1000} \Rightarrow 2500 = 10 + R_2 = R_2 = 2490 \Omega$$

۱۲۷. گزینه ۴ مطابق شکل ابتدا گره ها را نام گذاری کرده و با در نظر گرفتن نقاط A و B به عنوان دو سر مدار، مدار را به صورت های زیر ساده می کنیم. در نتیجه داریم:



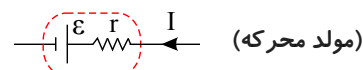
$$R_T = \frac{9 \times 3}{9 + 3} = \frac{27}{12} = \frac{9}{4} = 2,25 \Omega$$

۱۲۸. گزینه ۲ در یک مدار تک حلقه جریان عبوری از یک مولد، می تواند دو حالت داشته باشد: حالت (۱): از پایانه منفی مولد وارد و از پایانه مثبت آن خارج شود.



در این حالت اندازه ی اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولد از رابطه ی $V = \varepsilon - Ir$ به دست می آید (نمودار گزینه ی «۴»)
حالت (۲): از پایانه مثبت مولد وارد و از پایانه منفی آن خارج شود.

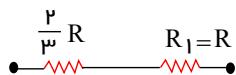
صفحه ۳۰



در این حالت اندازه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولد از رابطه‌ی $V = \varepsilon + Ir$ به دست می‌آید. (نمودار گزینه‌ی «۳»)
اگر مقاومت درونی مولد برابر با صفر باشد، اندازه‌ی اختلاف پتانسیل دو سر مولد در هر دو حالت فوق ثابت و برابر $V = \varepsilon$ خواهد بود. (نمودار گزینه‌ی «۱»)

ولی مولدی که نیروی محرکه‌ی آن برابر با صفر باشد (نمودار گزینه‌ی «۲») دیگر مولد نیست و بنابراین نمودار گزینه‌ی «۲» نمی‌تواند اندازه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک مولد برحسب جریان عبوری از آن را نشان دهد.

۱۲۹. گزینه ۲ در اتصال متوالی مقاومت‌ها، جریان الکتریکی ثابت است. بنابراین با توجه به رابطه‌ی $P = RI^2$ می‌توان نوشت:



$$I_{\text{کل}} = I_1 \Rightarrow \frac{P_{\text{کل}}}{R_{\text{کل}}} = \frac{P_1}{R_1} \Rightarrow \frac{160}{\frac{5}{3}R} = \frac{P_1}{R} \Rightarrow P_1 = \frac{3}{5} \times 160 = 96W$$

۱۳۰. گزینه ۲ با بسته شدن کلید K ، مقاومت R_3 به طور موازی وارد مدار شده و مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد (چرا؟) در نتیجه I افزایش می‌یابد. بنابراین افت پتانسیل مولد نیز افزایش خواهد یافت.

$$\downarrow RT \rightarrow \uparrow I = \frac{\varepsilon}{\downarrow RT + r} \rightarrow \uparrow \text{افت پتانسیل} = rI_{\text{کل}} \uparrow$$

از طرفی بنا بر رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir$ با افزایش جریان کل مدار ولتاژ دو سر مولد کاهش می‌یابد. اگر ولتاژ دو سر مقاومت R_1 را با V_1 و ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_2 و R_3 را با V_2 نشان دهیم، چون با افزایش جریان کل مدار، ولتاژ R_1 V_1 افزایش می‌یابد. پس برای حفظ تساوی باید ولتاژ V_2 کاهش یابد. یعنی:

$$\downarrow V = \uparrow V_1 + V_2 \downarrow$$

۱۳۱. گزینه ۱

$$\text{چگالی} = \rho \frac{m}{V} \Rightarrow 8 \times 10^3 = \frac{20}{V} \Rightarrow V = \frac{1}{400} m^3$$

$$V = A \cdot l \Rightarrow \frac{1}{400} = 5 \times 10^{-6} l \Rightarrow l = 500m$$

$$R = \rho \frac{l}{A} = 2 \times 10^{-8} \frac{500}{5 \times 10^{-6}} \Rightarrow R = 2\Omega$$

۱۳۲. گزینه ۱

$$\left. \begin{aligned} V &= \varepsilon - rI = RI \\ I &= \frac{\varepsilon}{R+r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V = R \frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$\frac{V}{2} = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{2} = R \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow R = R+r \Rightarrow \frac{R}{r} = 1$$

۱۳۳. گزینه ۲ جریان لازم برای هر لامپ به طوری که کامل روشن شده و آسیب نبیند.

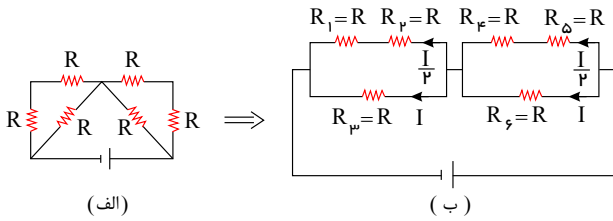
$$P = VI \Rightarrow 110 = 220 \cdot I \Rightarrow I = \frac{1}{2} A$$

با توجه به اختلاف پتانسیل خروجی از مولد و نیروی محرکه مولد، جریان خروجی از مولد (جریان کل) برابر است با:

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow 220 = 250 - 20 \cdot I \Rightarrow I = \frac{30}{20} = 1.5A$$

جریان مجاز برای هر لامپ $0.5A$ است، بنابراین ۳ لامپ باید به صورت موازی بسته شود.

۱۳۴. گزینه ۳ ابتدا مدار را مطابق شکل زیر ساده می‌کنیم سپس باید تشخیص دهیم کدام مقاومت یا مقاومت‌ها بیشترین توان را مصرف می‌کنند. بدیهی است مقاومتی بیشترین توان را مصرف می‌کند که بیشترین جریان مدار از آن عبور کند. بنابراین داریم:



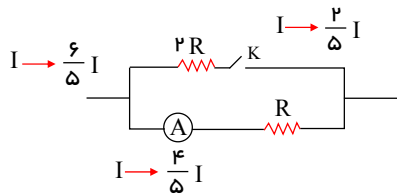
چون جریان در شاخه‌های موازی به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، پس جریان عبوری از هر یک از مقاومت‌ها مطابق شکل (ب) خواهد بود. از آن جایی که مقاومت‌ها مشابه‌اند و بیش‌ترین جریان از مقاومت‌های R_3 و R_6 می‌گذرد پس این دو مقاومت حداکثر توان یعنی $40W$ را مصرف می‌کنند. اکنون باید ببینیم تا هر یک از مقاومت‌های شاخه‌های بالا چه توانی را مصرف می‌کنند. بنابراین با استفاده از رابطه $P = RI^2$ می‌توان نوشت:

$$P = RI^2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_1}{40} = \left(\frac{I}{2I}\right)^2 \Rightarrow P_1 = 10W$$

یعنی هر یک از مقاومت‌های شاخه‌های بالا نیز توان $10W$ را مصرف می‌کنند. در نتیجه بیش‌ترین توان مصرفی مدار برای این که هیچ یک از مقاومت‌ها آسیب نبینند برابر است با:

$$P_{کل} = (4 \times 10) + (2 \times 40) = 120W$$

گزینه ۱. ۱۳۵



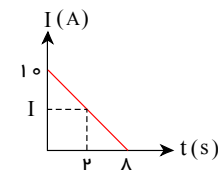
فرض کنیم ابتدا جریان عبور کرده از آمپرسنج، I بوده است. پس جریان عبوری از مولد نیز I است. با وصل کلید، وقتی جریان آمپرسنج به $\frac{4}{5}I$ می‌رسد، جریان عبوری از $2R$ (که باید نصف این جریان باشد) به $\frac{2}{5}I$ می‌رسد، پس جریان مولد به $\frac{2}{5}I + \frac{4}{5}I = \frac{6}{5}I$ خواهد رسید، یعنی ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

گزینه ۱. ۱۳۶

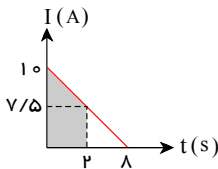
$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{2,5}{5} \Rightarrow R = 0,5\Omega$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \rho = \frac{RA}{l} = \frac{0,5 \times 1 \times 10^{-6}}{1} = 0,5 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$$

گزینه ۳. ۱۳۷



ابتدا با استفاده از مفهوم شیب نمودار جریان الکتریکی را در لحظه $t = 2s$ بدست می‌آوریم:
 $\frac{10}{8} = \frac{10 - I}{2} \Rightarrow I = 7,5A$
 اندازه بار الکتریکی شارژ شده در مدار برابر مساحت محصور بین نمودار $I - t$ محور زمان است.



$$|\Delta q| = s = \frac{(7,5 + 10) \times 2}{2} = 17,5c$$

گزینه ۱. ۱۳۸

شدت جریان عبوری از لامپ هنگامی که به ولتاژ $220V$ وصل است برابر است با:

$$P = VI \Rightarrow 1000 = 220 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{10}{22} A$$

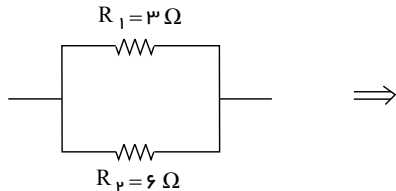
باتوجه به اینکه در دمای ثابت مقاومت الکتریکی لامپ ثابت است و توان مصرفی لامپ کم‌تر از توان اسمی است، داریم:

صفحه ۳۲

$$P = RI^2 \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{81}{100} = \left(\frac{I_2}{\frac{10}{22}}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{9}{10} = \frac{I_2}{\frac{10}{22}} \Rightarrow I_2 = \frac{9}{22} A$$

۱۳۹. گزینه ۴ موازی:



$$R_{1,2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

سری:

$$R_1 = 3 \Omega \quad R_2 = 6 \Omega$$

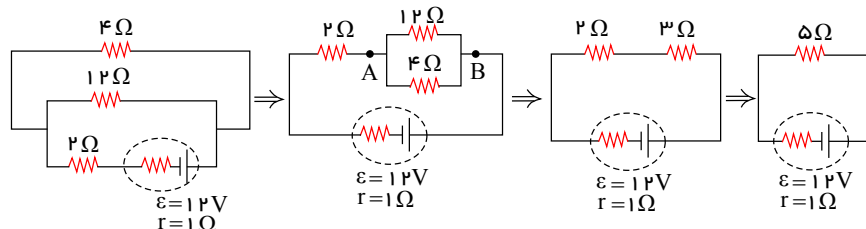
$$\Rightarrow R'_{1,2} = R_1 + R_2 = 9 \Omega$$

$$\Rightarrow \frac{R(1,2)}{R'_{1,2}} = \frac{2}{9}$$

۱۴۰. گزینه ۴ نکته: اگر طول یک سیم رسانا (میله) که جرم یا حجم آن ثابت است را n برابر کنیم، سطح مقطع آن $\frac{1}{n}$ برابر می شود.

باتوجه به نکته بالا کشیدن میله به حدی که طول آن دو برابر شود، سطح مقطع میله نصف می شود، پس اگر در این حالت میله را نصف کنیم، می توان گفت در واقع طول آن تغییر نکرده است و فقط سطح مقطع میله نصف شده است و بنابر رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$ نتیجه می گیریم که مقاومت آن، دو برابر می شود.

۱۴۱. گزینه ۲ ابتدا با ساده کردن شکل جریان عبوری از مولد را بدست می آوریم:



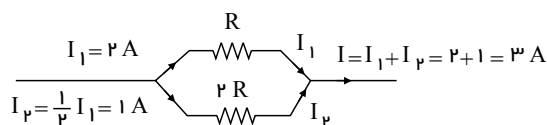
$$I = \frac{\varepsilon}{RT + r} = \frac{12}{5 + 1} = 2 A$$

با به دست آوردن ولتاژ و لتاژ مجموعه مقاومت های ۱۲ و ۴ اهمی داریم:

$$V_{AB} = IR_{4,12} \Rightarrow V_{AB} = 2 \times 3 = 6 V$$

$$P = \frac{V_{AB}}{R} \Rightarrow P = \frac{6^2}{4} = 9 W$$

۱۴۲. گزینه ۳ در مقاومت های موازی، جریان به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود. بنابراین جریان عبوری از مقاومت $2R$ ، نصف جریان عبوری از مقاومت R است.



$$\text{افت پتانسیل درون باتری: } V' = rI = \frac{1}{2} \times 3 = 1,5 V$$

۱۴۳. گزینه ۱ با حرکت لغزنده از A تا B ، مقاومت رثوستا افزایش می یابد، بنابراین: جریان عبوری از آمپرسنج کاهش می یابد.

$$I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_R + R + r} \Rightarrow I : \downarrow$$

ولتاژ دوسر مولد افزایش می یابد. $V = \varepsilon - \downarrow Ir \Rightarrow V : \uparrow$

۱۴۴. گزینه ۱ با استفاده از تعریف مقاومت کربنی ابتدا اندازه این مقاومت را بدست می آوریم:

$$R = \overline{ab} \times 10^n \xrightarrow{a=1, b=5, n=6} R = 15 \times 10^6 \Omega$$

مطابق قانون اهم داریم:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45}{15 \times 10^6} = 3 \times 10^{-6} A = 3 \times 10^{-3} mA$$

۱۴۵. گزینه ۱ روش اول: مطابق قانون اهم $(I = \frac{V}{R})$ باتوجه به اینکه R ثابت است و تغییر نکرده پس $(I \times V)$ است یعنی

جریان با اختلاف پتانسیل رابطه مستقیم دارند. در نتیجه اگر V ، ۲۵٪ افزایش یابد لزوماً I نیز ۲۵٪ افزایش خواهد یافت.
روش دوم:

$$V_2 = V_1 + 0.25V_1 = 1.25V_1 \Rightarrow \Delta V = 0.25V_1$$

$$V = IR \xrightarrow{V \times I} \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta I}{I_1} \Rightarrow \frac{0.25V_1}{V_1} = \frac{\Delta I}{I_1} \Rightarrow \Delta I = 0.25I_1$$

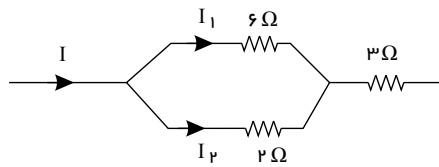
یعنی جریان نیز ۲۵٪ افزایش می یابد.

۱۴۶. گزینه ۳

باتوجه به اینکه ولتاژ دو سر مقاومت های موازی با هم برابر است، داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 \times 6 = I_2 \times 2 \Rightarrow I_2 = 3I_1$$

$$\begin{cases} I_2 = 3I_1 \\ I_1 + I_2 = I \end{cases} \Rightarrow I_1 = \frac{I}{4}, I_2 = \frac{3}{4}I$$

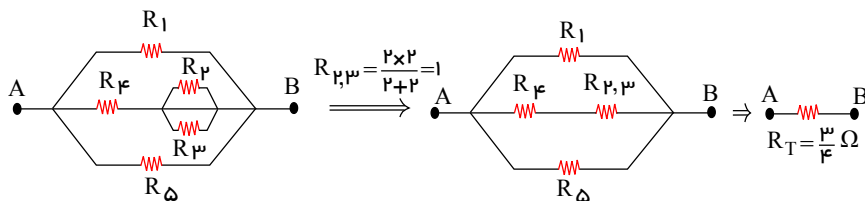


چون در شاخه ی بالایی مقاومت 2Ω و 4Ω متوالی هستند، بنابراین جریان عبوری از آن ها برابر و مساوی $\frac{I}{4}$ است و داریم:

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{R_4 I_1}{R_3 I} = \frac{4 \times \frac{I}{4}}{3 \times I} = \frac{1}{3}$$

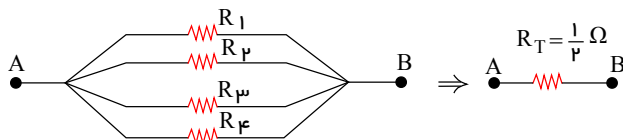
۱۴۷. گزینه ۲ در هر حالت مدار را ساده می کنیم و مقاومت معادل را حساب می کنیم.

حالت اول: کلید K باز است.



$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \Rightarrow RT = \frac{3}{4} \Omega$$

حالت دوم: کلید K بسته است. در این حالت مقاومت R_4 اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شود.



$$\frac{1}{R'T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Rightarrow R'T = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \Omega \Rightarrow \frac{R'T}{RT} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3}$$

۱۴۸. گزینه ۱ اگر مقاومت رئوستا (R_2) را افزایش دهیم مقاومت معادل R_3 و R_2 افزایش می یابد.

صفحه ۳۴

$$R_{۲,۳} = \frac{R_۲ R_۳}{R_۲ + R_۳} \xrightarrow{\text{با تقسیم صورت و مخرج بر } R_۲} R_{۲,۳} = \frac{R_۳}{1 + \frac{R_۳}{R_۲}}$$

با افزایش $R_۲$ کسر $\frac{R_۳}{R_۲}$ کاهش می‌یابد و با کوچک شدن مخرج کسر $R_{۲,۳}$ افزایش می‌یابد. در نتیجه با افزایش مقاومت مدار

شدت جریان کل مدار کاهش می‌یابد و ولت سنج ایده‌آل نشان می‌دهد طبق رابطه زیر افزایش می‌یابد.

$$V_{۲,۳} = (\uparrow)V = \varepsilon - I(R+r)(\downarrow)$$

از طرفی ولت سنج ولتاژ دو سر مقاومت $R_۳$ را نشان می‌دهد. طبق رابطه $V_{۲,۳} = I_۳ R_۳$ با ثابت بودن $R_۳$ با افزایش $V_{۲,۳}$ آمپرسنج ایده‌آل ($I_۳$) نیز مقدار بیشتری را نشان خواهد داد.

۱۴۹. گزینه ۴ * نکته: ثابت می‌شود وقتی حجم سیم یا جرم آن ثابت باشد، با تغییر در ابعاد هندسی رسانا رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{L_۲}{L_۱}\right)^۲ = \left(\frac{A_۱}{A_۲}\right)^۲ = \left(\frac{D_۱}{D_۲}\right)^۴$$

چون در حجم ثابت با کشیدن سیم، قطر آن نصف می‌شود. در نتیجه داریم:

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{D_۱}{D_۲}\right)^۴ \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{D_۱}{\frac{1}{۲}D_۱}\right)^۴ \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = ۱۶$$

اکنون با استفاده از قانون اهم داریم:

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V=\text{ثابت}} \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$$

$$\frac{I_۲}{۱} = \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow I_۲ = \frac{۱}{۱۶} mA$$

۱۵۰. گزینه ۱ در شکل ۶ مقاومت ۲ و ۳ و ۶ اهمی با هم موازی‌اند و معادل آن‌ها برابر است با:

$$\frac{1}{R''} = \frac{1}{۲} + \frac{1}{۲} + \frac{1}{۳} + \frac{1}{۳} + \frac{1}{۶} + \frac{1}{۶} \Rightarrow R'' = \frac{1}{۲} \Omega$$

از طرفی مقاومت R'' با مقاومت $۰٫۵ \Omega$ متوالی است. در نتیجه مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_T = ۰٫۵ + ۰٫۵ = ۱ \Omega$$

جریان عبوری از مولد برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{۱۲}{۱} = ۱۲ A$$

اگر جریان عبوری از مقاومت R' را I' بنامیم طبق قانون اهم داریم:

$$V = IR \xrightarrow{V=\text{ثابت}} I' R' = IR'' \Rightarrow I' \times ۳ = ۱۲ \times \frac{1}{۲} \Rightarrow I' = ۲ A$$

۱۵۱. گزینه ۲ مطابق رابطه‌ی بین جریان و بار عبوری از هر مقطع رسانا، داریم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta q}{I} = \frac{۸}{۵} = ۱٫۶ s$$

۱۵۲. گزینه ۲ با استفاده از تعریف مقاومت الکتریکی می‌توان نوشت:

$$R = \rho \frac{L}{A} \rightarrow \frac{RCU}{RAL} = \frac{\rho CU}{\rho AL} \times \frac{LCU}{LAL} \times \frac{AAL}{ACU} \xrightarrow{A=\pi \frac{D^۲}{۴}} \frac{RCU}{RAL} = \frac{\rho CU}{\rho AL} \times \frac{LCU}{LAL} \times \left(\frac{DAL}{DCU}\right)^۲$$

بنا به فرض مسئله داریم:

$$\begin{cases} RCU = RAL \\ LCU = LAL \end{cases} \Rightarrow ۱ = \frac{\rho CU}{\rho AL} \times ۱ \times \left(\frac{DAL}{DCU}\right)^۲ \Rightarrow \left(\frac{DAL}{DCU}\right)^۲ = \frac{\rho AL}{\rho CU} = \frac{۲٫۷ \times ۱۰^{-۸}}{۱٫۲ \times ۱۰^{-۸}}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{DAL}{DCU}\right)^۲ = \frac{۹}{۴} \Rightarrow \frac{DAL}{DCU} = \frac{۳}{۲}$$

۱۵۳. گزینه ۳ بنا به قاعده حلقه داریم:

صفحه ۳۵

$$\cancel{Y_a} - RI - 2RI + \varepsilon = \cancel{Y_a}$$

$$I \frac{12}{3R} = \frac{4}{R}$$

چون مدار ۳A است $\leftarrow \frac{4}{R} = 3 \leftarrow R = \frac{4}{3}$ ، این مقدار جریان هم از R_1 می گذرد هم از R_2

$$P_1 = R_1 I^2 = R(3)^2 = \frac{4}{3} \times 9 = 12W$$

۱۵۴. گزینه ۳ در این شکل جریان عبوری از مدار برابر عددی است که آمپرسنج نشان می دهد. $(I = \frac{\varepsilon}{R+r})$ با جایگزینی آمپرسنج ایده آل با آمپرسنج غیر ایده آل مقاومت معادل مدار افزایش یافته در نتیجه جریان عبوری از آمپرسنج جدید کاهش می یابد.

$$I' = \frac{\varepsilon}{R+r+R_{\text{آمپرسنج}}} \Rightarrow I' < I$$

گزینه ۲: در این شکل چون ولت سنج ایده آل است و دو سر آن با آمپرسنج اتصال کوتاه شده است. در نتیجه از ولت سنج عبور نمی کند و همه جریان مدار از آمپرسنج می گذرد. در نتیجه:

$$\text{آمپرسنج ایده آل: } I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$\text{آمپرسنج غیرایده آل: } I' = \frac{\varepsilon}{R+r+R_{\text{آمپرسنج}}} \Rightarrow I' < I$$

گزینه ۳: در این مدار چون ولت سنج ایده آل به طور متوالی با مولد بسته شده است، جریان عبوری از مدار صفر است با جایگزینی آمپرسنج ایده آل با آمپرسنج غیر ایده آل هم چنان جریان عبوری از مدار صفر خواهد بود. یعنی عددی که آمپرسنج جدید نشان می دهد، تغییری نمی کند.

گزینه ۴: در این مدار وقتی آمپرسنج ایده آل باشد، در سر مولد اتصال کوتاه شده و عددی که آمپرسنج نشان می دهد برابر $I = \frac{\varepsilon}{r}$ است. با جایگزینی آمپرسنج ایده آل با آمپرسنج غیر ایده آل دیگر دو سر مولد اتصال کوتاه نیست و مقاومت معادل (آمپرسنج و مقاومت R) با مولد متوالی می شود. در نتیجه جریان عبوری از مولد و آمپرسنج کاهش می یابد.

۱۵۵. گزینه ۱ نکته: وقتی سیم را چهارلا می کنیم، سطح مقطع آن ۴ برابر و طول سیم $\frac{1}{4}$ برابر می شود.

بنابر نکته بالا می توان گفت:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{R_2}{1600} = \frac{1/4 L_1}{L_1} \times \frac{A_1}{4A_1}$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{1600} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{R_2}{1600} = \frac{1}{16} \Rightarrow R_2 = 100\Omega$$

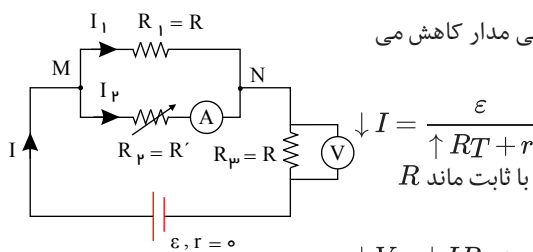
۱۵۶. گزینه ۴ انرژی الکتریکی مصرف شده از رابطه $U = pt$ بدست می آید.

$$P = 1500W = 1.5KW, \quad 1 \text{ min} = \frac{1}{60} h$$

$$U = pt = 1.5 \times \frac{1}{60} = 0.025KWh$$

۱۵۷. گزینه ۴

با افزایش مقاومت رئوستا، مقاومت معادل مدار افزایش یافته در نتیجه جریان اصلی مدار کاهش می یابد.



$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r}$$

پس با کاهش جریان ولت سنج نیز کاهش یافته و عدد کمتری را نشان می دهد زیرا با ثابت ماند R داریم:

$$\downarrow V = \downarrow IR \rightarrow \text{ثابت}$$

چون $r = 0$ است پس ε ثابت و برابر با: $\varepsilon = \downarrow V + \uparrow V_{MN}$ (ثابت)

صفحه ۳۶

باتوجه به شکل دو مقاومت R_1 و R_2 موازی بوده و اختلاف پتانسیل دو سر آنها برابر V_{MN} است. پس می توان نوشت:
 $\uparrow V_{MN} = \uparrow I_1 R \rightarrow$ ثابت

یعنی با ثابت بودن R با افزایش V_{MN} ، I_1 نیز افزایش می یابد در نتیجه داریم:

$$\downarrow = I = \uparrow I_1 + I_2 \downarrow$$

یعنی با کاهش جریان اصلی مدار و افزایش I_1 برای حفظ تساوی باید به ناچار I_2 کاهش یابد.

۱۵۸. گزینه ۲ حالت اول:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} = \frac{\varepsilon}{6 + 4} = \frac{\varepsilon}{10}, PR_1 = I_1^2 R_1 = \left(\frac{\varepsilon}{10}\right)^2 (6) \quad (1)$$

حالت دوم:

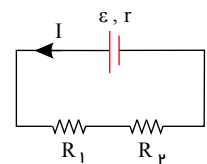
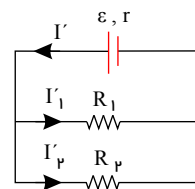
$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} = \frac{\varepsilon}{R_2 + 4}, PR_2 = I_2^2 R_2 = \frac{\varepsilon^2}{(R_2 + 4)^2} R_2 = \frac{2}{3} PR_1 \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \xrightarrow{\text{تقسیم (۲) به (۱)}} \frac{3}{2} = \frac{R_2}{(4 + R_2)^2} \times \frac{100}{6} \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 6\Omega \\ R_2' = 1\Omega \end{cases} \xrightarrow{\text{کمترین تغییر}} |6 - 1| = 5\Omega$$

۱۵۹. گزینه ۳

$$\text{شکل (الف)} \begin{cases} R_1 = R_2 = 5r \Rightarrow R_{eq} = 10r \\ I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{\varepsilon}{10r + r} = \frac{\varepsilon}{11r} \Rightarrow I_2 = I = \frac{\varepsilon}{11r} \end{cases}$$

$$\text{شکل (ب)} \begin{cases} R_{eq}' = \frac{5r}{2} \\ I' = \frac{\varepsilon}{\frac{5r}{2} + r} = \frac{2\varepsilon}{7r} \\ \Rightarrow I_1' = I_2' = \frac{I'}{2} = \frac{\varepsilon}{7r} \end{cases}$$



$$P = RI^2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1'} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \times \left(\frac{I_2}{I_1'}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1'} = 1 \times \left(\frac{11r}{7r}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1'} = \frac{49}{121}$$

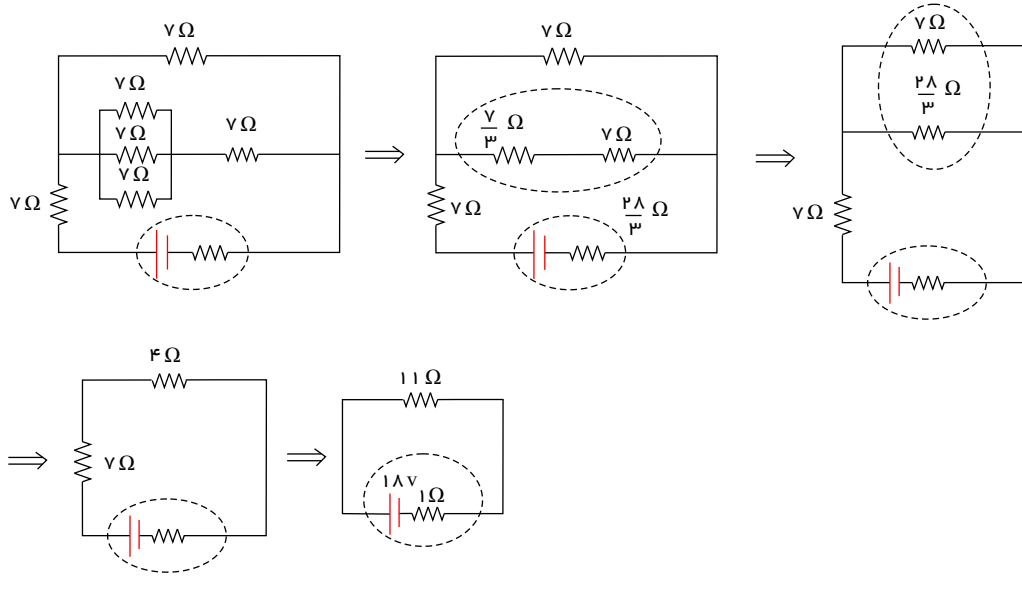
۱۶۰. گزینه ۲

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta q}{60} \Rightarrow \Delta q = 720 (c)$$

نکته: بار الکتریکی کمیته کوانتومی است، یعنی همواره مضربی از بار یک الکترون ($1.6 \times 10^{-19} (c)$) است.

$$\Delta q = n |e^-| \Rightarrow 720 = n \times 1.6 \times 10^{-19} (c) \Rightarrow n = \frac{720}{1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 4.5 \times 10^{+21}$$

۱۶۱. گزینه ۱ مدار را به صورت زیر ساده می کنیم:



$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{7} + \frac{3}{28}$$

$$\Rightarrow R' = \frac{28}{7}$$

$$= 4\Omega$$

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

$$R_{eq} = 11\Omega$$

$$\xrightarrow{I}$$

$$r = 1\Omega, \epsilon = 18V$$

$$= \frac{18}{12} = \frac{3}{2} A$$

$$rI^2 = 1$$

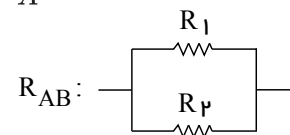
$$\times \left(\frac{3}{2}\right)^2$$

$$= \frac{9}{4} W$$

۱۶۲. گزینه ۱ می دانیم $R = \frac{\rho L}{A}$ است، پس مقاومت با طول سیم رابطه‌ی مستقیم دارد.

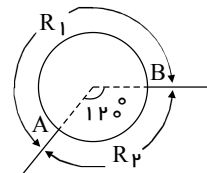
$$\frac{R_2}{R_{کل}} = \frac{120^\circ}{360^\circ} \Rightarrow \frac{R_2}{180\Omega} = \frac{1}{3} \Rightarrow R_2 = 60\Omega$$

$$R_1 = R_{کل} - R_2 = 180 - 60 = 120\Omega$$



بنابراین مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_t = \frac{120 \times 60}{120 + 60} = 40\Omega$$



۱۶۳. گزینه ۳ ابتدا مقاومت لامپ را حساب می کنیم.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{100}{20} = 5\Omega$$

$$I = \frac{\epsilon}{R+r} = \frac{10}{5+0} = 2A$$

سپس جریان مدار را به دست می آوریم:

صفحه ۳۸

$$q = It \Rightarrow ۸۴Ah = ۲A \times t \Rightarrow t = ۴۲h$$

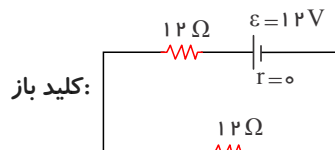
گزینه ۴

$$\left(R = \frac{\rho L}{A}, A = \pi \frac{D^2}{4} \right), \rho_A = \rho_B \text{ (هر دو مسی)}$$

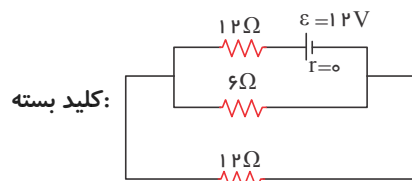
$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{۲}{۱} \times \left(\frac{۲}{۱} \right)^2 = ۸$$

۱۶۵. گزینه ۴ هنگامی که یک لامپ رشته‌ای روشن است، دمای آن بسیار بالاتر از دمای معمولی آن (در حالت خاموش) است. همچنین می‌دانیم مقاومت فلزات (از قبیل تنگستن استفاده شده در لامپ) با افزایش دما، افزایش می‌یابد. بنابراین زمانی که دانش آموز مقاومت یک لامپ خاموش را اندازه گیری می‌کند مقدار مقاومت لامپ را کمتر از مقدار واقعی به دست می‌آورد، در حالی که توان نوشته شده بر روی لامپ مربوط به حالتی است که لامپ روشن است.

گزینه ۳



$$IT_1 = \frac{\varepsilon}{R_{T1} + r} = \frac{۱۲}{۲۴} = ۰,۵A \rightarrow P_1 = \varepsilon I_1 = ۱۲ \times \frac{۱}{۲} = ۶W$$



$$IT_2 = \frac{\varepsilon}{R_{T2} + r} = \frac{۱۲}{۱۶} = ۰,۷۵A \rightarrow P_2 = \varepsilon I_2 = ۱۲ \times \frac{۳}{۴} = ۹W$$

۱۶۷. گزینه ۳ اگر کلید K را باز نماییم مقاومت معادل قسمتی از مدار که شامل مقاومت‌های R_1, R_2 است، زیاد می‌شود و مقاومت معادل مدار (R_T) نیز بیشتر خواهد شد.

$$\downarrow I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_T + r}$$

اگر ولتاژ دو سر R_1 را V_1 بنامیم، بنابر قانون ولتاژ می‌توان نوشت:

$$+\varepsilon - R_3 I - V_1 = 0 \Rightarrow V_1 = \varepsilon - R_3 I \quad (\text{اگر جریان } I \text{ کم شود مقدار } V_1 \text{ زیاد می‌شود.})$$

$$V_1 = R_1 I_1 \Rightarrow \uparrow I_1 = \frac{V_1 \uparrow}{R_1}$$

گزینه ۱

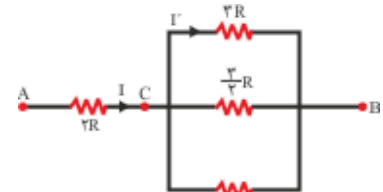
ولت سنج به طور سری به مدار بسته شده است و چون مقاومتش بسیار زیاد است، جریان الکتریکی در مدار صفر و عدد نشان داده شده به وسیله ولت سنج، همان نیرو محرکه‌ی مولد است.

$$I=0 \rightarrow V = \varepsilon - Ir \rightarrow V = \varepsilon = ۸V$$

گزینه ۲

$$\frac{1}{R_{CB}} = \frac{1}{۳R} + \frac{1}{\frac{۳}{۲}R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{۳R} + \frac{۲}{۳R} + \frac{1}{R} = \frac{۶}{۳R} = \frac{۲}{R} \Rightarrow R_{CB} = \frac{R}{۲}$$

$$V_{CB} = V_3 R \Rightarrow I \times \frac{R}{۲} = I' \times ۳R \Rightarrow I' = \frac{1}{۶} I$$



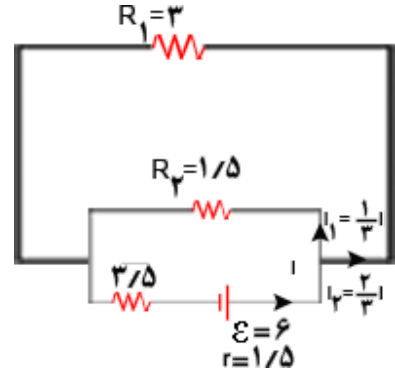
$$P = RI^2 \Rightarrow \frac{P_2 R}{P_3 R} = \frac{۲R}{۳R} \times \left(\frac{I}{I'} \right)^2 = \frac{۲}{۳} \times \left(\frac{I}{\frac{1}{۶} I} \right)^2 = \frac{۲}{۳} \times ۳۶ = ۲۴$$

گزینه ۲

اگر جریان عبوری از مولد را I در نظر بگیریم، از مقاومت های R_1 و R_2 (که در آن $\frac{R_1}{R_2} = 2$) به ترتیب جریان های $\frac{1}{3}I$ عبور می کند.

(در حلقه ی بیرونی) $\sum V = 0$

$$\Rightarrow -3,5I + 6 - 1,5I - 3 \times \frac{I}{3} = 0 \Rightarrow I = 1A \Rightarrow I_2 = \frac{2}{3} \times 1 = \frac{2}{3}A$$



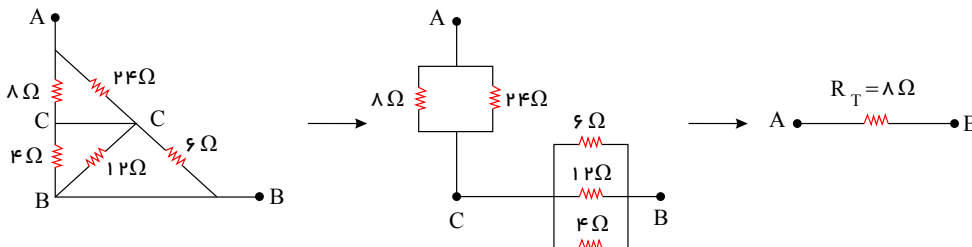
گزینه ۱

$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 9 \times 0,5 = 18 I_2 \Rightarrow I_2 = 0,25A \Rightarrow I_3 = I_1 + I_2 = 0,75A$$

$$V_4 = V_{AB} = V_{1,2,3} = R_{1,2,3} \times I_3 = \left(\frac{9 \times 18}{9 + 18} + 2 \right) \times 0,75 = 6V$$

$$P_4 = \frac{V_4^2}{R_4} = \frac{(6)^2}{4} = \frac{36}{4} = 9W$$

گزینه ۴ با نام گذاری محل گره ها، مدار را مطابق شکل ساده می کنیم:

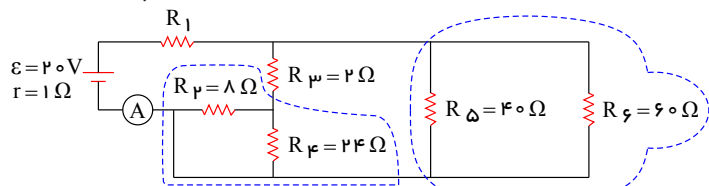


$$P_T = \frac{V^2}{R_T} = \frac{400}{8} = 50 W$$

گزینه ۱ برای محاسبه ی جریان آمپرسنج (که همان جریان خروجی از باتری است)، ابتدا مقاومت معادل دو سر باتری را به دست می آوریم.

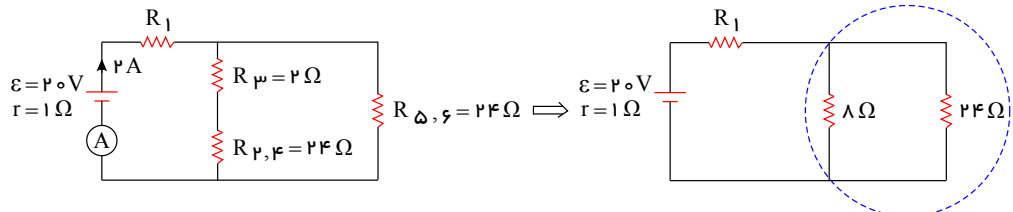
دقت کنید که مقاومت های R_2 و R_4 به صورت موازی به هم بسته شده اند:

$$\begin{cases} R_5 \text{ موازی با } R_6 \Rightarrow R_{5,6} = \frac{60 \times 40}{60 + 40} = 24 \Omega \\ R_2 \text{ موازی با } R_4 \Rightarrow R_{2,4} = \frac{24 \times 8}{24 + 8} = 6 \Omega \end{cases}$$



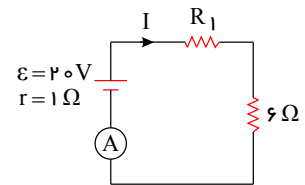
و این مدار به صورت زیر ساده می شود:

$$\frac{24 \times 8}{24 + 8} = 6 \Omega$$



صفحه ۴۰

$$\text{جریان آمپر سنج} = I = \frac{\varepsilon}{r + (R_1 + 6)} \Rightarrow 2 = \frac{20}{1 + (R_1 + 6)} \Rightarrow R_1 = 3\Omega$$



۱۷۴. گزینه ۳ اگر با ثابت ماندن جرم یا حجم یک سیم رسانا، تغییراتی روی طول یا سطح مقطع آن ایجاد کنیم می توان از تناسب زیر در مورد تغییرات مقاومت سیم استفاده کرد:

$$R \propto \left(\frac{L}{A}\right)^2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 \xrightarrow{A \propto D^2} \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

بنابراین در مورد اختلاف پتانسیل دو سر آن می توان گفت:

$$V = IR \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_2}{I_1} \times \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{8}$$

۱۷۵. گزینه ۱

چون جریان ورودی به رئوستا از C خارج می شود، (و نه از B) بنابراین جای لغزنده تأثیری در طول سیمی که جریان از آن عبور می کند ندارد. یعنی مقاومت رئوستا و در نتیجه مقاومت معادل مدار با حرکت لغزنده ثابت می ماند.

۱۷۶. گزینه ۱

مقاومت لامپ ثابت می ماند.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{36}{P_2} = \left(\frac{12}{8}\right)^2 \Rightarrow \frac{36}{P_2} = \frac{9}{4} \Rightarrow P_2 = 16W$$

۱۷۷. گزینه ۱

$$V_{\text{مولد}} = \varepsilon - rI = IR_T, \quad I = \frac{\varepsilon}{R_T + r}$$

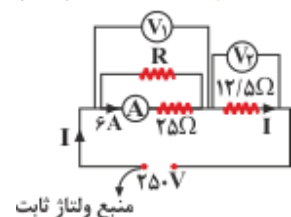
$$\text{کلید قبل از بستن کلید: } I_1 = \frac{\varepsilon}{1.5 + r} \Rightarrow V_1 = \frac{\varepsilon}{1.5 + r} \times 1.5$$

$$\text{کلید بعد از بستن کلید: } RT = \frac{3 \times 1.5}{3 + 1.5} = \frac{3 \times 1.5}{4.5} = 1\Omega \Rightarrow I_2 = \frac{\varepsilon}{1 + r} \Rightarrow V_2 = \frac{\varepsilon}{1 + r} \times 1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1\varepsilon}{1+r}}{\frac{1.5\varepsilon}{1.5+r}} = \frac{(1.5+r)(1)}{1.5(1+r)} = \frac{8}{9} \Rightarrow 12 + 12r = 13.5 + 9r \Rightarrow 3r = 1.5 \Rightarrow r = \frac{1}{2} = 0.5\Omega$$

۱۷۸. گزینه ۱ در شکل زیر اعداد ولت سنج های فرضی (۱) و (۲) عبارت است از:

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = VT \\ V_T = 250V \\ V_1 = 25 \times 6 = 150V, \quad V_2 = 12.5I \end{cases} \Rightarrow 150 + 12.5I = 250 \Rightarrow I = 8A$$



جریان کل مدار برابر ۸A و جریان عبوری از مقاومت R برابر ۲A بوده و می توان نوشت:

$$\begin{array}{c} R \\ \leftarrow 2A \right. \\ \leftarrow 8A \right. \\ \leftarrow 6A \right. \\ \leftarrow 25\Omega \end{array} \Rightarrow 2R = 6 \times 25 \Rightarrow R = 75\Omega$$

$$R \text{ توان مقاومت} \Rightarrow P = RI^2 = 75 \times 2^2 = 300W = 0.3kW, \quad t = 30 \text{ min} = \frac{1}{2}h$$

$$\text{انرژی مصرفی} \Rightarrow W = P \cdot t \Rightarrow W = 0.3 \times \frac{1}{2} = 0.15kWh$$

(t ← بر حسب ساعت / P ← بر حسب کیلووات / W ← بر حسب کیلووات ساعت)

۱۷۹. گزینه ۴ جریان عبوری از مقاومت ۵ اهمی جریان کل مدار یا جریان عبوری از مولد می باشد.

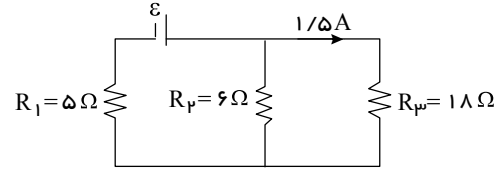
صفحه ۴۱

$$V_2 = V_3 \rightarrow R_2 I_2 = R_3 I_3 \rightarrow 6 \times I_2 = 18 \times 1,5$$

$$I_2 = 4,5 A$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4,5 + 1,5 = 6 A$$

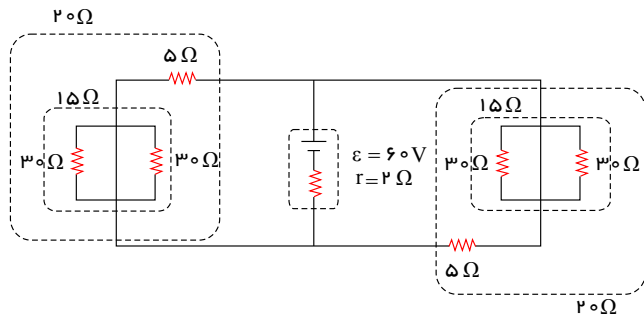
$$P_1 = R_1 I_1^2 \rightarrow P_1 = 5 \times 6^2 = 180 W$$



۱۸۰. گزینه ۴ با به دست آوردن جریان هر شاخه داریم:

$$\begin{cases} V_1 = V_2 = V_3 \\ I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{I}{6}, I_2 = \frac{I}{3}, I_3 = \frac{I}{2} \Rightarrow \frac{P_6}{P_4} = \frac{R_6 I_1^2}{R_4 I_3^2} = \frac{6 \times \frac{I^2}{36}}{4 \times \frac{I^2}{4}} = \frac{1}{24} \end{cases}$$

۱۸۱. گزینه ۱ شکل ساده شده‌ی مدار:



$$R_{eq} = 10 \Omega$$

$$I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r} = \frac{60}{10 + 2} = 5 A$$

$$P_{\text{مفید}} = \epsilon I - r I^2 = 60 \times 5 - 2 \times 25 = 250 W$$

۱۸۲. گزینه ۳ وقتی میدان الکتریکی را به یک فلز اعمال می‌کنیم، الکترون‌های آزاد با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان و با سرعتی معمولاً از مرتبه $1 \frac{mm}{s}$ سوق پیدا می‌کنند.

۱۸۳. گزینه ۴

$$\begin{cases} m_B = \frac{2}{3} m_A \Rightarrow \rho_B V_B = \frac{2}{3} \rho_A V_A \xrightarrow{V=AL} \frac{\rho_B}{3} A A L_B = \frac{2}{3} \rho_A A A L_A \xrightarrow{L_B=L_A} AB \\ m = \rho V \\ = 2 A A \end{cases}$$

اکنون با توجه به رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$ داریم:

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \xrightarrow{\frac{R_A=R_B}{L_A=L_B}} 1 = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times 1 \times \frac{A_A}{A_B}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A_B=2A_A} \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$$

۱۸۴. گزینه ۳ به کمک قانون اهم، $R = \frac{V}{I}$ و نیز رابطه‌ی مقاومت الکتریکی رساناها و با توجه به مشخصات ساختمانی آن‌ها

می‌توان نوشت: $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$ و نیز رابطه‌ی شدت جریان عبوری از سیم بر حسب تعداد الکترون‌های عبوری $R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{\pi r^2}$

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \rho \frac{L}{\pi r^2} = \frac{V}{\frac{ne}{t}} \Rightarrow \rho \frac{L}{\pi r^2} = \frac{Vt}{ne}$$

$$\xrightarrow{\rho_1 = \rho_2} \frac{n_1}{V_1 = V_2, t_1 = t_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \times \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{2r_2}{r_2}\right)^2 \times \frac{L_2}{2L_2} = 2$$

۱۸۵. گزینه ۳

$$R = \rho \frac{L}{A} \rightarrow R = 10^{-6} \times \frac{2}{\pi \times 10^{-2} \times 10^{-6}} = 10 \Omega$$

$$U = \frac{V^2}{R} t \rightarrow U = \frac{(200)^2}{10} \times \frac{20}{60} \times \frac{1}{1000} = \frac{4}{3} kWh$$

۱۸۶. گزینه ۴

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{q}{t} \\ W &= RI^2 t \end{aligned} \right\} W = R \left(\frac{q}{t} \right)^2 t = R \times \frac{q^2}{t} \Rightarrow 4000 = 5 \times \frac{40000}{t} \Rightarrow t = 50 \text{ s}$$

۱۸۷. گزینه ۴

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow 19 = 20 - 0.5I \Rightarrow I = 2A$$

$$V = RI \Rightarrow 19 = \left(2 + \frac{5R}{R+5} + 3.5 \right) \times 2 \Rightarrow \frac{5R}{R+5} = 4 \Rightarrow 5R = 4R + 20 \Rightarrow R = 20 \Omega$$

۱۸۸. گزینه ۴

$$2 \text{ مقاومت معادل شکل ۲} = RT_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow RT = \frac{6R_2}{6 + R_2}$$

$$1 \text{ مقاومت معادل شکل ۱} = RT_1 = 6 + R_2$$

$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{V_1=V_2} \frac{P_1}{P_2} = \frac{RT_2}{RT_1} \Rightarrow \frac{P_1}{4.5P_1} = \frac{\frac{6R_2}{6+R_2}}{6+R_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4.5} = \frac{6R_2}{(6+R_2)(R_2+6)} \Rightarrow 27R_2 = 36 + R_2^2 + 12R_2$$

$$R_2^2 - 15R_2 + 36 = 0 \Rightarrow (R_2 - 3)(R_2 - 12) = 0 \Rightarrow R_2 = 3 \Omega, R_2 = 12 \Omega$$

۱۸۹. گزینه ۴

$$R_1 = 10 + 20 = 30 \Rightarrow R' = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = \frac{30}{2+1} = 10 \Omega$$

$$R_2 = 15 + 5 = 20 \Rightarrow R'' = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = \frac{20}{4+1} = 4 \Omega$$

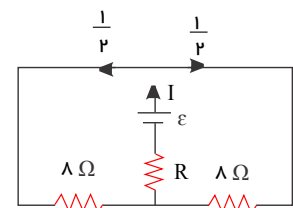
$$RT = 10 + 12 + 4 + 4 = 30 \Omega$$

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 30 \times 2 = 15 I_2 \Rightarrow I_2 = 4A \Rightarrow I = I_1 + I_2 = 2 + 4 = 6A$$

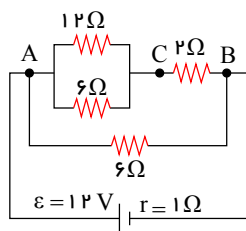
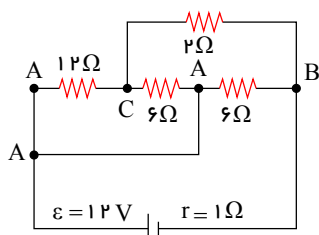
۱۹۰. گزینه ۲ جریانی I بین دو مقاومت موازی و مساوی ۸ اهمی به نسبت مساوی تقسیم می شود. پس جریانی گذرنده از مقاومت

های ۸ اهمی نصف جریانی در شاخه اصلی یعنی $\frac{I}{2}$ می باشد.

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



۱۹۱. گزینه ۱



$$R' = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4 \Omega, R'' = 4 + 2 = 6 \Omega \Rightarrow RT = \frac{6}{2} = 3 \Omega$$

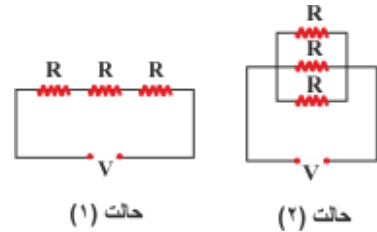
$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{RT + r} = \frac{12}{3 + 1} = 3A \Rightarrow P' = rI^2 = 1 \times 3^2 = 9W$$

صفحه ۴۳

۱۹۲. گزینه ۴ با مقایسه‌ی دو حالت و با توجه به یکسان بودن منبع ولتاژ در دو حالت می‌توان نوشت:

$$P = \frac{V^2}{RT} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{RT_1}{RT_2} = \frac{3R}{\frac{R}{3}} = 9 \Rightarrow P_2 = 9P_1$$

$$P_1 = 90W \Rightarrow P_2 = 810W$$



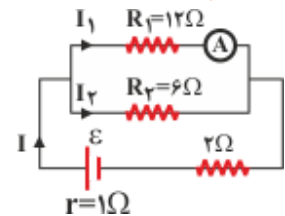
۱۹۳. گزینه ۱

$$\text{حالت اول: } I = \frac{\varepsilon}{RT+r} \Rightarrow 1 = \frac{\varepsilon}{12+2+1} \Rightarrow \varepsilon = 15V$$

$$\text{حالت دوم: } I = \frac{\varepsilon}{RT+r} \Rightarrow I = \frac{15}{4+2+1} = \frac{15}{7}A$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 12I_1 = 6I_2 \Rightarrow I_2 = 2I_1$$

$$I_1 + I_2 = \frac{15}{7} \Rightarrow I_1 + 2I_1 = \frac{15}{7} \Rightarrow 3I_1 = \frac{15}{7} \Rightarrow I_1 = \frac{5}{7}A$$



۱۹۴. گزینه ۱ با توجه به تقسیم I بین شاخه‌های A و B و رابطه عکس بین I و R در مقاومت‌های موازی می‌توان نتیجه گرفت:

$$R_A = 2R_B$$

همچنین با توجه به رابطه مقاومت با شرایط ساختمانی آن می‌توان گفت:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho A}{\rho B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \Rightarrow 2 = 3 \times 1 \times \frac{A_B}{A_A} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{3}{2}$$

۱۹۵. گزینه ۱

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{I}{\frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \left(\frac{D_A}{D_B} \right)^2 \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \left(\frac{0.2}{0.3} \right)^2 = \frac{4}{9}$$

$$V_A = V_B \Rightarrow R_A I_A = R_B I_B \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{I_A}{I_B} = \frac{4}{9}, I_A + I_B = 2.6A$$

$$I_A + \frac{9}{4}I_A = \frac{2}{6} \Rightarrow \frac{13}{4}I_A = \frac{2}{6} \Rightarrow I_A = 0.8A$$

۱۹۶. گزینه ۴ آمپرسنج ایده‌آل مقاومت الکتریکی ندارد و اگر با مقاومتی به صورت موازی بسته شود تمام جریان از آمپرسنج

می‌گذرد و دو سر مقاومت اتصال کوتاه می‌شود.

ولت‌سنج ایده‌آل دارای مقاومت الکتریکی بسیار زیاد است که جریان را از خود عبور نمی‌دهد و باید در مدار به صورت موازی بسته شود.

بنابراین از مقاومت‌های ۳ و ۵ اهمی جریانی نمی‌گذرد، داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{14}{2+4+1} = 2A$$

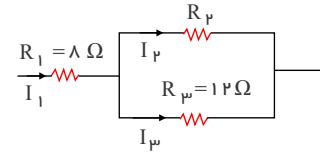
ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۲ اهمی را نشان می‌دهد:

$$V = IR = 2 \times 2 = 4V$$

صفحه ۴۴

۱۹۷. گزینه ۴ می‌دانیم اگر دو مقاومت به صورت سری (متوالی) به هم بسته شده باشند، جریان عبوری از آن‌ها یکسان بوده و برای مقایسه‌ی توان مصرفی آن‌ها از فرم مقایسه‌ای رابطه‌ی $P = RI^2$ استفاده می‌کنیم و چنانچه دو مقاومت به صورت موازی به هم بسته شده باشند، اختلاف پتانسیل یکسانی دارند و برای مقایسه‌ی توان مصرفی آن‌ها از فرم مقایسه‌ای رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ استفاده می‌کنیم. اکنون مطابق فرض مسئله داریم:

$$P = RI^2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_{2,3}} = \frac{R_1}{R_{2,3}} = \frac{\lambda}{R_{2,3}} \Rightarrow P_1 = \frac{\lambda}{R_{2,3}} P_{2,3} \quad (1)$$



برای دو مقاومت R_2 و R_3 می‌توان نوشت:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_3}{P_2} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{R_2}{12} \Rightarrow P_3 = \frac{R_2}{12} P_2 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} P_1 = \frac{\lambda}{R_{2,3}} (P_2 + \frac{R_2}{12} P_2) \xrightarrow{\text{فرض مسئله } U_1 = 3U_2 \Rightarrow P_1 = 3P_2} 3 = \frac{\lambda}{R_{2,3}} \left(\frac{12 + R_2}{12} \right)$$

$$\Rightarrow 36 \left(\frac{12 R_2}{12 + R_2} \right) = \lambda (12 + R_2) \Rightarrow 54 R_2 = (12 + R_2)^2 \Rightarrow R_2^2 - 30 R_2 + 144 = 0$$

$$\Rightarrow (R_2 - 6)(R_2 - 24) = 0 \Rightarrow R_2 = 6 \Omega, R_2 = 24 \Omega$$

بنابراین باتوجه به گزینه‌ها تنها گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح می‌باشد.

۱۹۸. گزینه ۱ بنا به رابطه‌ی $R = \rho \frac{L}{A}$ برای هر سه مقاومت داریم:

$$\begin{cases} RA = (1,5\rho) \frac{(2L)}{A} = 3\rho \frac{L}{A} \\ RB = (0,5\rho) \frac{L}{A} = 0,5\rho \frac{L}{A} \\ RC = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{A} \end{cases} \Rightarrow RA = 3RC, RC = 2RB$$

$$m_1 = m_2 \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{\frac{P_1 = P_2}{V = AL}} A_1 L_1 = A_2 L_2 \rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{گزینه ۲} \quad 199$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{l_2}{l_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{\frac{\rho_2 = \rho_1}{\frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1}}} \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2 \xrightarrow{R_3 = 12 R_1} \frac{16 R_1}{R_1} = \left(\frac{L_2}{10} \right)^2$$

$$\rightarrow 4 = \frac{L_2}{10} \rightarrow L_2 = 40 \text{ cm}$$

۲۰۰. گزینه ۱ طبق رابطه‌ی $\left(\frac{U}{t} = P \right)$ آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم همان توان مصرفی سیم می‌باشد. پس مطابق رابطه‌ی

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ ابتدا مقاومت الکتریکی سیم را به دست می‌آوریم:}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} = 1,7 \times 10^{-8} \times \frac{30}{3 \times (10^{-3})^2} = 0,17$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(17)^2}{0,17} = 1700 \text{ W}$$

صفحه ۴۵

۲۰۱. گزینه ۲ چون مقاومت آمپر سنج صفر است، پس دو مقاومت R_2 و R_3 اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می شوند. در این صورت فقط مقاومت R_1 در مدار می ماند.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1} = \frac{10}{2} = 5A$$

مقاومت معادل مقاومت های 10 و 40 اهمی که موازی اند. $R = \frac{40 \times 10}{40 + 10} = 8\Omega$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 8 اهمی $V = R_1 I_1 = 8 \times 2.5 = 20V$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow 3 = I_2 + 2.5 \Rightarrow I_2 = 0.5A$$

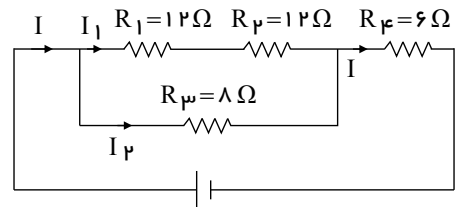
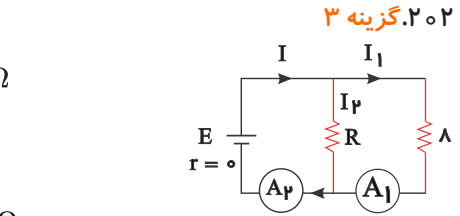
اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R $V = R I_2 \Rightarrow 20 = R \times 0.5 \Rightarrow R = 40\Omega$

$$R = \frac{40 \times 8}{40 + 8} = \frac{20}{3}\Omega$$

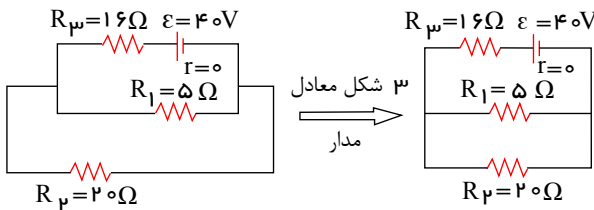
۲۰۳. گزینه ۴ اگر جریانی را که از مولد می گذرد I در نظر بگیریم، باتوجه به اینکه جریان بین مقاومت های موازی $(R_3 = 8, R_1 = 24)$ به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود. داریم:

$$I_2 = \frac{3}{4}I, I_1 = \frac{1}{4}I$$

$$\frac{P_{R_4}}{P_{R_1}} = \frac{R_4 I_2^2}{R_1 (\frac{1}{4}I)^2} = \frac{6I^2}{12 \times \frac{1}{16}I^2} = 8$$



۲۰۴. گزینه ۲ در ابتدا با ساده کردن مدار، مقاومت معادل و جریان خروجی از باتری را محاسبه می کنیم:



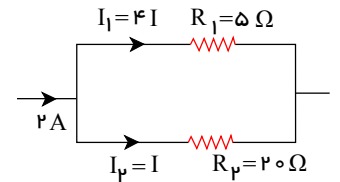
$$R_2 \text{ و } R_1 \text{ موازی هستند و حاصل با } R_3 \text{ سری است} \Rightarrow R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{5 \times 20}{5 + 20} + 16 = 20\Omega$$

$$I_{\text{کل}} = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{40}{20 + 0} = 2A$$

در ادامه جریان $2A$ را بین مقاومت های موازی 5Ω و 20Ω توزیع کرده و جریان I_1 را محاسبه می کنیم:

$$I_1 + I_2 = 2 \Rightarrow 5I = 2A \Rightarrow I = 0.4A$$

$$I_1 = 4 \times 0.4 = 1.6A$$

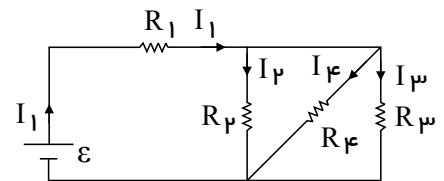


تذکر: در مقاومت های موازی، جریان عبوری از هر مقاومت با اندازه ی مقاومت رابطه ی معکوس دارد و از مقاومت بزرگتر جریان کمتر عبور می کند، بنابراین اگر جریان عبوری از مقاومت R_2 را I فرض کنیم، جریان عبوری از مقاومت R_1 برابر $4I$ است (دقت شود که R_1 برابر $\frac{1}{4} R_2$ است).

۲۰۵. گزینه ۳ اگر جریان عبوری از مولد را I_1 در نظر بگیریم در مورد جریان عبوری از دیگر مقاومت ها می توان گفت:

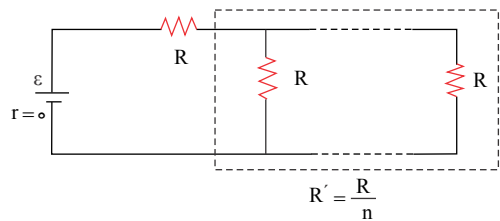
$$R_2 = R_3 = R_4 \Rightarrow I_2 = I_4 = I_3 = \frac{I_1}{3}$$

$$P = R I^2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_4} = \left(\frac{R_1}{R_4}\right) \left(\frac{I_1}{I_4}\right)^2 = \frac{4R}{R} \times \left(\frac{I_1}{\frac{I_1}{3}}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_4} = 36$$



۲۰۶. گزینه ۳ با توجه به شکل مدار، ابتدا مقاومت معادل مدار را در دو حالت حساب می کنیم:

$$RI_1 = R + \frac{R}{n}, \quad RI_2 = R + \frac{R}{(n+1)}$$



حال با استفاده از رابطه‌ی جریان در یک مدار تک حلقه می توان نوشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{RT+r} \xrightarrow{r=0} I = \frac{\varepsilon}{RT}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{RT_1}{RT_2} \Rightarrow \frac{16}{15} = \frac{R + \frac{R}{n}}{R + \frac{R}{n+1}} = \frac{(n+1)^2}{n(n+2)} \Rightarrow 16(n^2 + 2n) = 15(n+1)^2$$

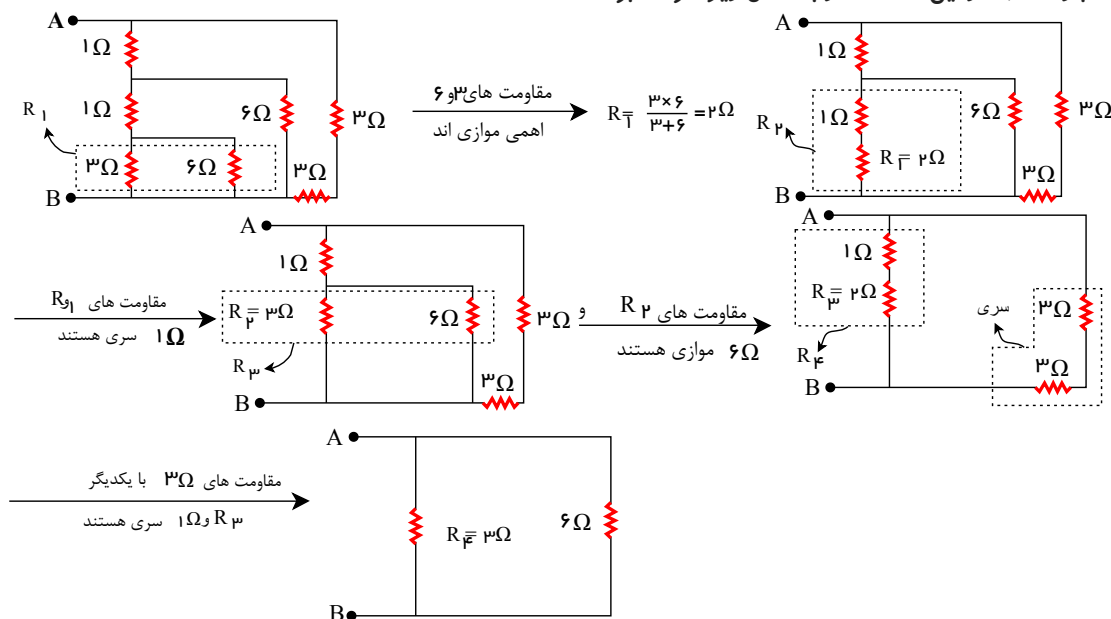
$$\Rightarrow n^2 + 2n - 15 = 0 \Rightarrow (n-3)(n+5) = 0 \Rightarrow n = 3$$

۲۰۷. گزینه ۳ با توجه به این که مقاومت‌ها به صورت موازی بسته شده‌اند پس اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از آن‌ها برابر ۳۰ ولت می باشد.

$$V = RI \Rightarrow 30 = \frac{3 \times R}{3+R} \times 15 \Rightarrow 6 + 2R = 3R \Rightarrow R = 6\Omega$$

۲۰۸. گزینه ۲ مدار را در دو حالت بررسی می کنیم:

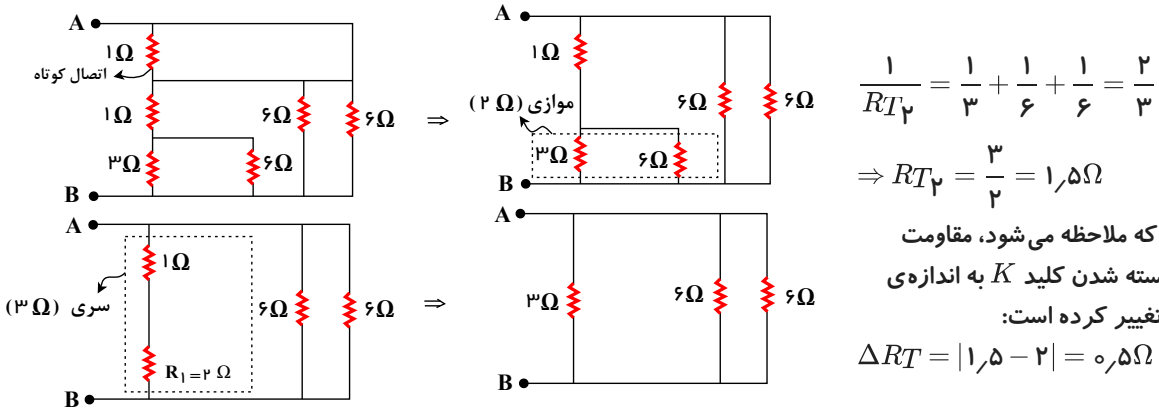
حالت ۱ (کلید K باز است): در این حالت مدار به شکل زیر خواهد بود:



در نهایت مقاومت معادل مجموعه برابر است با:

$$RT_1 = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2\Omega$$

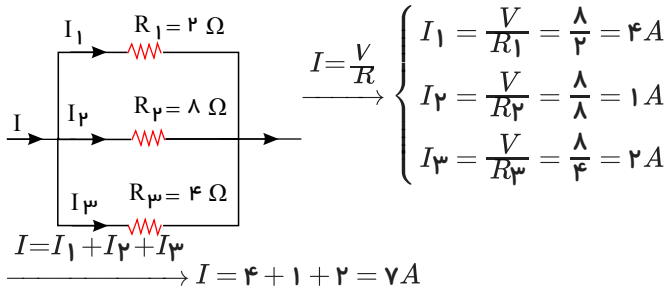
حالت ۲ (کلید K بسته است): در این حالت، با توجه به مدار زیر، دو سر مقاومت یک اهمی بالایی با یک سیم به یکدیگر متصل شده است، بنابراین این مقاومت اتصال کوتاه می شود:



۲۰۹. گزینه ۱ چون مقاومت‌ها به‌طور موازی به هم بسته شده‌اند، بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها با یکدیگر برابر است. مطابق

رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ ، چون حداکثر توان قابل تحمل تمام مقاومت‌ها یکسان است، بنابراین بیشینه‌ی ولتاژ دو سر مجموعه برابر با بیشینه‌ی ولتاژ دو سر کوچک‌ترین مقاومت است. بنابراین:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V^2 = P_{\max} \times R = 32 \times 2 = 64 \Rightarrow V = 8V$$



۲۱۰. گزینه ۳ چون در این سؤال مقاومت لامپ ثابت فرض شده است، پس با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ می‌توان نوشت:

$$P_2 = P_1 - 0,19P_1 = 0,81P_1$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{0,81P_1}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 0,9 \Rightarrow V_2 = 0,9 \times 200 = 180V$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 180 - 200 = -20V$$

۲۱۱. گزینه ۱ با توجه به این که دو سر مقاومت ۹ اهمی با یک سیم به هم وصل شده است پس هیچ جریانی از آن عبور نمی کند و انرژی نیز در آن مصرف نمی شود. توجه داشته باشید که در این حالت از مقاومت های ۹ اهمی و ۱۸ اهمی جریان عبور نمی کند و تمام جریان از سیم وسط که مقاومت آن صفر است، عبور خواهد کرد.

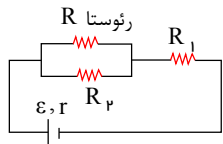
۲۱۲. گزینه ۲ روش اول: با افزایش مقاومت R_2 ، مقاومت معادل مدار نیز افزایش می یابد و به همین دلیل، شدت جریان کل (شدت جریان گذرنده از مولد) مدار کم می شود. با کاهش جریان، ولتاژ دو سر مولد با توجه به رابطه‌ی $V = \varepsilon - rI$ افزایش می یابد. و می توان نتیجه گرفت که $V_{2,3}$ افزایش یافته است. به دلیل موازی بودن دو مقاومت R_2 و R_3 این ولتاژ ($V_{2,3}$) ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت های R_2 و R_3 نیز هست.

روش دوم: اگر R_2 زیاد شود، مقاومت معادل مدار (R_T) نیز افزایش می یابد و بنابر رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R_T + r}$ مقدار I کم می شود. حال اگر R_1 را که با مولد متوالی است به مقاومت درونی مولد اضافه کنیم، ولتاژ دو سر R_2 و R_3 برابر با ولتاژ دو سر مولد خواهد شد و در مورد ولتاژ دو سر مولد نیز می توان گفت:

$$\uparrow V_{\text{مولد}} = \varepsilon - rI \downarrow$$

۲۱۳. گزینه ۱ با حرکت دادن لغزنده از C به D مقدار سیم مقاومت دار که در مدار است افزایش می یابد با افزایش یک مقاومت موجود در مدار، مقاومت کل زیاد می شود. در نتیجه جریان مدار و همچنین جریانی عبوری از مقاومت R_1 کاهش می یابد و توان مصرفی در آن کم می شود ($P \downarrow = RI^2 \downarrow$)

صفحه ۴۸



$$(\uparrow P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} \uparrow)$$

ولتاژ دو سر مولد افزایش می یابد ($\uparrow V = \varepsilon - rI \downarrow$).

ولتاژ دو سر مقاومت R_1 کم می شود ($\uparrow V_1 = RI_1 \downarrow$).

از آنجا که $\downarrow V = V_2 + V_1 \uparrow$ است. در نتیجه V_2 افزایش می یابد و توان P_2 زیاد می شود.

۲۱۴. گزینه ۴ با توجه به رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ بیشترین توان لامپ در شرایطی است که R کمترین باشد؛ از طرفی در اتصال موازی مقاومت ها، مقاومت معادل از هر یک از مقاومت ها کمتر است. پس بیشترین توان وقتی است که هر دو کلید بسته باشد:

$$R_{eq} = \frac{(100)^2}{250} = 40 \Omega$$

کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به فیلامان با مقاومت بیشتر بسته شده باشد:

$$R_1 = R_{max} = \frac{V^2}{P_{min}} = \frac{(100)^2}{50} = 200 \Omega$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{40} = \frac{1}{200} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{5}{200} - \frac{1}{200} \Rightarrow R_2 = 50 \Omega$$

۲۱۵. گزینه ۴ توان انتقال کابل های برق $P = VI$ خواهد بود.

$$P = 80 kW = 4 \times 10^5 I \Rightarrow I = 0.2 A$$

توان تلف شده در خطوط انتقال از رابطه $P' = RI^2$ به دست می آید بنابراین خواهیم داشت:

$$P' = 2.5 \times (0.2)^2 = 0.1 W$$