۱- ظرفیت یک خازن ..... .

۱) با بار الکتریکی خازن متناسب است

۲) با اختلاف پتانسیل دو سر خازن نسبت عکس دارد

۳) با مساحت صفحات که مقابل هم هستند متناسب است

۴) با بار الکتریکی نسبت مستقیم و اختلاف پتانسیل نسبت عکس دارد

ظرفیت خازن مسطح از رابطه $C = \varepsilon_{\circ} k\frac{A}{d}$ بدست می‌آید که با مقدار مساحت صفحات خازن (A) متناسب است. لذا گزینه ۳ صحیح است. توجه کنید که ظرفیت یک خازن به مشخصات خود خازن (مساحت صفحات، فاصله صفحات از یکدیگر (d)، جنس دی الکتریک خازن (k)) بستگی دارد و به مقدار بار الکتریکی روی صفحات و اختلاف پتانسیل دو سر خازن، بستگی ندارد.

۲- ابعاد یک مکعب مستطیل فلزی ۱ ، ۲ و ۴ سانتی متر است. این مکعب مستطیل را می‌توان از هر یک از دو وجه آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگترین مقاومت آن به کوچکترین مقاومت آن چند است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۴

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. مقاومت یک رسانا که دارای طول L و سطح مقطع A و ضریب مقاومت (مقاومت ویژه) ρ است از رابطه $R = \rho\frac{L}{A}$ بدست می‌آید. بنابراین بیشترین مقاومت وقتی حاصل می شود که از بیشترین طول و کمترین سطح مقطع استفاده شود و کمترین مقاومت وقتی حاصل می‌شود که از کمترین طول و بیشترین سطح مقطع استفاده شود.

$$\left.\begin{array}{l} A_{min} = ۲\times ۱ = ۲cm^{۲}\ ,\ L_{max} = ۴cm \Rightarrow R_{max} = \frac{۴}{۲}\rho \\ A_{max} = ۴\times ۲ = ۸cm^{۲}\ ,\ L_{min} = ۱cm \Rightarrow R_{min} = \frac{۱}{۸}\rho \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{\left(\frac{۴}{۲}\rho\right)}{\left(\frac{۱}{۸}\rho\right)} = ۱۶$$

۳- سه خازن به ظرفیتهای ۴، ۵ و ۶ میکروفاراد و یک منبع به اختلاف پتانسیل ۱۰۰ ولت در اختیار داریم. با اتصال مناسب خازنها، بیشترین انرژی ذخیره شده چند میلی ژول است؟

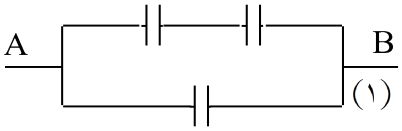
۱) ۱۶/۶ ۲) ۱۸ ۳) ۷۵ ۴) ۱۰۰

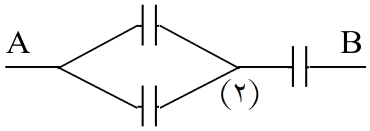
اگر ظرفیت معادل خازنهای متصل شده را C بنامیم، انرژی ذخیره شده از رابطهٔ $W = \frac{۱}{۲}CV^{۲}$ بدست می‌آید و چون V ثابت است، برای ذخیره کردن بیشترین انرژی، باید C بیشترین مقدار ممکن خود را داشته باشد و این در حالتی است که خازنها بطور موازی به هم بسته شده باشند. در این حالت، ظرفیت معادل آنها برابر است با:

$$C = ۴ + ۵ + ۶ = ۱۵\mu F \Rightarrow W = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲}\times ۱۵\mu\times ۱۰۰^{۲} = ۷/۵\times ۱۰^{۴}\mu J = ۷۵mJ$$

بنابراین گزینهٔ ۳ پاسخ صحیح است.

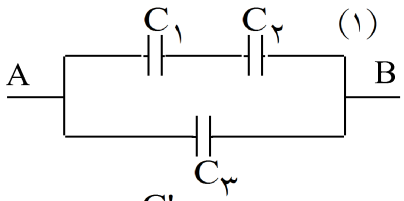
۴- سه خازن مشابه را یک‌بار مطابق شکل (۱) و بار دیگر مطابق شکل (۲) به هم بسته و به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم. نسبت انرژی ذخیره شده در خازنهای شکل (۱) به انرژی ذخیره شده در خازنهای شکل (۲) کدام است؟





۱) $\frac{۹}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۹}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

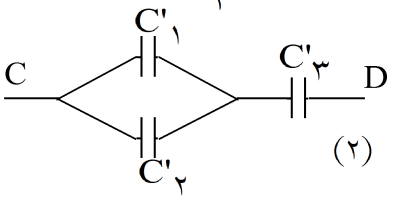
ظرفیت معادل مدار (۱) : خازن $C_۱$ با $C_۲$ سری است، پس خازن معادل آن:



$$\frac{۱}{C_{۱۲}}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}\Rightarrow C_{۱۲}=\frac{C_۱C_۲}{C_۱+C_۲}$$

خازن معادل $C_{۱۲}$ با $C_۳$ موازی است، پس خازن معادل مدار (۱):

$$C_{AB}=C_{۱۲}+C_۳=\frac{C_۱C_۲}{C_۱+C_۲}+C_۳$$



ظرفیت معادل مدار (۲) : خازن $C'_۱$ و $C'_۲$ موازی است. پس خازن معادل آن:

$$C'_{۱۲}=C'_۱+C'_۲$$

خازن معادل $C'_{۱۲}$ با $C'_۳$ برابر است:

$$\frac{۱}{C'_{CD}}=\frac{۱}{C'_{۱۲}}+\frac{۱}{C'_۳}\Rightarrow C_{CD}=\frac{(C'_۱+C'_۲)C'_۳}{C'_۱+C'_۲+C'_۳}$$

با توجه به اینکه کلیهٔ خازنها برابر با C می‌باشد، پس:

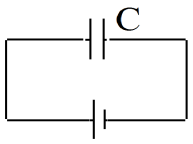
$$\left.\begin{aligned}C_{AB}&=\frac{C}{۲}+C=\frac{۳C}{۲}\\ C_{CD}&=\frac{۲C\times C}{۳C}=\frac{۲C}{۳}\end{aligned}\right\}\Rightarrow\frac{C_{AB}}{C_{CD}}=\frac{\frac{۳C}{۲}}{\frac{۲C}{۳}}=\frac{۹}{۴}$$

و چون داریم $E=\frac{۱}{۲}CV^۲$ و V ثابت است، پس:

$$\frac{E_۱}{E_۲}=\frac{C_۱}{C_۲}$$

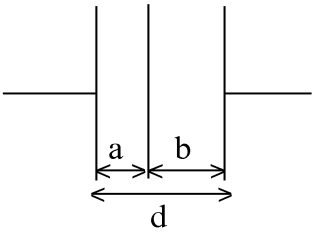
بنابراین گزینهٔ ۱ پاسخ صحیح است.

۵- در شکل مقابل اگر یک صفحه‌ی فلزی خیلی نازک بین دو صفحه خازن C قرار دهیم، ظرفیت و بار الکتریکی خازن به‌ترتیب:



۱) تغییر نمی‌کند، تغییر نمی‌کند
۲) زیاد می‌شود، زیاد می‌شود
۳) کم می‌شود، کم می‌شود
۴) تغییر نمی‌کند، زیاد می‌شود

در ابتدا و قبل از قرار دادن صفحه‌ی فلزی، ظرفیت خازن برابر با $k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ است. با ورود صفحه‌ی **فلزی** خازن به دو خازن متوالی تبدیل می‌شود که ظرفیت هر یک C_1 و C_2 به ترتیب برابرند با: $C_1= k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{a}$, $C_2= k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{b}$



و ظرفیت معادل آنها برابر است با:

$$C_T= \frac{C_1 C_2}{C_1+ C_2}= \frac{\left(k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{a}\right)\left(k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{b}\right)}{\left(k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{a}\right)+\left(k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{b}\right)}= \frac{\frac{\left(k\varepsilon_{\circ}A\right)^2}{ab}}{k\varepsilon_{\circ}A\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)}= \frac{\frac{k\varepsilon_{\circ}A}{ab}}{\frac{a+b}{ab}}= \frac{k\varepsilon_{\circ}A}{a+b}= k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

بنابراین ظرفیت معادل دو خازن جدید با ظرفیت خازن اول برابر است. و چون هم ظرفیت ثابت مانده و هم اختلاف پتانسیل، بنابراین بار کل ذخیره شده نیز ثابت مانده است. بنابراین گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

۶- سطح مشترک خازن مسطحی A و دی‌الکتریک آن هوا و بار ذخیره شده در هر صفحه q است. میدان الکتریکی بین دو صفحه برابر کدام است؟

۱) $E = \frac{\varepsilon_o q}{A}$ ۲) $E = \frac{q}{\varepsilon_o A}$ ۳) $E = \frac{Aq}{\varepsilon_o}$ ۴) $E = \frac{\varepsilon_o A}{q}$

میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ حاصل می‌شود که در آن V ولتاژ دو سر خازن و d فاصلهٔ دو صفحه است. با توجه به اینکه دی‌الکتریک خازن هوا است، ظرفیت آن برابر با $C = \varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ می‌باشد، پس:

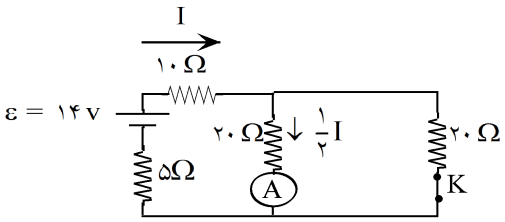
$$E = \frac{V}{d} = \frac{\frac{q}{C}}{d} = \frac{q}{Cd} = \frac{q}{\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}d} = \frac{q}{\varepsilon_{\circ}A}$$

بنابراین گزینهٔ ۲ پاسخ درست است.

۷- در مدار شکل مقابل با بستن کلید k جریانی که آمپر متر نشان می‌دهد:

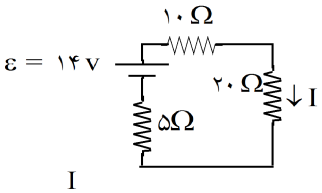
۱) ۰/۱۶A زیاد می‌شود. ۲) ۰/۱۲A کم می‌شود.

۳) ۰/۳A کم می‌شود. ۴) ۰/۲A زیاد می‌شود.

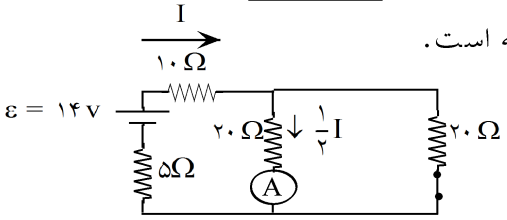


گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

وقتی کلید باز است: $I = \frac{۱۴}{۲۰ + ۱۰ + ۵} = \frac{۱۴}{۳۵} = \frac{۲}{۵} = ۰/۴A$



وقتی کلید بسته است: $I = \frac{۱۴}{۵ + ۱۰ + (۲۰ \parallel ۲۰)} = \frac{۱۴}{۲۵} = ۰/۵۶A$



$\frac{۱}{۲}I = ۰/۲۸A$

$۰/۴ - ۰/۲۸ = ۰/۱۲A$

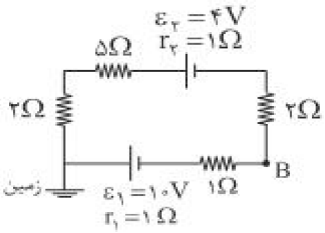
۸- در مدار شکل مقابل، پتانسیل نقطه‌ی B چند ولت است؟

۱) ۹/۵

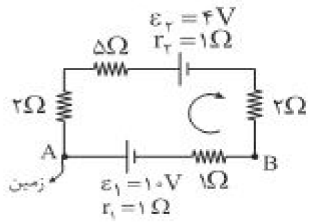
۲) -۹/۵

۳) ۹

۴) -۹



گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. برای حل، ابتدا جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم:

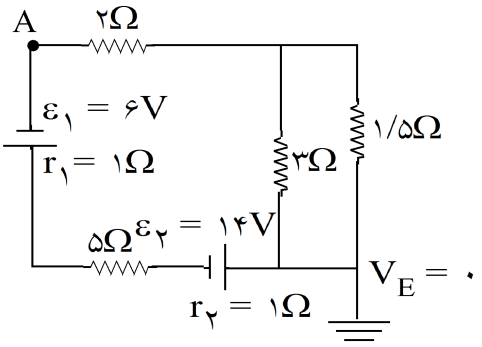


$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum (R + r)} = \frac{۱۰ - ۴}{۱۲} = \frac{۶}{۱۲} = ۰/۵A$$

حال از نقطه‌ی A تا B را به‌صورت پادساعتگرد طی می‌کنیم و داریم:

$$V_A - ۱۰ + ۱ \times ۰/۵ + ۱ \times ۰/۵ = V_B \text{ و } V_A = ۰ \Rightarrow V_B = -۹V$$

۹- در مدار روبه‌رو، پتانسیل نقطه‌ی A، چند ولت است؟



۱) ۶-
۲) ۶
۳) ۳۴-
۴) ۳۴

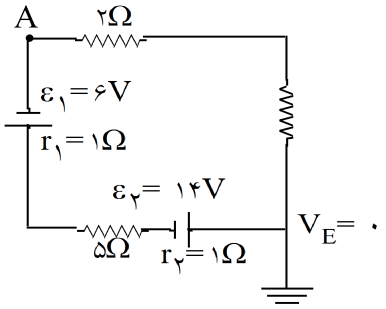
گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

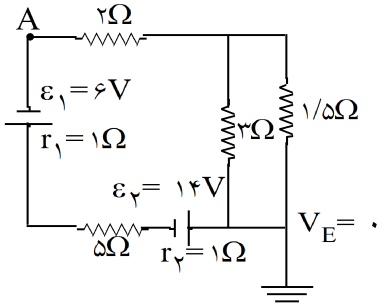
مقاومت معادل مقاومت‌های ۳ و ۱/۵ اهمی $= R' = \frac{۳ \times ۱/۵}{۳ + ۱/۵} = ۱\Omega$

$R_T = ۵ + ۲ + ۱ = ۸\Omega \quad \rightarrow I_T = \frac{\varepsilon_۲ + \varepsilon_۱}{R_T + r_۱ + r_۲} = \frac{۱۴ + ۱۶}{۸ + ۱ + ۱} = ۲A$ (پاد ساعت‌گرد)

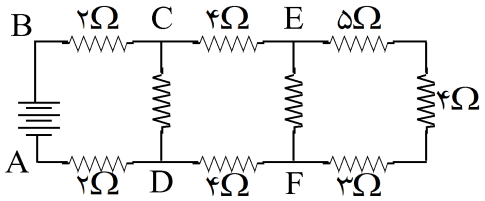
$V_A + \varepsilon_۱ - r_۱ I - ۵I + \varepsilon_۲ - r_۲ I = V_E \Rightarrow V_A + ۶ - ۱۴ + ۱۴ = ۰ \rightarrow V_A = -۶V$

یا $V_A + ۲ \times ۲ + ۱ \times ۲ = ۰ \rightarrow V_A = -۶V$





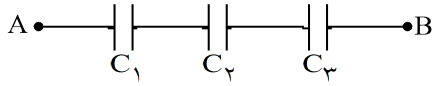
۱۰- در شکل روبه‌رو، اگر جریانی که از مقاومت ۵ اهمی می‌گذرد ۰/۵A باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی A و B چند ولت است؟



۱) ۴
۲) ۱۲
۳) ۲۶
۴) ۳۶

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. مقاومت معادل شاخه‌ای که مقاومت ۵ اهمی در آن قرار دارد، برابر با ۱۲Ω است و اگر از آن شاخه جریان ۰/۵ آمپر عبور کند، باید از مقاومت ۶ اهمی که بین دو نقطه‌ی E و F بسته شده است، جریان یک آمپر عبور کند. پس جریانی که به نقطه‌ی E می‌رسد برابر با ۱/۵ آمپر است. پس می‌توان نتیجه گرفت که از مقاومت‌های ۴ اهمی نیز جریان ۱/۵ آمپر می‌گذرد. بین دو نقطه‌ی C و D دو شاخه می‌توان در نظر گرفت که مقاومت یکی ۶ اهم و دیگری ۱۲ اهم است. از شاخه‌ای که معادل آن ۱۲ اهم است، جریان ۱/۵ آمپر می‌گذرد. پس از مقاومت ۶ اهمی بین C و D جریان $۱/۵ \times ۲ = ۳A$ می‌گذرد. در نتیجه جریان شاخه‌ای اصلی مدار برابر با $۱/۵ + ۳ = ۴A$ خواهد شد. اگر مقاومت معادل مدار را هم حساب کنیم برابر با $R_T = ۸\Omega$ می‌شود. در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر مدار به‌صورت زیر حساب می‌شود. ولت $= ۳۶ = (۸ \times ۴/۵) = RI = V$

۱۱- در شکل مقابل $C_۱=۲\mu F$, $C_۲=۴\mu F$, $C_۳=۸\mu F$ است و هر خازن حداکثر می‌تواند ۲۴ ولت را تحمل کند. بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که می‌توان بین دو نقطه‌ی A و B اعمال کرد تا خازن‌ها دچار فروشکست نشوند، چند ولت است؟

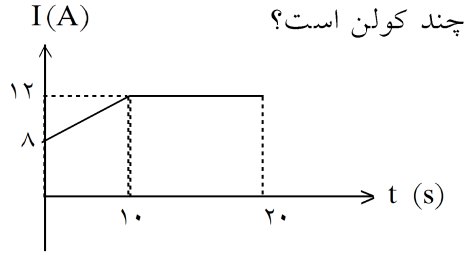


۱) ۲۴
۲) ۳۰
۳) ۳۲
۴) ۴۲

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. در مدار سری چون بارها با هم برابر است. هر خازنی که کم‌ترین ظرفیت را دارد دارای بیش‌ترین ولتاژ است، پس ۲۴ ولت متعلق به خازن $C_۱$ است و بارها نیز با هم برابرند:

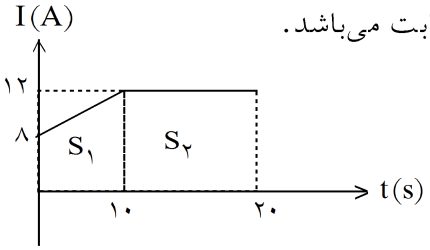
$$\begin{cases} q_۱=۲\times ۲۴=۴۸\mu C \\ V_۲=\frac{q}{C_۲}=\frac{۴۸}{۴}=۱۲V \\ V_۳=\frac{q}{C_۳}=\frac{۴۸}{۸}=۶V \end{cases} \Rightarrow V_t=V_۱+V_۲+V_۳=۲۴+۱۲+۶=۴۲V$$

۱۲- در نمودار شدت جریان نسبت به زمان شکل مقابل، بار عبوری در مدت ۲۰s چند کولن است؟



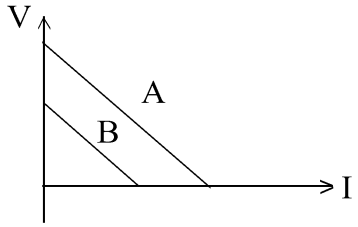
۱) ۲۲
۲) ۱۱
۳) ۲۲۰
۴) ۱۱۰

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به این‌که $q=It$ است، پس سطح زیر نمودار برابر بار عبوری در مدت معین می‌باشد. در ۱۰ ثانیه اول شدت جریان متغیر و در ۱۰ ثانیه بعدی شدت جریان ثابت می‌باشد.



$$\begin{cases} S_۱=(۸+۱۲)\times\frac{۱۰}{۲}=۱۰۰ \\ S_۲=۱۰\times ۱۲=۱۲۰ \\ q_t=۱۰۰+۱۲۰=۲۲۰C \end{cases} \Rightarrow q_t=S_۱+S_۲$$

۱۳- نمودار مقابل اختلاف پتانسیل دو سر مولدهای A و B را نسبت به شدت جریان عبوری از آن‌ها نشان می‌دهد. کدام گزینه مقایسه‌ی درستی بین نیروی محرکه و مقاومت درونی دو مولد است؟



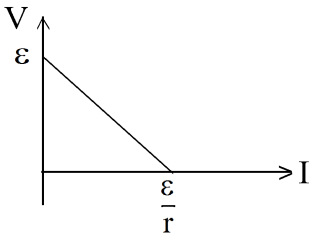
۱) $r_A = r_B \quad , \quad \varepsilon_A = \varepsilon_B$

۲) $r_A = r_B \quad , \quad \varepsilon_A > \varepsilon_B$

۳) $r_B > r_A \quad , \quad \varepsilon_A = \varepsilon_B$

۴) $r_A > r_B \quad , \quad \varepsilon_B > \varepsilon_A$

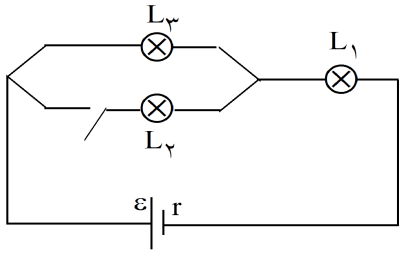
گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.



در نمودار مقابل شیب نمودار برابر منفی مقاومت درونی و محل تلاقی با محور ولتاژ برابر نیروی محرکه است چون شیب‌ها یکسان است، پس: $r_A = r_B$ ولی $\varepsilon_A > \varepsilon_B$ چون $V = \varepsilon - rI$ و می‌دانیم معادله‌ی شیب خط:

$$y\ a = mx + b \Rightarrow \begin{matrix} m \rightarrow \text{شیب} \\ b \rightarrow \text{عرض از مبدا} \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} m = -r \\ b = \varepsilon \end{matrix}$$

۱۴- در شکل مقابل با بستن کلید، به ترتیب از راست به چپ چه تغییری در روشنایی لامپ‌های L_1 و L_3 با مقاومت یکسان ایجاد می‌شود؟



۱) افزایش - کاهش

۲) کاهش - کاهش

۳) افزایش - افزایش

۴) کاهش - افزایش

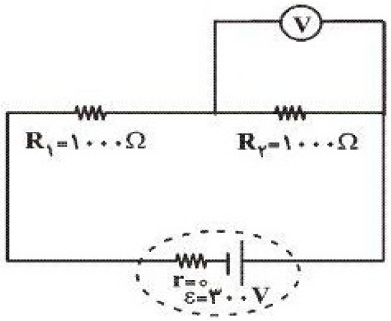
گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا وضع مقاومت معادل مدار و شدت جریان کل را بررسی می‌کنیم. چون مقاومت کل در اثر بستن کلید کاهش می‌یابد $I = \frac{\varepsilon}{\downarrow R+r} \uparrow$، شدت جریان کل مدار افزایش می‌یابد، پس L_1 که جریان کل از آن می‌گذرد پر نورتر می‌شود (جریان بیش‌تر، نور بیش‌تر) برای لامپ L_3 اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می‌یابد و چون این اختلاف پتانسیل دو سر L_1 و L_3 است:

$$\downarrow V = \varepsilon - \uparrow Ir$$

$$\downarrow V_t = \uparrow V_{L_1} + V_{L_3} \Rightarrow V_{L_3} \downarrow \Rightarrow \downarrow V_{L_3} = I_3 \times R_3 \xrightarrow{\text{ثابت } R_3} I_3 \downarrow$$

پس نور لامپ L_3 کاهش می‌یابد.

۱۵- در مدار شکل مقابل، اگر مقاومت ولت‌سنج ۱۰۰۰Ω باشد، عددی که ولت سنج نشان می‌دهد، چند ولت است؟



۱) ۳۰۰
۲) ۱۵۰
۳) ۱۰۰
۴) ۵۰

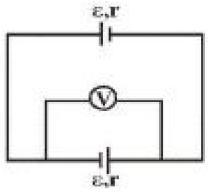
گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. مقاومت ولت‌سنج غیر ایده‌آل در مقایسه با مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ قابل چشم‌پوشی نیست. از این رو مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{۲,V}=\frac{۱۰۰۰}{۲}=۵۰۰\ \Omega, R_T=R_۱+R_{۲,V}=۱۰۰۰+۵۰۰=۱۵۰۰\ \Omega$$

بنابراین جریان اصلی مدار برابر $I=\frac{\varepsilon}{R_T+r}=\frac{۳۰۰}{۱۵۰۰+۰}=۰/۲A$ است و برای محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل دو سر ولت‌سنج داریم:

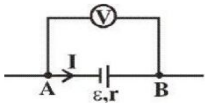
$$V=I_{۲.V}\times R_{۲.V}=۰/۲\times ۵۰۰=۱۰۰V$$

۱۶- مطابق مدار شکل زیر، دو مولد مشابه دارای نیروی محرکه‌ی ε و مقاومت درونی r به یک‌دیگر متصل شده‌اند. ولت‌سنج ایده‌آل کدام مقدار را نشان می‌دهد؟



۱) صفر
۲) ε
۳) ۲ε
۴) $\frac{\varepsilon}{۲}$

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این‌که جهت جریان عبوری از هریک از مولدها پاد ساعت‌گرد است، جهت جریان مدار نیز پاد ساعت‌گرد خواهد بود، در این حالت می‌توان نوشت:

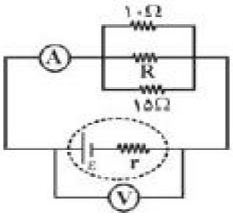


$$I=\frac{\sum\varepsilon}{R_T+\sum r}=\frac{۲\varepsilon}{۰+۲r}=\frac{\varepsilon}{r}$$

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولدها را نشان می‌دهد که برای مولد پایینی می‌توان نوشت:

$$V_A+\varepsilon-Ir=V_B \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{r}} V_A+\varepsilon-\frac{\varepsilon}{r}\times r=V_B \Rightarrow V_A-V_B=۰$$

۱۷- در مدار شکل زیر آمپرسنج ایده‌آل ۱۵ آمپر و ولت‌سنج ایده‌آل ۳۰ ولت را نشان می‌دهند. مقاومت R چند اهم است؟



۱) ۳
۲) ۶
۳) ۱۵
۴) ۳۰

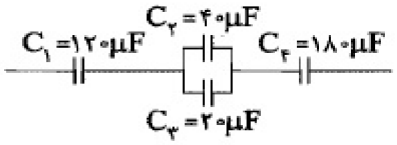
گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. اگر مقاومت معادل مدار را برابر با R_T فرض کنیم، آمپرسنج جریان گذرا از این مقاومت را نشان می‌دهد. هم‌چنین ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد. چون اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها برابر است، می‌توان نوشت:

$$V_T = I_T \times R_T \Rightarrow ۳۰ = ۱۵ \times R_T \Rightarrow R_T = ۲\Omega$$

و چون سه مقاومت مدار با هم موازی‌اند، داریم:

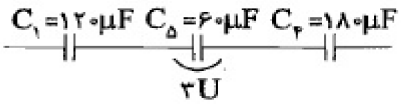
$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{۱۵} + \frac{۱}{۱۰} + \frac{۱}{R} \Rightarrow \frac{۱}{R} = \frac{۱}{۲} - \frac{۱}{۱۰} - \frac{۱}{۱۵} \Rightarrow R = ۳\Omega$$

۱۸- در مدار روبه‌رو، انرژی ذخیره‌شده در کدام‌یک از خازن‌ها بیش‌تر است؟



۱) $C_۱$ ۲) $C_۲$ ۳) $C_۳$ ۴) $C_۴$

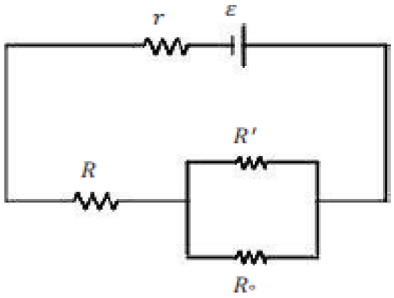
گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. تقسیم انرژی در خازن‌های موازی با ظرفیت رابطه‌ی مستقیم دارد. پس اگر انرژی ذخیره شده در خازن $C_۳ = ۲۰\mu F$ را U فرض کنیم انرژی ذخیره شده در خازن $C_۲ = ۴۰\mu F$ برابر $۲U$



خواهد بود و مدار به شکل روبه‌رو ساده می‌شود. تقسیم انرژی در خازن‌های سری با ظرفیت رابطه‌ی عکس دارد. پس انرژی ذخیره‌شده در خازن $C_۱ = ۱۲۰\mu F$ برابر با $\frac{۳}{۲}U = \frac{۱}{۲} \times ۳U$ و انرژی ذخیره شده در خازن $C_۴ = ۱۸۰\mu F$ برابر با $\frac{۱}{۳} \times ۳U = U$ خواهد بود.

با مقایسه‌ی انرژی ۴ خازن می‌توان نتیجه گرفت که انرژی ذخیره شده در خازن $C_۲$ از همه بیش‌تر است.

۱۹- در شکل روبه‌رو مقاومت R' را افزایش می‌دهیم. شدت جریان مقاومت‌های R و $R_۰$، به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟



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

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. اگر مقاومت R' افزایش یابد مقاومت کل مدار افزایش یافته و جریان کل کم می‌شود بنابراین جریان مقاومت R نیز کاهش می‌یابد:

باتری $V = \varepsilon - I_t r$
کاهش : I_t
$V_R = I_t R$
$\Rightarrow$ باتری V : افزایش

V_R : کاهش

$V_R + V_{R_۰} = V_{\text{باتری}} \Rightarrow V_{R_۰}$: افزایش $\Rightarrow$ $I_{R_۰}$ افزایش می یابد