پاسخنامه تشریحی

۱ . گزینه ۴ بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب صحیحی از بار پایه (e) است و اندازهٔ آن از رابطهٔ $q = \pm ne$ به‌دست می‌آید و داریم:

$$q = ne \rightarrow ۱ \times ۱۰^{-۶} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \rightarrow n = \frac{۱۰^{-۶}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۲}$$

بنابراین باید تعداد $۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۲}$ الکترون از سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+۱\mu C$ شود.

۲ . گزینه ۴ پس از تماس دو کرهٔ فلزی هم اندازه و مشابه ، بارهای آن ها با هم برابر می‌شوند. پس:

$$q_۱' = q_۲' = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۱۵ + ۵}{۲} = ۱۰\mu C$$

$$F = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q_۱'q_۲'}{q_۱q_۲} \times (\frac{r}{r'})^۲ \xrightarrow{r=r'} \frac{F'}{F} = \frac{۱۰ \times ۱۰}{۵ \times ۱۵} = \frac{۴}{۳}$$

$$\Rightarrow \Delta F = F' - F = \frac{۴}{۳}F - F \Rightarrow \Delta F = \frac{۱}{۳}F \times \%۱۰۰ \Rightarrow \Delta F = \%۳۳F$$

۳ . گزینه ۳ اگر بارهای الکتریکی را در حالت اول q بنامیم و از یکی $۰/۲۵q$ را برداشته و به دیگری بدهیم، بار کره‌ها به‌صورت $(q - ۰/۲۵q)$ و $(q + ۰/۲۵q)$ می‌شود، بنابراین:

$$F = k\frac{q_۱q_۲}{r^۲} = \frac{kq^۲}{r^۲}$$

$$F' = k\frac{(q - ۰/۲۵q)(q + ۰/۲۵q)}{r^۲} = k\frac{(q^۲ - \frac{۱}{۱۶}q^۲)}{r^۲} = \frac{۱۵}{۱۶}\frac{kq^۲}{r^۲} \Rightarrow F' = \frac{۱۵}{۱۶}F$$

راه حل دوم:

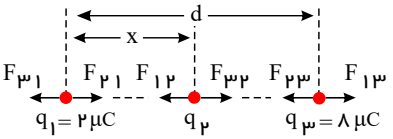
$$F = k\frac{q_۱q_۲}{r^۲} \Rightarrow F' = (\frac{۳}{۴} \times \frac{۵}{۴})F = \frac{۱۵}{۱۶}F$$

۴ . گزینه ۴ در اینجا بارها تغییرها نکرده‌اند، پس فقط تغییر فاصله در تغییر نیرو مؤثر است، یعنی:

$$F = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲} \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} \Rightarrow (\frac{r_۲}{r_۱})^۲ \Rightarrow \frac{F}{۲F} = (\frac{r_۲}{r})^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲} = (\frac{r_۲}{r})^۲ \Rightarrow \frac{۱}{\sqrt{۲}} = \frac{r_۲}{r}$$

$$r_۲ = \frac{r}{\sqrt{۲}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}r$$

۵ . گزینه ۳ با توجه به اینکه برایند نیروهای الکترواستاتیکی وارد بر هر یک از بارها برابر صفر است، پس علامت بار $q_۲$ منفی می‌باشد.



$$F_{۱۲} = F_{۳۲} \Rightarrow k\frac{۲ \times q_۲}{x^۲} = k\frac{۸ \times q_۲}{(d-x)^۲} \Rightarrow ۴x^۲ = (d-x)^۲ \quad (۱)$$

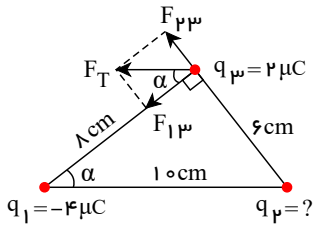
$$F_{۲۱} = F_{۳۱} \Rightarrow k\frac{۲ \times q_۲}{x^۲} = k\frac{۲ \times ۸}{d^۲} \Rightarrow q_۲ = ۸\frac{x^۲}{d^۲} \quad (۲)$$

رابطهٔ (۱) $\Rightarrow ۲x = d - x \Rightarrow ۳x = d \Rightarrow x = \frac{d}{۳}$

رابطهٔ (۲) $\Rightarrow q_۲ = ۸\frac{x^۲}{d^۲} = ۸\frac{\frac{d^۲}{۹}}{d^۲} = \frac{۸}{۹}\mu C$

چون بار $q_۲$ منفی است، پس $q_۲ = -\frac{۸}{۹}\mu C$ است.

۶ . گزینه ۴ با توجه به جهت نیروی برایند، $q_۲$ و $q_۳$ همنام و نیروی بین آنها رانشی است.

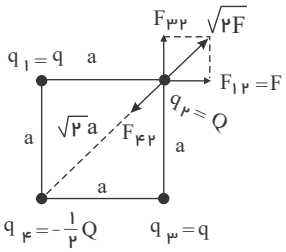


$$\tan\alpha = \frac{۶}{۸} = \frac{F_{۲۳}}{F_{۱۳}} \Rightarrow F_{۲۳} = \frac{۳}{۴}F_{۱۳}$$

$$k\frac{q_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲} = \frac{۳}{۴}k\frac{q_۱q_۳}{r_{۱۳}^۲} \Rightarrow \frac{q_۲}{۶^۲} = \frac{۳}{۴} \times \frac{۴}{۸^۲} \Rightarrow q_۲ = \frac{۳ \times ۳۶}{۶۴} = \frac{۲۷}{۱۶}\mu C$$

۷ . گزینه ۲

اگر فرض کنیم $Q > ۰$ آنگاه:



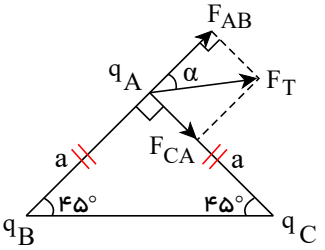
$$q_۲ = Q > ۰$$
$$q_۴ = -\frac{۱}{۲}Q < ۰$$

و برای خنثی شدن نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ می‌بایستی:

$$q_۳ > ۰, q_۱ > ۰ \Rightarrow q > ۰$$

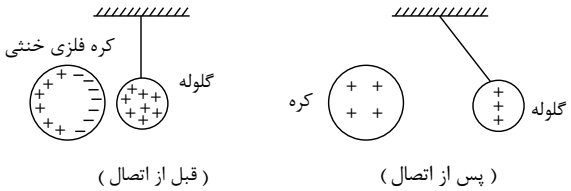
$$\begin{cases} \vec{F_{۴۲}} + \vec{F_{۱۲}} + \vec{F_{۳۲}} = \vec{۰} \\ |\vec{F_{۱۲}}| = |\vec{F_{۳۲}}| = F \end{cases} \Rightarrow \vec{F_{۴۲}} = -(\vec{F_{۱۲}} + \vec{F_{۳۲}}) \rightarrow |\vec{F_{۴۲}}| = |-(\vec{F_{۱۲}} + \vec{F_{۳۲}})| \rightarrow \frac{k|q_۴|q_۲}{(\sqrt{۲}a)^۲} = \sqrt{۲}F = \sqrt{۲}(\frac{kqq_۲}{a^۲}) \rightarrow \frac{k\frac{Q}{۲}Q}{۲a^۲} = \frac{\sqrt{۲}(kqQ)}{a^۲}$$
$$\rightarrow \frac{Q}{۴} = \sqrt{۲}q \rightarrow \frac{Q}{q} = ۴\sqrt{۲}$$

۸ . گزینه ۱



$$F_{CA} = \frac{kq_Aq_c}{r^۲} = \frac{k \times q \times q}{a^۲} = k\frac{q^۲}{a^۲} = F$$
$$F_{BA} = k\frac{q_Bq_A}{r^۲} = \frac{k \times \sqrt{۳}q \times q}{a^۲} = \sqrt{۳} \times k\frac{q^۲}{a^۲} = \sqrt{۳}F$$
$$\tan\alpha = \frac{F}{F\sqrt{۳}} = \frac{۱}{\sqrt{۳}} = \frac{\sqrt{۳}}{۳} \Rightarrow \alpha = ۳۰^\circ$$

۹ . گزینه ۱ اگر کرهٔ فلزی به گلوله فلزی نزدیک شود، بارهای کرهٔ فلزی به‌صورت تصویر زیر توزیع می‌شود و پس از آن بین بارهای مثبت گلولهٔ آویزان و بارهای منفی القاشده در سمت راست کره، نیروی جاذبه و بین بارهای مثبت گلوله و بارهای مثبت القاشده در سمت چپ کره نیروی دافعه به وجود می‌آید. چون فاصلهٔ بین بارهای مثبت و منفی کمتر است، پس نیروی جاذبه قوی‌تر می‌باشد. بنابراین گلوله جذب کره می‌شود. بعد از تماس بار مثبت گلوله بین کره و گلوله تقسیم شده و هر دو مثبت می‌شوند؛ بنابراین بارهای همنام به‌وجودآمده در کرهٔ فلزی و گلولهٔ فلزی یکدیگر را دفع می‌نمایند.



۱۰ . گزینه ۲

روش اوّل: با مقایسهٔ نیروی الکتریکی در دو حالت داریم:

$$F_۲ = F_۱ + ۰/۵۰F_۱ \Rightarrow F_۲ = \frac{۳}{۲}F_۱$$
$$k\frac{q_۱'q_۲'}{r^۲} = k\frac{q_۱q_۲}{r^۲} \times \frac{۳}{۲} \Rightarrow (۸-۲) \times (q_۲+۲) = ۸ \times q_۲ \times \frac{۳}{۲}$$
$$\Rightarrow ۶(q_۲+۲) = ۱۲q_۲ \Rightarrow q_۲ + ۲ = ۲q_۲ \Rightarrow q_۲ = ۲\mu C$$

روش دوم : وقتی تغییرات پارامتری به صورت درصدی بیان می شود، می توانیم مقدار اولیه را ۱۰۰ فرض کنیم و به همان مقدار تغییرات درصدی، از ۱۰۰ کم یا اضافه کنیم. بنابراین داریم :

۵۰$F \Rightarrow F = ۱۰۰ \Rightarrow F' = ۱۵۰$ درصد افزایش

۲۵ درصد یعنی $\frac{۱}{۴}$، پس ۲۵ درصد $q_۱$ می شود $۲ = ۸ \times \frac{۱}{۴}$. بنابراین $q_۲' = q_۲ + ۲$ و $q_۱' = ۶$ و داریم:

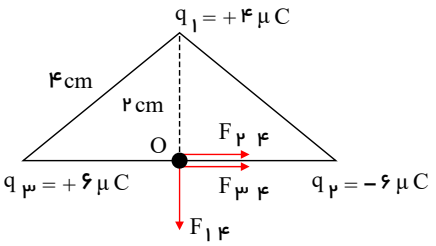
$$\frac{F'}{F} = \frac{q_۱'}{q_۱} \times \frac{q_۲'}{q_۲} \times (\frac{r'}{r})^۲ \Rightarrow \frac{۱۵۰}{۱۰۰} = \frac{۶}{۸} \times \frac{q_۲+۲}{q_۲} \Rightarrow q_۲ = ۲\mu C$$

۱۱ . گزینه ۴ ابتدا نیروی $F_{۳۴}$ و $F_{۲۴}$ را که مساوی و هم جهت هستند، حساب کرده و برایند می گیریم.

$$F_{۲۴}=F_{۳۴}=\frac{kq_۳q_۴}{r^۲}=\frac{۹\times۱۰^۹\times۶\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{\left(\sqrt{۱۲}\times۱۰^{-۲}\right)^۲}$$

$$=\frac{۵۴\times۱۰^{-۳}}{۱۲\times۱۰^{-۴}}=۴/۵\times۱۰^۱=۴۵N$$

$$F_{۲۳}=F_{۳۴}+F_{۲۴}=۴۵+۴۵=۹۰N$$



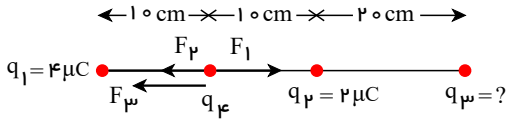
برای محاسبهٔ $F_{۱۴}$ ، ابتدا فاصلهٔ $q_۱$ و $q_۴$ را حساب می کنیم و داریم :

$$۴^۲=۲^۲+r^۲\Rightarrow r=\sqrt{۱۲}\Rightarrow F_{۱,۴}=\frac{kq_۱q_۴}{r^۲}=\frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{\left(۲\times۱۰^{-۲}\right)^۲}=\frac{۳۶\times۱۰^{-۳}}{۴\times۱۰^{-۴}}=۹۰N$$

در نهایت دو بردار عمود بر هم داریم ($F_{۱۴}$ و برآیند $F_{۲۴}, F_{۳۴}$) که برآیند آنها برابر است با:

$$F_T=\sqrt{(۹۰)^۲+(۹۰)^۲}\Rightarrow F_T=۹۰\sqrt{۲}N$$

۱۲ . گزینه ۱ اگر بار $q_۴$ را مثبت فرض کنیم، در این‌صورت بارهای $q_۱$ و $q_۲$ بار $q_۴$ را دفع می‌کنند و چون $q_۱>q_۲$ و $r_۱=r_۲$ است، پس $F_۱>F_۲$ است و $q_۳$ باید مثبت باشد. از طرفی نیروی بار $q_۱$ باید برایند نیروهای حاصل از بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را خنثی کند.



$$\Rightarrow F_۲+F_۳=F_۱\Rightarrow\frac{kq_۲q_۴}{(۰/۱)^۲}+\frac{kq_۳q_۴}{(۰/۳)^۲}$$

$$=\frac{kq_۱q_۴}{(۰/۱)^۲}\xrightarrow[\text{ساده شده اند}]{q_۴\ ,\ k}\frac{۲}{۰/۰۱}+\frac{q_۳}{۰/۰۹}=\frac{۴}{۰/۰۱}\Rightarrow q_۳=۱۸\mu C$$

۱۳ . گزینه ۴ اندازهٔ نیروی بین بارهای الکتریکی همنام $q_۱$ و $q_۲=۵q_۱$ از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

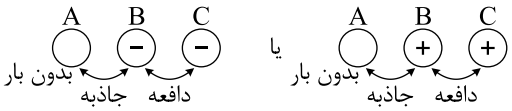
$$F=\frac{kq_۱q_۲}{r_۲}\ ,\ k=۹\times۱۰^۹\frac{N\cdot m^۲}{C^۲}\ ,\ r=۳m\ ,\ F=۰/۰۲N$$

$$۰/۰۲=\frac{۹\times۱۰^۹\times۵q_۱^{\ ۲}}{۳^۲}\Rightarrow q_۱^{\ ۲}=۴\times۱۰^{-۱۲}\Rightarrow q_۱=۲\times۱۰^{-۶}C=۲\mu C$$

۱۴ . گزینه ۴ اگر B و C یکدیگر را دفع کنند، قطعاً این دو گلوله باردار بوده و بار آن‌ها با یکدیگر همنام است (رد گزینهٔ ۲ و ۳). از طرفی گلولهٔ B جذب گلولهٔ A شده است. بنابراین گلولهٔ A باردار و بار آن با B ناهمنام است و یا بدون بار می‌باشد (توجه شود که یک گلولهٔ باردار، همواره یک گلولهٔ فلزی بدون بار را جذب می‌کند) و گزینهٔ ۴ می‌تواند صحیح باشد. دقت شود که در مورد مقدار بار گلوله‌ها نمی‌توان اظهار نظر کرد. (رد گزینهٔ ۱)

حالت‌های ممکن ⟹

(۱

(۲ 

۱۵ . گزینه ۲ در اینجا تغییر بار الکتریکی و تغییر در فاصله، همزمان باعث تغییر در نیروی الکتریکی شده‌اند، یعنی:

$$\frac{F'}{F}=\frac{q_۱'}{q_۱}\times\frac{q_۲'}{q_۲}\times\left(\frac{r}{r'}\right)\xrightarrow[\text{نصف } r]{\text{نصف } q_۱}\frac{F'}{F}=\frac{۱}{۲}\times۱\times\left(\frac{۱}{\frac{۱}{۲}}\right)^۲=۲$$

۱۶ . گزینه ۲ اگر مثلاً بار $q_۱$ را به اندازهٔ $۲\mu C$ اضافه کنیم، تبدیل به $q_۱'=q_۲+۲$ می شود. حال برای مقایسهٔ نیروی بین دوحالت داریم:

$$\frac{F'}{F}=\frac{q_۱'}{q_۱}\times\frac{q_۲'}{q_۲}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^۲\xrightarrow[F=۰/۲\ ,\ F'=۰/۳]{r=r'\ ,\ q_۲=q_۲'}\frac{۰/۳}{۰/۲}=\frac{q_۱+۲}{q_۱}\rightarrow\frac{۳}{۲}=\frac{q_۱+۲}{q_۱}$$

$$\xrightarrow{\text{طرفین وسطین}}۳q_۱=۲q_۱+۴\rightarrow q_۱=۴\mu C$$

۱۷ . گزینه ۲

روش اول:با استفاده از رابطهٔ نیروی الکتریکی می‌توان به حاصل‌ضرب اندازهٔ بارها و البته گزینهٔ درست دست‌یافت.

$$F=\frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲}\rightarrow۴=\frac{(۹\times۱۰^۹)\times|q_۱|\times|q_۲|\times۱۰^{-۱۲}}{(۰/۳)^۲}\rightarrow|q_۱||q_۲|=۴۰$$

که فقط درگزینهٔ (۲) حاصل‌ضرب اندازهٔ بارها برابر ۴۰ می‌باشد.

روش دوم:

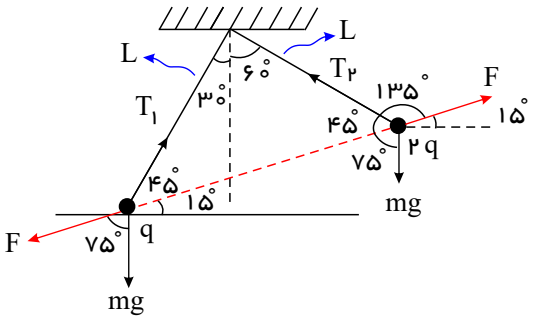
قبل از تماس: $F=\frac{kq_۱q_۲}{r^۲}\Rightarrow۴=\frac{۹\times۱۰^۹\times|q_۱q_۲|\times۱۰^{-۱۲}}{۹\times۱۰^{-۲}}\Rightarrow|q_۱q_۲|=۴۰\quad(۱)$

بعد از تماس : $q_۱'=q_۲'=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=۳\Rightarrow q_۱+q_۲=۶\quad(۲)$

$$\xrightarrow{(۱)\,,\,(۲)} \begin{cases} q_۱q_۲ = ۴۰ \\ q_۱ + q_۲ = ۶ \end{cases} \Rightarrow q_۱(q_۱ - ۶) = ۴۰ \Rightarrow q_۱^۲ - ۶q_۱ - ۴۰ = ۰$$

ریشه یا جواب این معادله برابر $۱۰\mu C$ و $-۴\mu C$ است.

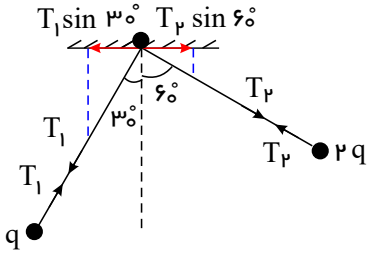
۱۸ . گزینه ۳ راه حل اول: با رسم نیروهای وارد بر هر یک از آونگ‌های باردار و با توجه به اینکه هر دو آونگ هم‌طول و در حال تعادل قرار دارند، با استفاده از قضیه سینوس‌ها داریم:



$$\begin{cases} \dfrac{T_۱}{\sin ۷۵^\circ} = \dfrac{F}{\sin ۱۵۰^\circ} \\ \dfrac{T_۲}{\sin ۱۰۵^\circ} = \dfrac{F}{\sin ۱۲۰} \end{cases} \xrightarrow{\sin ۱۰۵^\circ = \sin ۷۵^\circ} \frac{T_۱}{T_۲} = \frac{\sin ۱۲۰^\circ}{\sin ۱۵۰} = \frac{\sin ۶۰^\circ}{\sin ۳۰^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{\frac{۱}{۲}} = \sqrt{۳}$$

راه حل دوم: راه سریع‌تر استفاده از این نکته است که برایند نیروها در نقطه‌ی O محل اتصال نخ‌ها به سقف، باید صفر باشد. در نتیجه داریم:

$$T_۱ \sin ۳۰^\circ = T_۲ \sin ۶۰^\circ \Rightarrow \frac{T_۱}{T_۲} = \frac{\sin ۶۰^\circ}{\sin ۳۰^\circ} = \sqrt{۳}$$



۱۹ . گزینه ۲ هرگاه مجموع دو کمیت ثابت باشد، حاصل‌ضرب آنها زمانی بیشینه خواهد بود که دو مقدار با هم برابر باشند (این جا طبق پایستگی بار مجموع دو بار همواره ثابت است)

بنابراین نیروی کولنی بین دو بار باتوجه به رابطهٔ $F = k\frac{q'_۱q'_۲}{r^۲}$ زمانی بیشینه است که $q'_۱ = q'_۲$ باشد.

یعنی بار کل $q_۱ + q_۲ = q_۱ + ۲q_۱ = ۳q_۱$ به یک اندازه بین بارها تقسیم شود.

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{۳q_۱}{۲}$$

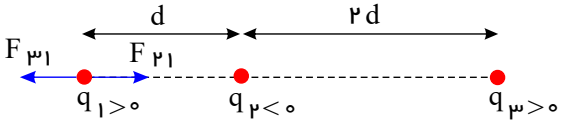
به عبارت دیگر بار جسم اول از $q_۱$ به $\frac{۳}{۲}q_۱$ افزایش یابد و به همین ترتیب بار جسم دوم از $۲q_۱$ به $\frac{۳}{۲}q_۱$ کاهش یابد.

درصد تغییرات بار جسم اول $\frac{\Delta q}{q_۱} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۳}{۲}q_۱ - q_۱}{q_۱} \times ۱۰۰ = \%۵۰$

درصد تغییرات بار جسم دوم $\frac{\Delta q}{q_۲} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۳}{۲}q_۱ - ۲q_۱}{۲q_۱} \times ۱۰۰ = -\frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = -\%۲۵$

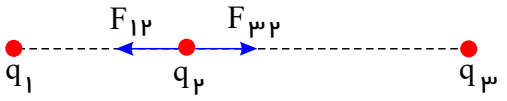
۲۰ . گزینه ۴ اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر $q_۱$ برابر است با:

$$F_{۲۱} = \frac{kq_۱q_۲}{d^۲} = \frac{kq_۱q_۱}{d^۲}$$
$$F_{۳۱} = \frac{kq_۱q_۳}{(۳d)^۲} = \frac{kq_۱q_۳}{۹d^۲} \Rightarrow F_{\text{خالص}q_۱} = \frac{kq_۱}{d^۲}(q_۱ - \frac{q_۳}{۹})$$



برآیند نیروهای وارد بر $q_۲$ برابر است با:

$$F_{۱۲} = \frac{kq_۱q_۲}{d^۲} = \frac{kq_۱q_۱}{d^۲}$$
$$F_{۳۲} = \frac{kq_۱q_۳}{(۲d)^۲} = \frac{kq_۱}{d^۲}\frac{q_۳}{۴} \Rightarrow F_{\text{خالص}q_۲} = \frac{kq_۱}{d^۲}(\frac{q_۳}{۴} - q_۱)$$

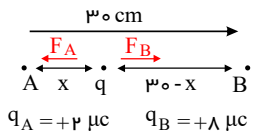


اندازهٔ این نیروهای برایند با یکدیگر برابر است. بنابراین داریم:

$$|\sum F_۲| = |\sum F_۱| \Rightarrow \frac{kq_۱}{d^۲}(q_۱ - \frac{q_۳}{۹}) = \frac{kq_۱}{d^۲}(\frac{q_۳}{۴} - q_۱) \Rightarrow q_۱ - \frac{q_۳}{۹} = \frac{q_۳}{۴} - q_۱ \Rightarrow ۲q_۱ - \frac{q_۳}{۴} = \frac{q_۳}{۹} \Rightarrow ۲q_۱ = \frac{۱۳q_۳}{۳۶} \Rightarrow \frac{q_۳}{q_۱} = \frac{۷۲}{۱۳}$$

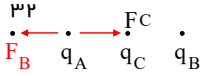
۲۱ . گزینه ۱ ابتدا بار q را در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که در حال تعادل باشد. (می دانیم که باید بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر باشد تا نیروها یکدیگر را خنثی کنند)

$$F_A = F_B \Rightarrow \frac{k \times q \times ۲}{x^۲} = \frac{k \times q \times ۸}{(۳۰ - x)^۲} \rightarrow \frac{۱}{x^۲} = \frac{۴}{(۳۰ - x)^۲}$$
$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{۱}{x} = \frac{۲}{۳۰ - x} \Rightarrow x = ۱۰\, cm$$



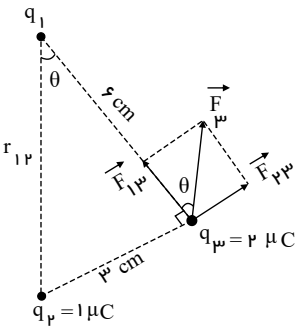
حالا که محل q_c معلوم شد شرط تعادل q_A یا q_B را هم چک می‌کنیم: (F_C باید جاذبه باشد تا F_B را خنثی کند پس q منفی است)

$$F_B = F_C \Rightarrow \frac{k \times ۸ \times ۲}{۳۰^۲} = \frac{k \times ۲ \times q}{۱۰^۲} \Rightarrow q = \frac{۸}{۹} \xrightarrow{\text{منفی}} q = -\frac{۸}{۹}\mu C$$



۲۲ . گزینه ۴ اگر نیروی $\vec{F}_۳$ (برایند نیروهای وارد بر بار $q_۳$) را مطابق شکل تجزیه کنیم، می‌توان نتیجه گرفت که بارهای $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام‌اند (چون هردو $q_۳$ را دفع کرده‌اند). از قاعدهٔ جمع برداری می‌توان نوشت:

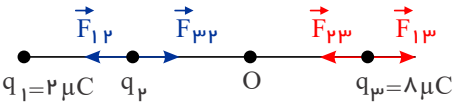
$$\left.\begin{aligned} F_{۲۳} &= F_۳ \sin\theta \\ F_{۲۳} &= \frac{kq_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{kq_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲} = F_۳ \sin\theta \quad (۱)$$



با محاسبه‌ی $r_{۱۲}$ داریم:

$$r_{۱۲} = \sqrt{۳^۲ + ۶^۲} = \sqrt{۴۵} = ۳\sqrt{۵}$$
$$\xrightarrow{(۱)} \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۱ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = F_۳ \times \frac{۳}{۳\sqrt{۵}} \Rightarrow ۲۰ = F_۳ \times \frac{۱}{\sqrt{۵}} \Rightarrow F_۳ = ۲۰\sqrt{۵}N$$

۲۳ . گزینه ۴ چون بارهای $q_۱$ و $q_۳$ همنام هستند، برای آنکه برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هریک از بارها صفر باشد، لازم است تا باری ناهمنام با آنها در فاصلهٔ بین آن دوبار قرار گیرد. پس مطابق شکل ابتدا شرط تعادل را برای بار $q_۲$ می‌نویسیم تا بتوانیم فاصله‌های مجهول را به‌دست آوریم، سپس شرط تعادل را برای یکی از بارهای $q_۱$ یا $q_۳$ نوشته تا بتوانیم اندازهٔ بار $q_۲$ را نیز محاسبه نمائیم.



$$F_{q_۲} = ۰ \Rightarrow F_{۱۲} = F_{۳۲} \Rightarrow \frac{kq_۱|q_۲|}{(r_{۱۲})^۲} = \frac{k|q_۲|q_۳}{(r_{۲۳})^۲}$$
$$\Rightarrow \frac{q_۱}{(r_{۱۲})^۲} = \frac{q_۳}{(r_{۲۳})^۲}$$

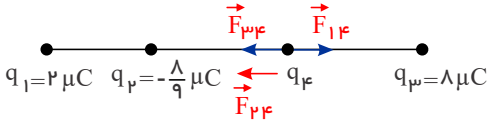
$$\Rightarrow \frac{۲}{(r_{۱۲})^۲} = \frac{۸}{(r_{۲۳})^۲} \Rightarrow ۴(r_{۱۲})^۲ = (r_{۲۳})^۲ \Rightarrow ۲r_{۱۲} = r_{۲۳}$$
$$\xrightarrow{r_{۲۳}=۳۰-r_{۱۲}} ۲r_{۱۲} = ۳۰ - r_{۱۲} \Rightarrow ۳r_{۱۲} = ۳۰ \Rightarrow r_{۱۲} = ۱۰cm$$

اکنون اگر شرط تعادل را برای بار $q_۳$ بنویسیم، خواهیم داشت:

$$F_{q_۳} = ۰ \Rightarrow F_{۲۳} = F_{۱۳} \Rightarrow \frac{k|q_۲|q_۳}{(r_{۲۳})^۲} = \frac{kq_۱q_۳}{(r_{۱۳})^۲} \Rightarrow \frac{|q_۲|}{۴۰۰} = \frac{۲}{۹۰۰} \Rightarrow |q_۲| = \frac{۸}{۹}\mu C$$
$$\xrightarrow{q_۲<۰} q_۲ = -\frac{۸}{۹}\mu C$$

با قرار دادن بار $q_۴$ در نقطهٔ o و رسم نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر، برایند نیروهای وارد بر آن برابر است با:

$$F_T = F_{۳۴} + F_{۲۴} - F_{۱۴}$$



$$F_T = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۸ \times ۱ \times ۱۰^{-۱۲}}{۱۰^{-۲}} + \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۸}{۹} \times ۱ \times ۱۰^{-۱۲}}{۱۰^{-۲}} - \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۲ \times ۱ \times ۱۰^{-۱۲}}{۴ \times ۱۰^{-۲}}$$

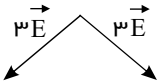
$$F_T = ۷/۲ + ۰/۸ - ۰/۴۵ = ۷/۵۵N$$

۲۴ . گزینه ۲

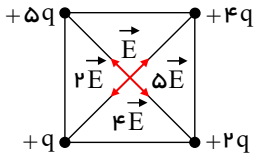
$$\frac{F'}{F}=\frac{(q-x)(q+x)}{q\times q}\times(\frac{r}{r'})^{۲}\Rightarrow\frac{۴۸}{۱۰۰}=\frac{q^{۲}-x^{۲}}{q^{۲}}\times(\frac{۱۰۰}{۱۲۵})^{۲}$$

$$\Rightarrow\frac{q^{۲}-x^{۲}}{q^{۲}}=\frac{۱۲}{۱۶}=\frac{۳}{۴}\Rightarrow ۳q^{۲}=۴q^{۲}-۴x^{۲}\Rightarrow ۴x^{۲}=q^{۲}\Rightarrow x=\frac{۱}{۲}q\xrightarrow{\times ۱۰۰\%}۵۰\%\,q$$

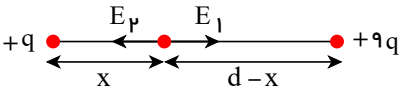
۲۵ . گزینه ۴ با توجه به شکل، در ابتدا میدان حاصل از هر بارالکتریکی را در مرکز مربع تعیین کرده، سپس برایند میدان‌های هم‌راستا و بعد از آن برایند نهایی را محاسبه می‌کنیم.



$$E'^{۲}=(۳E)^{۲}+(۳E)^{۲}$$
$$E'^{۲}=۹E^{۲}+۹E^{۲}=۱۸E^{۲}$$
$$E'=۳\sqrt{۲}E$$



۲۶ . گزینه ۱ شرط صفر شدن میدان برایند این است که میدان ها یکدیگر را خنثی کنند که در این صورت باید میدان ها خلاف جهت و مساوی باشند بنابراین:



$$E=\frac{kq}{r^{۲}}\Rightarrow\begin{cases}E_{۱}=\frac{kq}{x^{۲}}\\ E_{۲}=\frac{k(۹q)}{(d-x)^{۲}}\end{cases}\Rightarrow\frac{kq}{x^{۲}}=\frac{k(۹q)}{(d-x)^{۲}}$$

$$۹x^{۲}=(d-x)^{۲}\Rightarrow ۳x=d-x\Rightarrow ۴x=d\Rightarrow x=\frac{d}{۴}$$

نکته: می توانیم ازفرمول زیر هم کمک بگیریم

فاصله محلی که میدان صفر می شود از بار کوچکتر $x=\frac{d}{\sqrt{\frac{q_{ب}}{q_{ی}}}\pm ۱}$ $\xrightarrow[\text{بارهمنام ی}q\text{ کوچک}]{\text{+بارهمنام ب}q\text{ بزرگ}}$ $x=\frac{d}{\sqrt{\frac{۹q}{q}}+۱}=\frac{d}{۴}$

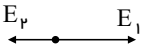
۲۷ . گزینه ۱ در اینجا فقط با تغییر فاصله، میدان تغییر می‌کند، بنابراین داریم:

$$E=\frac{kq}{r^{۲}}\Rightarrow\frac{E_{۱}}{E_{۲}}=(\frac{r_{۲}}{r_{۱}})^{۲}\Rightarrow\frac{۱۸}{۸}=(\frac{r_{۲}}{۲۰})^{۲}\Rightarrow\frac{۹}{۴}=(\frac{r_{۲}}{۲۰})^{۲}\Rightarrow\frac{۳}{۲}=\frac{r_{۲}}{۲۰}\Rightarrow r_{۲}=۳۰cm$$
$$\Delta r=r_{۲}-r_{۱}=۳۰-۲۰=۱۰cm$$

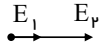
توجه کنید که سؤال گفته چند سانتی‌متر دور شویم.

۲۸ . گزینه ۴

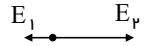
گزینه (۱) می‌تواند صحیح باشد اگر: $q_{۲}<۰\ ,\ q_{۱}>q_{۲}\ \ ,\ \ E_{۱}>E_{۲},q_{۱}$



گزینه (۲) می‌تواند صحیح باشد اگر: $q_{۱}<۰\ ,\ q_{۲}>۰$

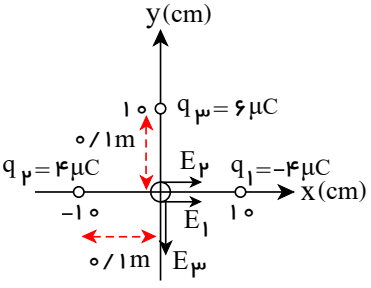


گزینه (۳) می‌تواند صحیح باشد اگر: $q_{۱},q_{۲}>۰\ ,\ q_{۲}>q_{۱}$



۲۹ . گزینه ۲ چون خطوط میدان خروجی می‌باشد، بنابراین هر دو بار مثبت هستند.

۳۰ . گزینه ۳ برای محاسبهٔ میدان الکتریکی در مبدأ، یک بار مثبت فرضی در آن قرار می‌دهیم، به طوری که میدان دو بار الکتریکی در جهت نیرویی است که به بار مثبت فرضی وارد می‌کند؛ بنابراین میدان الکتریکی ناشی از بارهای $q_{۱}$ و $q_{۲}$ در مبدأ مختصات هم‌جهت و در راستای محور x می باشد. بنابراین میدان حاصل از آنها با هم جمع می‌شود.



$$\vec{E}_{x}=\vec{E}_{۲}+\vec{E}_{۱}=(\frac{kq_{۲}}{r_{۲}^{۲}}+\frac{kq_{۱}}{r_{۱}^{۲}})\vec{i}$$
$$=۲(\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۰/۱)^{۲}})\vec{i}=۷/۲\times۱۰^{۶}\vec{i}$$

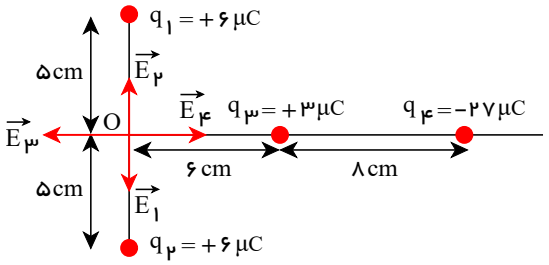
همچنین میدان ناشی از بار $q_{۳}$ در مبدأ مختصات در خلاف‌جهت محور y است و داریم:

$$\vec{E}_{y}=(\frac{kq_{۳}}{r_{۳}^{۲}})(-\vec{j})=(\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۶\times۱۰^{-۶}}{(۰/۱)^{۲}})(-\vec{j})=-۵/۴\times۱۰^{۶}j$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$\vec{E}=\vec{E}_{x}+\vec{E}_{y}=(۷/۲\vec{i}-۵/۴\vec{j})\times۱۰^{۶}$$

۳۱ . گزینه ۱ برای حل ابتدا توجه شود که میدان بارهای q_1 و q_2 در O ، یکدیگر را خنثی می‌کنند ($E_1 = E_2$ و خلاف جهت). از طرفی برای آنکه میدان برایند در نقطهٔ O صفر شود، لازم است تا $E_3 = E_4$ و خلاف جهت باشند؛ پس :



$$\left|\overrightarrow{E_3}\right| = \left|\overrightarrow{E_4}\right| \Rightarrow k\frac{q_3}{r_3^2} = k\frac{q_4}{r_4^2} \Rightarrow \frac{3}{6^2} = \frac{27}{(x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{3}{(x)} \Rightarrow x = 18cm$$

فاصلهٔ اولیهٔ بار q_4 از نقطهٔ O، $14cm$ است که حالا باید $18cm$ شود. بنابراین بار q_4 را باید به اندازهٔ ۴ سانتی‌متر به‌سمت راست جابه‌جا کنیم.

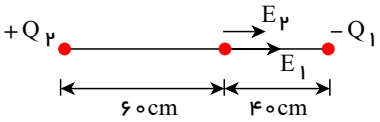
۳۲ . گزینه ۲

میدان الکتریکی در اطراف یک بار نقطه‌ای با مربع فاصله از بار، نسبت عکس دارد.

مقایسهٔ میدان در دو حالت :

$$E = \frac{kq}{r^2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{250}{160} = \left(\frac{r+10}{r}\right)^2 \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{r+10}{r} \Rightarrow r = 40cm$$

۳۳ . گزینه ۳ دقت کنید که میدان الکتریکی کمیتی برداری است، پس وقتی ذکر می‌شود که میدان‌ها برابرند، یعنی هم‌اندازه و هم‌جهت هستند.

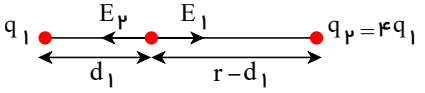


$$E = k\frac{q}{r^2} \rightarrow \begin{cases} E_1 = k\dfrac{Q_1}{(0/4)^2} \\ E_2 = k\dfrac{Q_2}{(0/6)^2} \end{cases} \rightarrow k\frac{Q_1}{(0/4)^2} = k\frac{Q_2}{(0/6)^2}$$

$$\rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{0/6}{0/4}\right)^2 = \frac{9}{4} = 2/25$$

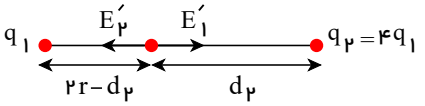
۳۴ . گزینه ۴ چون دو بار q_1 و q_2 هم‌علامت‌اند، نقطه‌ای که میدان الکتریکی ناشی از دو بار در آن صفر است، روی خط واصل دو بار و بین دو بار قرار دارد:

در حالت اول، باتوجه به شکل، داریم:



$$E_1 = E_2 \rightarrow \frac{kq_1}{d_1^2} = \frac{kq_2}{(r-d_1)^2} \rightarrow \frac{kq_1}{d_1^2} = \frac{k(4q_1)}{(r-d_1)^2} \rightarrow \frac{1}{d_1} = \frac{2}{r-d_1} \rightarrow 2d_1 = r - d_1 \rightarrow d_1 = \frac{r}{3}$$

در حالت دوم که فاصلهٔ بارها ۲ برابر می‌شود، می‌توان نوشت:



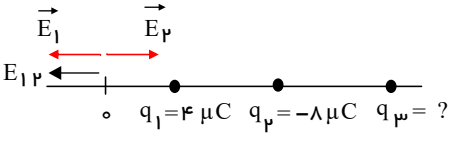
$$E'_1 = E'_2 \rightarrow \frac{kq_1}{(2r-d_2)^2} = \frac{kq_2}{d_2^2} \rightarrow \frac{kq_1}{(2r-d_2)^2} = \frac{k(4q_1)}{d_2^2}$$

$$\rightarrow d_2 = 4r - 2d_2 \rightarrow d_2 = \frac{4r}{3}$$

سؤال نسبت این دو مقدار را خواسته است:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\frac{4r}{3}}{\frac{r}{3}} \rightarrow \frac{d_2}{d_1} = 4$$

۳۵ . گزینه ۲ ابتدا برایند دو میدان $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ را حساب می‌کنیم؛ سپس میدان را طوری مشخص می‌کنیم که برایند $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ را خنثی کند.



$$E = \frac{kq_1}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \dfrac{9\times10^9\times4\times10^{-6}}{36\times10^{-4}} = 10^7\dfrac{N}{C} \\ E_2 = \dfrac{9\times10^9\times8\times10^{-6}}{144\times10^{-4}} = \dfrac{1}{2}\times10^7\dfrac{N}{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_{12} = E_1 - E_2 = \frac{1}{2}\times10^{-7}$$

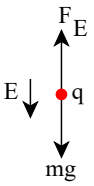
بنابراین اگر بخواهیم میدان برایند درنقطهٔ $x = 0$، صفرشود، باید $\vec{E}_3$ خلاف‌جهت و برابر $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ باشد، پس q_3 نیز منفی است و اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$E_{12} = E_3 \Rightarrow \frac{1}{2}\times10^7 = \frac{kq}{r^2} \Rightarrow \frac{1}{2}\times10^7 = \frac{9\times10^9\times q_3}{324\times10^{-4}}$$

$$\Rightarrow q_3 = 18\times10^{-6} = 18\mu C \xrightarrow{\text{با توجه به توضیحات بالا}} q_3 = -18\mu C$$

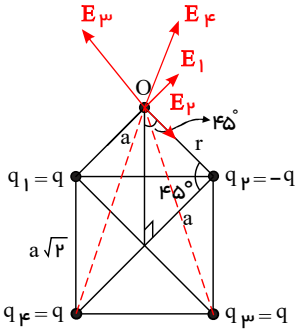
۳۶ . گزینه ۲ نیروی الکتریکی باید نیروی وزن ذره را خنثی کند، بنابراین باید خلافِ هم و مساوی باشند. در نتیجه نیروی میدان باید به‌سمت بالا بر جسم وارد شود و می‌توان نوشت:

$$F_E = mg \Rightarrow Eq = mg \Rightarrow E = \frac{mg}{q} = \frac{۰/۰۱ \times ۱۰}{۵ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow E = ۲ \times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$



چون بار ذره منفی است، جهت میدان الکتریکی در خلاف جهت نیروی الکتریکی و به‌سمت پایین می‌باشد.

۳۷ . گزینه ۱ با توجه به علامت بارها ابتدا میدان الکتریکی حاصل از هر یک از بارها را در نقطهٔ O مطابق شکل‌های زیر رسم کرده، دو به دو برایند می‌گیریم و در نهایت با توجه به هندسه موجود، بزرگی میدان الکتریکی حاصل از چهار بار را در نقطهٔ O حساب می‌کنیم.



طول قطر مربع $= a\sqrt{۲} \times \sqrt{۲} = ۲a$

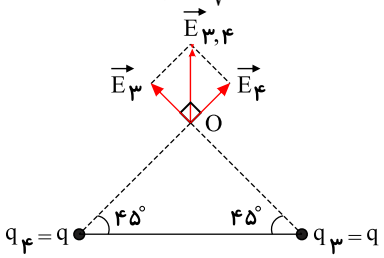
نصف قطر مربع $= \frac{۲a}{۲} = a$

فاصلهٔ نقطهٔ O از چهار رأس مربع $\Rightarrow r = \sqrt{a^۲ + a^۲} = a\sqrt{۲}$

اکنون با رسم بردار میدان هریک از بارها در نقطهٔ O داریم:

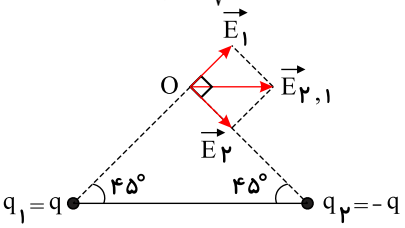
$E_۴ = E_۳$

$E_{۳,۴} = \sqrt{۲}E_۱$

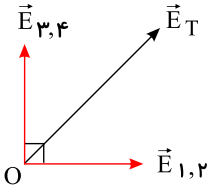


$E_۱ = E_۲$

$E_{۱,۴} = \sqrt{۲}E_۲$



$E_T = \sqrt{E^{۲}_{۱۳} + E^{۲}_{۲۴}}$



با توجه به اینکه $E_۱ = E_۲ = E_۳ = E_۴ = \frac{kq}{r^۲} = \frac{kq}{(a\sqrt{۲})^۲} = \frac{kq}{۲a^۲}$ می‌باشد، داریم:

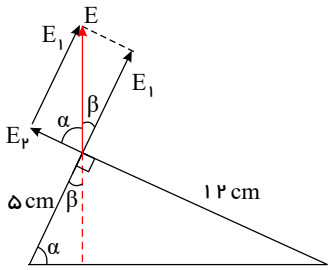
$$E_T = \sqrt{E^{۲}_{۳,۴} + E^{۲}_{۱,۲}} = \sqrt{(\sqrt{۲}E_۱)^۲ + (\sqrt{۲}E_۱)^۲} = ۲E_۱ = \frac{kq}{a^۲}$$

۳۸ . گزینه ۲ یک بار در مثلث میدان‌ها و بار دیگر در مثلث بارها، یک زاویهٔ مساوی را پیدا کرده، سپس به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

با توجه به شکل زیر داریم:

در مثلث میدان‌ها : $\tan\alpha = \frac{E_۱}{E_۲}$

در مثلث بارها : $\tan\alpha = \frac{۱۲}{۵}$



$$\rightarrow \tan\alpha = \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{۱۲}{۵} \Rightarrow \frac{\frac{kq_۱}{۲۵}}{\frac{kq_۲}{۱۴۴}} = \frac{۱۲}{۵}$$

$$\Rightarrow \frac{۱۴۴q_۱}{۲۵q_۲} = \frac{۱۲}{۵} \Rightarrow \frac{q_۱}{q_۲} = \frac{۵}{۱۲}$$

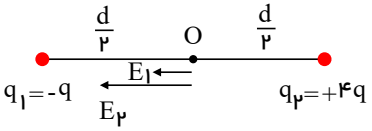
۳۹ . گزینه ۱ ابتدا با استفاده از رابطهٔ میدان الکتریکی بزرگی بار الکتریکی q را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{kq}{r^۲} \Rightarrow ۱۰^۵ = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times q}{(۳۰ \times ۱۰^{-۲})^۲} \Rightarrow ۱۰^۳ = ۱۰^۹ q \Rightarrow q = ۱۰^{-۶} C = ۱\mu C$$

با قرار گرفتن بار q' در نقطهٔ A، از طرف میدان الکتریکی بر آن نیروی $F = Eq'$ وارد می‌شود و داریم:

$$F = Eq' \Rightarrow ۰/۰۲ = ۱۰^۵ \times q' \Rightarrow q' = ۲ \times ۱۰^{-۷} C = ۰/۲\mu C$$

۴۰ . گزینه ۲ بدیهی است که با توجه با ناهمنام بودن بارها، میدان الکتریکی آنها در وسط خط واصل آنها، هم‌سو است.

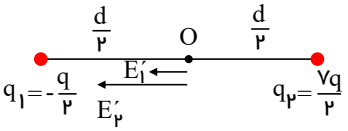


$$E_۱ = \frac{kq}{(\frac{d}{۲})^۲} = \frac{۴kq}{d^۲}$$

$$E_۲ = \frac{k \times ۴q^۲}{\frac{d}{۲}} = \frac{۱۶kq}{d^۲}$$

چون میدان‌ها هم‌جهت است، جمع می‌کنیم:

$$E_{t_۱} = \frac{۱۶kq}{d^۲} + \frac{۴kq}{d^۲} = \frac{۲۰kq}{d^۲}$$



$$E'_۱ = \frac{k\frac{q}{۲}}{(\frac{d}{۲})^۲} = \frac{۲kq}{d^۲}$$

$$E'_۲ = \frac{k \times \frac{۷q}{۲}}{(\frac{d}{۲})^۲} = \frac{۱۴kq}{d^۲}$$

باز میدان‌ها هم‌جهت‌اند، پس جمع می‌کنیم.

$$E_{t_۲} = E'_۱ + E'_۲ = \frac{۲kq}{d^۲} + \frac{۱۴kq}{d^۲} = \frac{۱۶kq}{d^۲}$$

$$\frac{E_{t_۱}}{E_{t_۲}} = \frac{\frac{۲۰kq}{d^۲}}{\frac{۱۶kq}{d^۲}} = \frac{۲۰}{۱۶} = \frac{۵}{۴}$$

۴۱ . گزینه ۳ تحلیل اول: می‌دانیم تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی از رابطهٔ $\Delta U = -Edq\cos\theta$ حساب می‌شود چون ذره را در موازات میدان و خلاف جهت آن جابه‌جا کردیم، زاویهٔ بین جابه‌جایی و میدان ۱۸۰° می‌شود و داریم:

$$\Delta U = -Edq\cos\theta = -E \times d \times q \times \cos ۱۸۰^\circ = -Edq(-۱) = +Edq$$

بنابراین انرژی پتانسیل به اندازهٔ $+Edq$ افزایش می‌یابد. در ضمن چون حرکت با سرعت ثابت انجام شده انرژی جنبشی ثابت مانده است.

تحلیل دوم: هرگاه ذره در جهت خودبه‌خودی حرکت کند انرژی پتانسیل آن کم می‌شود.

و هرگاه ذره‌ای به صورت اجباری (غیر خودبه‌خودی) حرکت کند، انرژی پتانسیل آن زیاد می‌شود. در این تست بار مثبت خلاف جهت میدان حرکت کرده (یعنی به سمت مثبت‌ها رفته) پس حرکت اجباری است و انرژی پتانسیل زیاد می‌شود.

۴۲ . گزینه ۱ نکته: طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی که در سال دهم خوانده ایم، اگر اتلاف انرژی نباشد، تغییرات انرژی مکانیکی مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی صفر است:

$\Delta E = ۰ \rightarrow \Delta K + \Delta U = ۰ \rightarrow \Delta U = -\Delta K$ تغییرات انرژی مکانیکی

بنابراین داریم:

$$|\Delta K| = |\Delta U| = |Eqd\cos\theta| \xrightarrow{\theta=۰} |\Delta K| = \left|۱۰^۵ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۰/۲\right| = ۰/۱J$$

۴۳ . گزینه ۲ بدیهی است که با افزایش انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:

بنابر اصل پایستگی انرژی: $\Delta U + \Delta K = ۰ \Rightarrow \Delta U = -\Delta K$

$$\Delta U = -۸mJ \Rightarrow \Delta U = q\Delta V$$

$$\Rightarrow -۸ \times ۱۰^{-۳} = -۴ \times ۱۰^{-۶}(V_B - V_A) \Rightarrow V_B - V_A = ۲۰۰۰V = ۲kV$$

۴۴ . گزینه ۴ بدیهی است که با جابه‌جایی بار منفی به‌سمت پتانسیل بیشتر، با کاهش انرژی پتانسیل روبه‌رو می‌شود.

$$\Delta U = q\Delta V = \left(-۲ \times ۱۰^{-۶}\right)[-۱۰ - (-۴۰)] = \left(-۲ \times ۱۰^{-۶}\right)(۳۰) = -۶ \times ۱۰^{-۵}J$$

۴۵ . گزینه ۱ با توجه به رابطهٔ زیر داریم:

$$\Delta U = -W = -۵ \times ۱۰^{-۵}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-W_{\text{میدان}}}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-۵ \times ۱۰^{-۵}}{۲ \times ۱۰^{-۶}} = -۲۵V$$

۴۶ . گزینه ۲ با ایجاد اختلاف پتانسیل در فضای بین دو صفحهٔ رسانا میدان الکتریکی یکنواختی به شدت $E = \frac{V}{d}$ ایجاد می‌شود. نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ α در این میدان برابر است با: (دقت کنید $\alpha = {}^{۴}_{۲}He^{۲+}$)

$$F = Eq_\alpha = \frac{V}{d}q_\alpha \xrightarrow{q_\alpha = ۲e} F = \frac{V}{d} \times ۲e = \frac{۵۰۰}{۰/۰۲} \times ۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۸ \times ۱۰^{-۱۵}$$

$$\rightarrow F = ۸ \times ۱۰^{-۱۵}N$$

۴۷ . گزینه ۳ ظاهرا همه چیز واضح است فقط جایگذاری!

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = q\Delta V = (۰/۸ \times ۱۰^{-۶}) \times ۵۰۰ = ۴ \times ۱۰^{-۴} J$$

۴۸ . گزینه ۳ با استفاده از رابطهٔ بین اختلاف پتانسیل و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow q = \frac{\Delta U}{\Delta V} = \frac{۰/۰۲}{۴۰۰} = \frac{۲ \times ۱۰^{-۲}}{۴ \times ۱۰^{۲}} = ۰/۵ \times ۱۰^{-۴} = ۵ \times ۱۰^{-۵}$$ کولن

۴۹ . گزینه ۴

نکته: در یک میدان یکنواخت اختلاف پتانسیل از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta V = -Ed\cos\theta$$

اگر جابه‌جایی در راستای میدان باشد ($\theta = ۰^\circ$ یا $\theta = ۱۸۰^\circ$) اندازهٔ اختلاف پتانسیل از رابطهٔ ساده‌شدهٔ زیر حساب می‌شود:

$$|\Delta V| = Ed$$

و همین‌طور برای میدان داریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

$$E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow \Delta V = Ed \Rightarrow V_A - V_B = Ed_{AB} = ۳۰۰۰(\frac{۲}{۱۰۰}) = ۶۰V$$

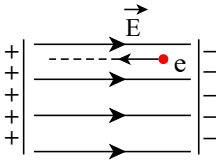
دقت کنید چون $V_A > V_B$ پس جواب آخر، مثبت به‌دست می‌آید.

۵۰ . گزینه ۲ با توجه به رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$، می‌توان نوشت:

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \Rightarrow V_B - ۲۰ = \frac{(۰/۶ - ۰/۴) \times ۱۰^{-۳}}{-۲ \times ۱۰^{-۶}} = -۱۰۰ \Rightarrow V_B = -۸۰V$$

تذکر:انرژی پتانسیل الکتریکی بارمنفی q با حرکت از نقطهٔ A تا B افزایش یافته است. بنابراین حرکت آن درجهت خطوط میدان بوده (چرا؟) و از طرفی با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل کم می‌شود. در نتیجه $V_B < V_A$ می‌باشد، پس گزینه‌های ۱ و ۴ نادرست هستند.

۵۱ . گزینه ۴ با رها کردن الکترون، الکترون به میل خود حرکت می‌کند (به‌سمت صفحهٔ مثبت می‌رود). با توجه به اینکه جهت حرکت خودبه‌خودی بار منفی در یک میدان الکتریکی، در خلاف جهت میدان می‌باشد (باتوجه به شکل زیر)، بنابراین بار منفی از نقاط با پتانسیل کمتر به نقاط با پتانسیل بیشتر حرکت می‌کند و با این حرکت طبق رابطهٔ زیر می‌توان فهمید که انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.



$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow[\Delta V>۰]{q<۰} \Delta U = q\Delta V \Rightarrow \Delta U < ۰$$

و یا می‌توان گفت چون حرکت بار خودبه‌خودی بوده است، پس انرژی پتانسیل آن کم می‌شود.

۵۲ . گزینه ۳

چون ذرهٔ باردار از حال سکون رها می‌شود، میدان الکتریکی بر روی آن کار انجام می‌دهد و آن را از پتانسیل $V_۱$ به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۲$ منتقل می‌کند. به این ترتیب انرژی جنبشی بار افزایش می‌یابد.

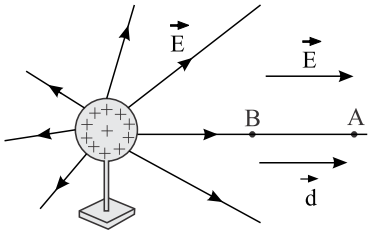
$$\Delta U = -\Delta K = -(K_۲ - K_۱) = -۰/۰۰۵J$$

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۲} = ۰/۰۰۵J$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_۲ - V_۱ = \frac{-\Delta U}{q} \Rightarrow -۱۰۰ - ۱۰۰ = \frac{-۰/۰۰۵}{q} \Rightarrow q = \frac{۵ \times ۱۰^{-۳}}{۲۰۰}$$

$$\Rightarrow q = ۲/۵ \times ۱۰^{-۵} C = ۲۵\mu C$$

۵۳ . گزینه ۲ بار کره مثبت است، پس خطوط میدان الکتریکی از آن خارج می‌شود. با این حساب جهت خطوط میدان از B به A است. چون بار ذرهٔ باردار مثبت است، در جابه‌جایی با سرعت مثبت در جهت خطوط میدان، کار شخص منفی $(W < ۰)$، کار میدان مثبت $(W' > ۰)$ و اختلاف پتانسیل ذکرشده هم منفی $(\Delta V < ۰)$ خواهد بود.



۵۴ . گزینه ۲ در اینجا ظرفیت ثابت ولی با تغییر بار q، انرژی U خازن تغییر می‌کند، بنابراین داریم:

$$q_۲ = q_۱ + \frac{۱}{۵}q_۱ = \frac{۶}{۵}q_۱$$

$U_۲ = U_۱ + ۱۶$

$\Delta U = \frac{۱}{۲C}\left(q_۲^۲ - q_۱^۲\right) \Rightarrow ۱۶ = \frac{۱}{۲ \times ۲۲}\left(\frac{۳۶}{۲۵}q_۱^۲ - q_۱^۲\right) \Rightarrow q_۱ = ۴۰\mu C$

۵۵ . گزینه ۳

هرگاه دوسر خازنی به اختلاف پتانسیل ثابتی وصل باشد. (V ثابت) تغییر در ظرفیت خازن باعث ایجاد تغییری به همان نسبت در بار خازن می‌شود.

وارد کردن تیغهٔ شیشه‌ای بین صفحات یک خازن باعث افزایش κ و در نتیجه افزایش ظرفیت می‌شود از طرفی چون خازن به باتری متصل است، V ثابت است.

$\uparrow C = \uparrow \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$

$\uparrow q = \uparrow CV \rightarrow$ ثابت

۵۶ . گزینه ۳

نکته: اگر خازن از باتری جدا شود بار ذخیره‌شده در آن ثابت می‌ماند و هر تغییری در ظرفیت خازن باعث ایجاد همان تغییر به‌طور معکوس در ولتاژ خازن می‌شود.

در این قسمت با افزایش d طبق رابطهٔ $\downarrow c = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d\uparrow}$ ، c کم می‌شود و همین‌طور با ثابت بودن q در رابطهٔ $c = \frac{q}{V}$ ، با کاهش c، ولتاژ زیاد می‌شود. $(\downarrow c = \frac{q \text{ ثابت}}{V\uparrow})$

۵۷ . گزینه ۲

ابتدا واحد انرژی را از KWh به j تبدیل می‌کنیم.

$U = ۱۰^{-۶}KW \cdot h = ۱۰^{-۶} \times ۱۰^۳ \times ۳۶۰۰J = ۳٫۶J$

$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow ۳٫۶ = \frac{۱}{۲}C \times ۱۰^۶ \Rightarrow C = ۷٫۲ \times ۱۰^{-۶}F = ۷٫۲\mu F$

۵۸ . گزینه ۳

با توجه به اطلاعات سؤال که U و V معلوم و C مجهول است، داریم:

$V = ۲۰۰V \ , \ U = ۱٫۸J \ , \ C = ?$

$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow ۱٫۸ = \frac{۱}{۲}C \times (۲۰۰)^۲ \Rightarrow C = ۰٫۹ \times ۱۰^{-۴}F = ۰٫۹ \times ۱۰^{-۴} \times \overbrace{۱۰^۶}^{\text{تبدیل } F \text{ به } \mu F}\mu F = ۹۰\mu F$

۵۹ . گزینه ۴ می‌دانیم طبق رابطهٔ $C = \frac{\varepsilon_۰\kappa A}{d}$ ظرفیت با فاصلهٔ صفحات رابطهٔ عکس دارد پس با n برابر کردن فاصلهٔ صفحات ظرفیت $\frac{۱}{n}$ برابری شد.

درحالت اول: وقتی خازن به باتری وصل است، ولتاژ دو سرآن ثابت است و داریم:

$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} \xrightarrow{C \propto \frac{۱}{d}} \frac{U'}{U} = \frac{\frac{۱}{n}C}{C} = \frac{۱}{n} \Rightarrow U' = \frac{۱}{n}U$

درحالت دوم: وقتی خازن از باتری جدا می‌شود، بار خازن ثابت می‌ماند و داریم:

$U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C} \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{C}{C''} \xrightarrow{C \propto \frac{۱}{d}} \frac{U''}{U} = \frac{C}{\frac{۱}{n}C} = n \Rightarrow U'' = nU$

بنابراین در مقایسهٔ دو حالت داریم:

$\frac{U''}{U'} = \frac{nU}{\frac{۱}{n}U} = n^۲$

۶۰ . گزینه ۴ پس از کاهش ۸۰ درصدی ولتاژ، اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر است با:

$V_۲ = V_۱ - ۰٫۸V_۱ = ۰٫۲V_۱$

اکنون با استفاده از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}CV^۲$ می‌توان نوشت:

$\frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۲}{C_۱} \times (\frac{V_۲}{V_۱})^۲ \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = ۱ \times (\frac{۰٫۲V_۱}{V_۱})^۲ = ۰٫۰۴ \Rightarrow U_۲ = ۰٫۰۴U_۱$

درصد تغییرات انرژی $= (\frac{U_۲}{U_۱} - ۱) \times ۱۰۰ = (۰٫۰۴ - ۱) \times ۱۰۰ = -۹۶\%$

بنابراین انرژی خازن $۱۰۰\% - ۴\% = ۹۶\%$ کاهش می‌یابد.

۶۱ . گزینه ۱ بنابر رابطهٔ $c = \frac{k\varepsilon_۰A}{d}$ داریم:

$c \propto \frac{k}{d} \Rightarrow \begin{cases} \text{میکا} : \frac{۷}{۰٫۳mm} = ۲۳٫۳ \\ \text{شیشه} : \frac{۵}{۲mm} = ۲٫۵ \\ \text{پارافین} : \frac{۲}{۱mm} = ۲ \\ \text{پلاستیک} : \frac{۳}{۰٫۲mm} = ۱۵ \end{cases}$

بنابر محاسبات بالا و باتوجه به واحدهای cm و mm می‌توان گفت، ظرفیت خازن با دی‌الکتریک میکا به‌دلیل نسبت بیشتر $\frac{k}{d}$ از دیگر خازن‌ها بیشتر است.

۶۲ . گزینه ۳ با توجه به رابطهٔ U می‌توان نوشت:

$$U=\frac{۱}{۲}CV^{۲} \qquad U_{۱}=۰/۲U_{۲}$$

$$\frac{U_{۲}}{U_{۱}}=\frac{C_{۲}}{C_{۱}}\times(\frac{V_{۲}}{V_{۱}})^{۲} \Rightarrow \frac{\cancel{U_{۲}}}{۰/۲\,\cancel{U_{۲}}}=\frac{C_{۲}}{C_{۱}}\times(\frac{۴۰۰}{۲۰۰})^{۲} \Rightarrow \frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{\frac{۱}{۰/۲}}{\frac{۴}{۱}}=\frac{۵}{۴}$$

۶۳ . گزینه ۱

(بار خازن $q_{۱}=q$) :حالت اول

(بار خازن $q_{۲}=q+۳$) :حالت دوم

$$\Delta u=۹۰۰=U_{۲}-U_{۱} \xrightarrow{U=\frac{q^{۲}}{۲C}} ۹۰۰=\frac{۱}{۲C}(q_{۲}^{۲}-q_{۱}^{۲})$$

$$\xrightarrow[C=۱۵\mu F=۱۵\times۱۰^{-۳}mF]{} ۹۰۰=\frac{۱}{۲\times۱۵\times۱۰^{-۳}}((q+۳)^{۲}-q^{۲})$$

$$\Rightarrow ۹۰۰=\frac{۱}{۳۰\times۱۰^{-۳}}(\cancel{q^{۲}}+۹+۶q-\cancel{q^{۲}}) \Rightarrow q=۳$$

$$U=\frac{q^{۲}}{۲C}=\frac{۳^{۲}}{۲\times۱۵\times۱۰^{-۳}}=۳۰۰mJ$$

۶۴ . گزینه ۴ چون خازن از مولد جدا می‌شود، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند، اما بنا به رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d}$، چون A ثابت است، با زیاد کردن فاصلهٔ صفحه‌های خازن، ظرفیت آن کاهش می‌یابد.

با کاهش ظرفیت خازن، چون Q ثابت است، بنا به رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$، اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن افزایش می‌یابد.

توجه کنید، چون Q و A ثابت‌اند، بنا به رابطهٔ $E=\frac{V}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{Q}{\varepsilon_{۰}A}$، اندازهٔ میدان الکتریکی میان صفحه‌های خازن ثابت می‌ماند.

۶۵ . گزینه ۱

$$\begin{cases} R_{B}=\frac{V_{B}}{I_{B}}=\frac{۲۰}{۲}=۱۰\Omega \\ R_{A}=\frac{V_{A}}{I_{A}}=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega \end{cases} \Rightarrow \frac{R_{B}}{R_{A}}=\frac{۱۰}{۵} \Rightarrow R_{B}=۲R_{A}$$

۶۶ . گزینه ۳ در اینجا با معلوم بودن زمان عبور الکترون‌ها (t) و شدت جریان عبوری (I) و اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون (e)، تعداد الکترون‌های عبوری (n) خواسته شده است.

قبل از هر چیزی می‌دانیم که تعداد الکترون‌های عبوری را با استفاده از بار الکتریکی q می‌توان یافت به گونه‌ای که داریم: $q=ne$

از طرفی برای تعیین بار q با استفاده از تعریف جریان داریم: $q=It$

در نهایت داریم:

$$q=It \xrightarrow{q=ne} ne=It \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{I=۱A\ ,\ t=۱s} n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۱\times۱ \Rightarrow n=\frac{۱}{۱/۶}\times۱۰^{۱۹}=۶/۲۵\times۱۰^{۱۸}$$ الکترون

۶۷ . گزینه ۴ هر دو سیم، مسی هستند. بنابراین با استفاده از رابطهٔ مقایسه‌ای مقاومتها داریم:

$$R=\frac{\rho L}{A}, A=\pi\frac{D^{۲}}{۴} \ ,\ \rho_{A}=\rho_{B}$$ (هر دو مسی)

$$\frac{R_{A}}{R_{B}}=\frac{L_{A}}{L_{B}}\times\frac{A_{B}}{A_{A}} \Rightarrow \frac{R_{A}}{R_{B}}=\frac{L_{A}}{L_{B}}\times(\frac{D_{B}}{D_{A}})^{۲} \Rightarrow \frac{R_{A}}{R_{B}}=\frac{۲}{۱}\times(\frac{۲}{۱})^{۲}=۸$$

۶۸ . گزینه ۱ چون جرم دو سیم و جنس آن‌ها یکسان است بنابراین حجم آن‌ها یکسان است:

$$R=\frac{\rho L}{A} \Rightarrow R=\rho\frac{LA}{A^{۲}} \rightarrow R=\rho\frac{V}{A^{۲}} \rightarrow \text{حجم} \rightarrow \frac{R_{۱}}{R_{۲}}=(\frac{A_{۲}}{A_{۱}})^{۲} \rightarrow \frac{R_{A}}{R_{B}}=(\frac{A_{B}}{A_{A}})^{۲} \rightarrow \frac{R_{A}}{۱۰}=(\frac{\pi R_{B}^{۲}}{\pi R_{A}^{۲}})^{۲} \rightarrow \frac{R_{A}}{۱۰}=\frac{۱}{۴} \rightarrow R_{A}=۲/۵\Omega$$

۶۹ . گزینه ۴ در مقایسهٔ مقاومت دو سیم A و B داریم:

$$\text{قطر}: D_{A}=۲D_{B} \xrightarrow{A\propto D^{۲}} A_{A}=۴A_{B} \ \text{و} \ L_{A}=\frac{۱}{۴}L_{B}$$

$$R=\rho\frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_{B}}{R_{A}}=\frac{L_{B}}{L_{A}}\times\frac{A_{A}}{A_{B}} \Rightarrow \frac{R_{B}}{۵}=۴\times۴ \Rightarrow R_{B}=۸۰\Omega$$

۷۰ . گزینه ۲

(محیط هر حلقه × تعداد حلقه‌ها) = طول مقاومت

$$L=(۱۰۰\times۲\pi r) \Rightarrow L=۱۰۰\times(۲\pi\times۰/۱)$$

$$R=\rho\frac{L}{A}=\rho\frac{L}{\frac{\pi d^{۲}}{۴}} \Rightarrow R=\rho\frac{L}{\frac{\pi d^{۲}}{۴}}R=۱/۷\times۱۰^{-۸}\times\frac{۲\pi\times۰/۱\times۱۰۰}{\pi\times\frac{(۲\times۱۰^{-۳})^{۲}}{۴}}=۰/۳۴\Omega$$

۷۱ . گزینه ۱ باتوجه به رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، برای مقایسهٔ مقاومت دو سیم A و B داریم:

$\rho_A = ۳\rho_B \ , \ L_A = L_B \ , \ R_A = R_B$

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{\text{مساحت} : A \propto d^۲} ۱ = ۳ \times ۱ \times (\frac{d_B}{d_A})^۲ \Rightarrow (\frac{d_B}{d_A})^۲ = \frac{۱}{۳}$$

$$\Rightarrow (\frac{d_A}{d_B})^۲ = ۳ \Rightarrow \frac{d_A}{d_B} = \sqrt{۳}$$

۷۲ . گزینه ۱ بنا به رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ برای هرسه مقاومت داریم:

$$\begin{cases} R_A = (۱٫۵\rho)\dfrac{(۲L)}{A} = ۳\rho\dfrac{L}{A} \\ R_B = (۰٫۵\rho)\dfrac{L}{A} = ۰٫۵\rho\dfrac{L}{A} \\ R_C = \rho\dfrac{L}{A} = \rho\dfrac{L}{A} \end{cases} \Rightarrow R_A = ۳R_C \ , \ R_C = ۲R_B$$

۷۳ . گزینه ۴

$$\begin{cases} m_B = \frac{۲}{۳}\, m_A \\ m = \rho V \end{cases} \Rightarrow \rho_B V_B = \frac{۲}{۳}\rho_A V_A \xrightarrow[V=AL]{\rho_B = \frac{۱}{۳}\rho_A} \frac{۱}{۳}\rho_A A_B L_B = \frac{۲}{۳}\rho_A A_A L_A \xrightarrow{L_B = L_A} A_B = ۲A_A$$

اکنون باتوجه به رابطهٔ $R = \rho\frac{l}{A}$ داریم:

$$R = \rho\frac{l}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \xrightarrow[L_A = L_B]{R_A = R_B} ۱ = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times ۱ \times \frac{A_A}{A_B}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A_B = ۲A_A} \frac{\rho_B}{\rho_A} = ۲$$

۷۴ . گزینه ۲

$$m_۱ = m_۲ \Rightarrow \rho_۱ V_۱ = \rho_۲ V_۲ \xrightarrow[V=AL]{\rho_۱ = \rho_۲} A_۱ L_۱ = A_۲ L_۲ \rightarrow \frac{L_۲}{L_۱} = \frac{A_۱}{A_۲}$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{L_۲}{l_L} \times \frac{A_۱}{A_۲} \xrightarrow[\frac{A_۱}{A_۲} = \frac{L_۲}{L_۱}]{\rho_۲ = \rho_۱} \frac{R_۲}{R_۱} = (\frac{L_۲}{L_۱})^۲ \xrightarrow{R_۳ = ۱۲R_۱} \frac{۱۶R_۱}{R_۱} = (\frac{L_۲}{۱۰})^۲$$

$$\rightarrow ۴ = \frac{L_۲}{۱۰} \rightarrow L_۲ = ۴۰cm$$

روش دوم: اگر با عبور از ابزاری، بدون تغییر جرم یا حجم، طول سیم n برابر شود، مقاومت الکتریکی‌اش $n^۲$ برابر می‌شود. در اینجا مقاومت ۱۶ برابر شده؛ یعنی $n^۲ = ۱۶$ پس $n = ۴$ بوده یعنی طول سیم چهار برابر شده، بنابراین:

$$\frac{L_۲}{L_۱} = ۴ \rightarrow L_۲ = ۴I_۱ = ۴۰cm$$

۷۵ . گزینه ۲ با استفاده از رابطهٔ $R = \rho\frac{\ell}{A}$ و $\rho = \frac{m}{V}$ داریم:

$$\begin{cases} R = \rho_{\text{مقاومت ویژه}}\dfrac{\ell}{A} \\ \rho_{\text{چگالی}} = \frac{m}{V} \xrightarrow{V = A\cdot L} \rho_{\text{چگالی}} = \dfrac{m}{A\cdot L} \Rightarrow A = \dfrac{m}{\rho\cdot L} \end{cases} \Rightarrow R = \rho_{\text{مقاومت ویژه}}\frac{\ell}{\frac{m}{\rho_{\text{چگالی}}\cdot\ell}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R = \rho_{\text{مقاومت ویژه}}\dfrac{\rho_{\text{چگالی}}\cdot\ell^۲}{m} \Rightarrow \dfrac{V}{I} = \rho_{\text{مقاومت ویژه}}\dfrac{\rho_{\text{چگالی}}\cdot\ell^۲}{m} \\ R = \frac{V}{I} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{۳}{۱٫۲} = \frac{۱٫۸ \times ۱۰^{-۸} \times ۸۰۰۰ \times (۲۵)^۲}{m} \Rightarrow m = ۰٫۰۳۶kg \Rightarrow m = ۳۶g$$

۷۶ . گزینه ۱

ولت‌سنج به‌طور سری به مدار بسته شده است و چون مقاومتش بسیار زیاد است، جریان الکتریکی در مدار صفر و عدد نشان‌داده‌شده به وسیلهٔ ولت‌سنج، همان نیرو محرکهٔ مولد است.

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=۰} V = \varepsilon = ۸V$$

۷۷ . گزینه ۱

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

۷۸ . گزینه ۲ در اینجا مقاومتها متوالی‌اند، پس جریان عبوری از همهٔ آنها یکسان و برابر با جریان تولیدی توسط مولد است. بنابراین:

$$V = RI \Rightarrow ۴٫۵ = ۳I \Rightarrow I = ۱٫۵A$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۱٫۵ = \frac{۱۲}{(۶ + R) + ۰} \Rightarrow R = ۲\Omega$$

۷۹ . گزینه ۴

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

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

۸۰ . گزینه ۴ آمپرسنج باید در مدار به طور سری و ولت سنج به طور موازی بسته شود.

۸۱ . گزینه ۴ نسبت افت پتانسیل در باتری، در دو حالت، همان نسبت جریان مدار در دو حالت است. پس جریان مدار را در دو حالت باید بدست می‌آوریم.

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

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

افت پتانسیل در باتری برابر rI است. پس:

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

۸۲ . گزینه ۴ اختلاف پتانسیل دو سر این مولد به صورت زیر است:

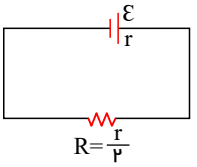
$$V=\varepsilon-rI \Rightarrow \begin{cases} 12=\varepsilon-r\times 0 \Rightarrow \varepsilon=12V \\ 7=12-r\times 4 \Rightarrow 4r=5 \Rightarrow r=1/25\Omega \end{cases}$$

۸۳ . گزینه ۳ با استفاده از رابطهٔ تعیین جریان در یک مدار تک حلقه داریم:

$$Ir=\frac{1}{9}IR \Rightarrow r=\frac{1}{9}R \Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow 0/2=\frac{6}{R+\frac{1}{9}R} \Rightarrow 0/2=\frac{6}{\frac{10}{9}R}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{10}\times\frac{10}{9}R=6 \Rightarrow \frac{2}{9}R=6 \Rightarrow R=27\Omega$$

۸۴ . گزینه ۱ در یک مدار تک حلقه، جریان به صورت زیر محاسبه می‌شود.

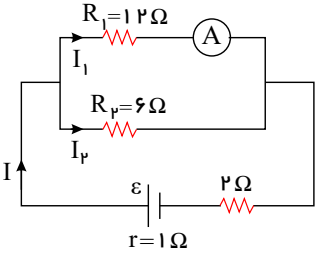


$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{\varepsilon}{r+\frac{r}{2}}=\frac{\varepsilon}{\frac{3}{2}r}=\frac{2}{3}\frac{\varepsilon}{r}$$

$$V=RI=\frac{r}{2}\times\frac{2}{3}\frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow V=\frac{\varepsilon}{3} \Rightarrow \frac{V}{\varepsilon}=\frac{1}{3}$$

$$\text{یا} \ \frac{V}{\varepsilon}=\frac{IR}{I(R+r)}=\frac{\frac{r}{2}}{\frac{3r}{2}}=\frac{1}{3}$$

۸۵ . گزینه ۱ در ابتدا که کلید باز است، مقاومت 6Ω در مدار نیست و آمپرسنج جریان کل مدار را نشان می‌دهد. بنابراین به صورت زیر نیروی محرکه را یافته و در ادامه جریان کل و ...



حالت اول: $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow 1=\frac{\varepsilon}{12+2+1} \Rightarrow \varepsilon=15V$

حالت دوم: $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I=\frac{15}{4+2+1}=\frac{15}{7}A$

$$V_1=V_2 \Rightarrow R_1I_1=R_2I_2 \Rightarrow 12I_1=6I_2 \Rightarrow I_2=2I_1$$

$$I_1+I_2=\frac{15}{7} \Rightarrow I_1+2I_1=\frac{15}{7} \Rightarrow 3I_1=\frac{15}{7} \Rightarrow I_1=\frac{5}{7}A$$

۸۶ . گزینه ۲

روش اول: طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-rI$ در نمودار $V-I$ عرض از مبدأ برابر ε و شیب خط برابر r می‌باشد.

$$\frac{r_B}{r_A}=\frac{\text{شیب خط } B}{\text{شیب خط } A}=\frac{\frac{20}{I}}{\frac{10}{I}}=2$$

روش دوم:

$$V=\varepsilon-Ir \xrightarrow{I=0} \begin{cases} 10=\varepsilon_A \\ 20=\varepsilon_B \end{cases}$$

$$V=0 \Rightarrow \varepsilon=Ir \Rightarrow \frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_A}=\frac{r_B}{r_A}=2$$

۸۷ . گزینه ۲ چون ولت‌سنج سری بسته شده و مقاومت ولت‌سنج بی‌نهایت است پس جریان مدار صفر می‌شود و ولت‌سنج ε را نشان می‌دهد.

۸۸ . گزینه ۳

ولت سنج هم به دو سر باتری و هم به دو سر مقاومت بسته شده است.

$$\begin{cases} V=RI \Rightarrow 18=RI \Rightarrow RI=18 \Rightarrow R=\frac{18}{I} \\ V=\varepsilon-rI \Rightarrow 18=20-rI \Rightarrow r=\frac{2}{I} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P=RI^2 \\ P'=rI^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{P'}=\frac{R}{r}=\frac{\frac{18}{I}}{\frac{2}{I}}=9$$

۸۹ . گزینه ۱

مقاومت لامپ ثابت می‌ماند. با توجه به رابطهٔ توان و ولتاژ در حالتی که R ثابت است، داریم:

$$P=\frac{V^۲}{R}\Rightarrow\frac{P_۱}{P_۲}=(\frac{V_۱}{V_۲})^۲\Rightarrow\frac{۳۶}{P_۲}=(\frac{۱۲}{۸})^۲\Rightarrow\frac{۳۶}{P_۲}=\frac{۹}{۴}\Rightarrow P_۲=۱۶W$$

۹۰ . گزینه ۱ اگر لامپ به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل شود، توان مصرفی لامپ برابر توان اسمی آن خواهد شد. پس:

$$U=Pt=\frac{۲۰۰}{۱۰۰۰}(kW)\times\frac{۹۰}{۶۰}(h)=\frac{۱۸}{۶۰}=۰/۳kWh$$

۹۱ . گزینه ۴

طبق رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$ داریم: (چون هر دو لامپ خانگی می باشند: $V_۱=V_۲$)

$$P=\frac{V^۲}{R}\Rightarrow\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{R_۱}{R_۲}\Rightarrow\frac{۲۵}{۱۰۰}=\frac{R_۱}{R_۲}=\frac{۱}{۴}$$

۹۲ . 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 درلامپ) با افزایش دما، افزایش می‌یابد. بنابراین زمانی که دانش آموز مقاومت یک لامپ خاموش را اندازه گیری می‌کند مقدار مقاومت لامپ را کمتر ازمقدار واقعی به دست می آورد، درحالی که توان نوشته شده بر روی لامپ مربوط به حالتی است که لامپ روشن است.

۹۳ . گزینه ۲

ابتدا انرژی الکتریکی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت پیدا کرده، سپس بهای برق مصرفی که قرار است صرفه‌جویی شود را محاسبه می‌کنیم:

$$U=P\cdot t=۱۰۰\times۵=۵۰۰Wh=۰/۵kWh$$

بهای برق صرفه‌جویی شده $=$ میلیارد ریال $۳=۳\times۱۰^۹=۰/۵\times۱۰۰\times۲\times۱۰^۶\times۳۰$

۹۴ . گزینه ۲

اگر V_n و P_n را به ترتیب ولتاژ و توان اسمی لامپ بنامیم، توان مصرفی به ازای ولتاژ ۱۱۰ ولت را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P_n=\frac{V_n^۲}{R}\Rightarrow R=\frac{V_n^۲}{P_n}=\frac{۲۲۰^۲}{۱۰۰}=۲۲^۲\Omega$$

$$P=\frac{V^۲}{R}=\frac{۱۱۰^۲}{۲۲^۲}=۲۵W$$

$$P=\frac{U}{t}\Rightarrow U=۲۵\times۰/۵\times۶۰\times۶۰=\frac{۱۰۰}{۴}\times۱۸۰۰=۴۵۰۰۰J=۴۵kJ$$

۹۵ . گزینه ۳ ابتدا با توجه به مشخصات سیم، مقاومت الکتریکی آلیاژ را محاسبه می‌کنیم. سپس انرژی الکتریکی مصرفی را به دست می‌آوریم.

$$R=\rho\frac{L}{A}\rightarrow R=۱۰^{-۶}\times\frac{۲}{۰/۲\times۱۰^{-۶}}=۱۰\Omega$$

$$U=\frac{V^۲}{R}t\rightarrow U=\frac{(۲۰۰)^۲}{۱۰}\times\frac{۲۰}{۶۰}\times\frac{۱}{۱۰۰۰}=\frac{۴}{۳}kWh$$

۹۶ . گزینه ۳

$$R=\frac{V^۲}{P}=\frac{۶^۲}{۱۲}=۳\Omega$$

$$R_T=R+R=۶\Omega$$

$$I_{\text{کل}}=\frac{V_T}{R_T}=\frac{۱۲}{۶}=۲\,A$$

$$q=It\Rightarrow t=\frac{q}{I}=\frac{۴۸}{۲}=۲۴\,h\Rightarrow t=۲۴\,h$$

تذکر: دقت کنید که آمپر ساعت واحدی برای بار الکتریکی (q) می‌باشد و هر آمپر ساعت برابر $۳۶۰۰C$ است.

۹۷ . گزینه ۲ بنابر رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، مقاومت لامپ $L_۱$ کم‌تر از لامپ $L_۲$ است و بنابر رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$، توان مصرفی آن بالاتر است، لذا لامپ $L_۱$ با نور بیش‌تری روشن می‌شود، چون مقاومت الکتریکی کم‌تری دارد.

۹۸ . گزینه ۴ ابتدا با استفاده از دو رابطهٔ بین جریان و بار الکتریکی، نیز انرژی الکتریکی مصرفی، رابطهٔ بین انرژی و بار جاری شده یافته سپس، زمان را محاسبه می‌کنیم.

$$\left.\begin{array}{l}I=\frac{q}{t}\\W=RI^۲t\end{array}\right\}W=R(\frac{q^۲}{t^۲})t=R\times\frac{q^۲}{t}\Rightarrow۴۰۰۰=۵\times\frac{۴۰۰۰۰}{t}\Rightarrow t=۵۰\,s$$

۹۹ . گزینه ۳ چون در این سؤال مقاومت لامپ ثابت فرض شده است، پس با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$ می‌توان نوشت:

$$P_۲=P_۱-۰/۱۹P_۱=۰/۸۱P_۱$$

$$P=\frac{V^۲}{R}\Rightarrow\frac{P_۲}{P_۱}=(\frac{V_۲}{V_۱})^۲\Rightarrow\frac{۰/۸۱P_۱}{P_۱}=(\frac{V_۲}{V_۱})^۲\Rightarrow\frac{V_۲}{V_۱}=۰/۹\Rightarrow V_۲=۰/۹\times۲۰۰=۱۸۰V$$

افت ولتاژ: $\Delta V=V_۲-V_۱=۱۸۰-۲۰۰=-۲۰V$

۱۰۰. گزینه ۱ طبق رابطه‌ی $P=\frac{U}{t}$ آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم همان توان مصرفی سیم می‌باشد. برای استفاده از رابطه‌ی $P=\frac{V^2}{R}$، ابتدا مقاومت الکتریکی سیم را به دست می‌آوریم:

$$R=\rho\frac{L}{A}=۱٫۷\times ۱۰^{-۸}\times\frac{۳۰}{۳\times(۱۰^{-۳})^2}=۰٫۱۷$$

$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{(۱۷)^2}{۰٫۱۷}=۱۷۰۰W$$

۱۰۱. گزینه ۱ کافی است که رابطه‌ای بین توان الکتریکی (P) جریان عبوری از آن (I) و مقاومت الکتریکی‌اش (R) بنویسیم، بنابراین داریم:

$$P=RI^2\xrightarrow[I=۴A]{P=۴۸۰W}۴۸۰=R(۴)^2\Rightarrow R=۳۰\Omega$$

۱۰۲. گزینه ۳

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow ۰٫۵=\frac{\varepsilon}{۱۴+۱}\Rightarrow\varepsilon=۷٫۵V$$

$$P=rI^2=۱(۰٫۵)^2=\frac{۱}{۴}=۰٫۲۵W$$

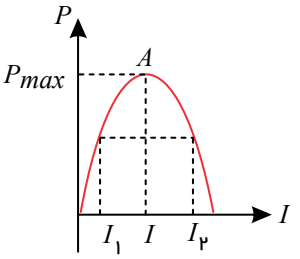
۱۰۳. گزینه ۱ نمودار توان خروجی مولد برحسب شدت جریان که یک سهمی است را رسم می‌نماییم. در نقطهٔ A، توان خروجی مولد بیشینه می‌باشد و می‌دانیم که در این حالت $R=r$ است.

باتوجه به اینکه $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ است، داریم:

$$I=\frac{I_۱+I_۲}{۲}\to I_۱+I_۲=۲I\to\frac{\varepsilon}{R_۱+r}+\frac{\varepsilon}{R_۲+r}=۲\times\frac{\varepsilon}{r+r}$$

$$\to\frac{۱}{R_۱+r}+\frac{۱}{R_۲+r}=\frac{۱}{r}\to\frac{(R_۲+r)+(R_۱+r)}{(R_۱+r)(R_۲+r)}=\frac{۱}{r}$$

$$\to R_۱R_۲=r^2\to r=\sqrt{R_۱R_۲}$$



۱۰۴. گزینه ۲ ابتدا مقاومت معادل را بر حسب R به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases}R_۱=\frac{R}{۲}+R=\frac{۳R}{۲}\\R_۲=R\end{cases}\Rightarrow\frac{۱}{۳}=\frac{۱}{R}+\frac{۱}{\frac{۳R}{۲}}\Rightarrow\frac{۱}{۳}=\frac{۱}{R}+\frac{۲}{۳R}\Rightarrow\frac{۱}{۳}=\frac{۳+۲}{۳R}\Rightarrow R=۵\Omega$$

۱۰۵. گزینه ۲ این مدار شامل دو مقاومت موازی $R_۱, R_۲$ است که با $R_۳$ به صورت متوالی بسته شده‌اند، بنابراین داریم:

$$R_{AB}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}+R_۳=R_۱\Rightarrow R_۳=R_۱-\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$$

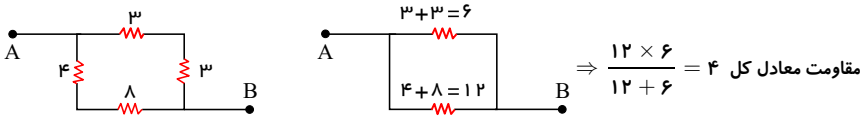
$$R_۳=\frac{R_۱(R_۱+R_۲)-R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}\xrightarrow{\text{از } R_۱ \text{ فاکتور می‌گیریم}}R_۳=\frac{R_۱^2}{R_۱+R_۲}$$

۱۰۶. گزینه ۱ مقاومت های ۱۲ و ۶ اهمی موازی می باشند و دو سر مقاومت ۵ اهمی، اتصال کوتاه شده است. پس:

$$\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\Omega\Rightarrow ۴+۲+۴=۱۰\Omega\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega$$

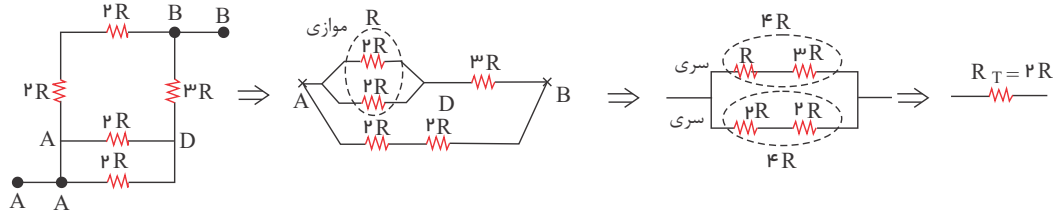
۱۰۷. گزینه ۲ مرحله به مرحله، مقاومت معادل را به صورت زیر می‌یابیم:

مقاومت معادل ۱۲ و ۶ اهمی $=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\Rightarrow$ ۶ و ۱۲ اهمی موازی‌اند



$\Rightarrow\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴$ مقاومت معادل کل

۱۰۸. گزینه ۳ ابتدا مدار را نامگذاری می‌کنیم، سپس به صورت زیر، مرحله به مرحله، مدار را ساده می‌کنیم.



۱۰۹. گزینه ۱

از آنجا که مقاومت آمپرسنج صفر نیست، باعث افت ولتاژ در شاخه شده، بنابراین داریم:

$$V_{\text{آمپرسنج}}=IR=۰٫۱\times۵=۰٫۵(V)\Rightarrow V_V=V_R+V_A\to ۱۲=V_R+۰/۵\to V_R=۱۱٫۵(V)$$

پس بنابراین توان مصرفی مقاومت R برابر است با:

$$P_R = V_R I = ۱۱٫۵ \times ۰٫۱ = ۱٫۱۵(W)$$

۱۱۰. گزینه ۱ با توجه به موازی بودن مقاومت $R_۲$ با مقاومت $R_۱$، جریان را در مقاومت $R_۲$ و پس از آن جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ را محاسبه کرده و پس از آن اختلاف ولتاژ بین دو نقطهٔ A و B را می‌یابیم.

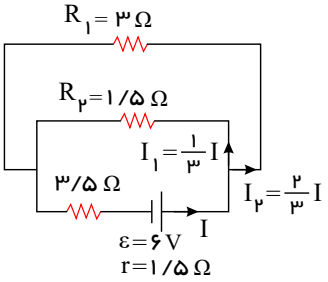
$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow R_۱ I_۱ = R_۲ I_۲ \Rightarrow ۹ \times ۰٫۵ = ۱۸ I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰٫۲۵A \Rightarrow I_۳ = I_۱ + I_۲ = ۰٫۷۵A$$

$$V_۴ = V_{AB} = V_{۱,۲,۳} = R_{۱,۲,۳} \times I_۳ = (\frac{۹ \times ۱۸}{۹ + ۱۸} + ۲) \times ۰٫۷۵ = ۶V$$

$$P_۴ = \frac{V_۴^۲}{R_۴} = \frac{(۶)^۲}{۴} = \frac{۳۶}{۴} = ۹W$$

۱۱۱. گزینه ۲

اگر جریان عبوری از مولد را I در نظر بگیریم، از مقاومت های $R_۱$ و $R_۲$ (که در آن $\frac{R_۱}{R_۲} = ۲$) به ترتیب جریان های $\frac{۱}{۳}I$ ، $\frac{۲}{۳}I$ عبور می‌کند.



قاعدهٔ حلقه:

$$-۳٫۵I + ۶ - ۱٫۵I - ۳ \times \frac{I}{۳} = ۰ \Rightarrow I = ۱A \Rightarrow I_۲ = \frac{۲}{۳} \times ۱ = \frac{۲}{۳}A$$

۱۱۲. گزینه ۴ در اینجا ولت‌سنج، هم اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نمایش می‌دهد، هم ولتاژ کل مدار را، بنابراین، ابتدا جریان مدار را یافته، پس از آن مقاومت Rرا می‌یابیم. یعنی:

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow ۱۹ = ۲۰ - ۰٫۵I \Rightarrow I = ۲A$$

$$V = RI \Rightarrow ۱۹ = (۲ + \frac{۵R}{R + ۵} + ۳٫۵) \times ۲ \Rightarrow \frac{۵R}{R + ۵} = ۴ \Rightarrow ۵R = ۴R + ۲۰ \Rightarrow R = ۲۰\Omega$$

۱۱۳. گزینه ۴ در هر دو حالت، ولتاژ دو سر مدار یکسان است، پس برای مقایسهٔ توان مصرفی کل مدارها داریم:

$$\text{مقاومت معادل شکل ۲} = R_{eq_۲} = \frac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۲} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۶R_۲}{۶ + R_۲}$$

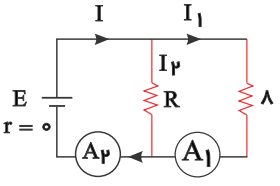
$$\text{مقاومت معادل شکل ۱} = R_{eq_۱} = ۶ + R_۲$$

$$P = \frac{V^۲}{R} \xrightarrow{V_۱ = V_۲} \frac{P_۱}{P_۲} = \frac{R_{eq_۲}}{R_{eq_۱}} \Rightarrow \frac{P_۱}{۴٫۵P_۱} = \frac{\frac{۶R_۲}{۶ + R_۲}}{۶ + R_۲}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۴٫۵} = \frac{۶R_۲}{(۶ + R_۲)(R_۲ + ۶)} \Rightarrow ۲۷R_۲ = ۳۶ + R_۲^۲ + ۱۲R_۲$$

$$R_۲^۲ - ۱۵R_۲ + ۳۶ = ۰ \Rightarrow (R_۲ - ۳)(R_۲ - ۱۲) = ۰ \Rightarrow R_۲ = ۳\Omega, R_۲ = ۱۲\Omega$$

۱۱۴. گزینه ۳



$$\text{مقاومت معادل مقاومت‌های ۱۰ و ۴۰ اهمی که موازی اند.} = R = \frac{۴۰ \times ۱۰}{۴۰ + ۱۰} = ۸\Omega$$

$$\text{اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۸ اهمی} : V = R_۱ I_۱ = ۸ \times ۲٫۵ = ۲۰V$$

$$I = I_۱ + I_۲ \Rightarrow ۳ = I_۲ + ۲٫۵ \Rightarrow I_۲ = ۰٫۵A$$

$$\text{اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت } R = V = RI_۲ \Rightarrow ۲۰ = R \times ۰٫۵ \Rightarrow R = ۴۰\Omega$$

$$\text{مقاومت معادل مدار} = R = \frac{۴۰ \times ۸}{۴۰ + ۸} = \frac{۲۰}{۳}\Omega$$

۱۱۵. گزینه ۲

طبق رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ داریم:

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{۱٫۶ \times ۱۰^{-۸}}{۵٫۶ \times ۱۰^{-۸}} = \frac{۲}{۷}$$

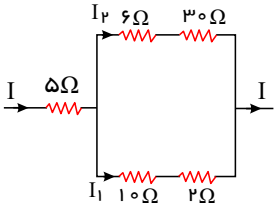
چون دو سیم به طور موازی به هم وصل شده‌اند اختلاف پتانسیل دو سر آنها با هم برابر است.

$$V_A = V_B \Rightarrow R_A I_A = R_B I_B \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{I_B}{I_A} = \frac{۲}{۷}$$

$$I = I_A + I_B \Rightarrow ۴٫۵ = I_A + I_B \Rightarrow ۴٫۵ = I_A + \frac{۲}{۷} I_A \Rightarrow I_A = ۳٫۵A$$

۱۱۶ . گزینه ۱

در ابتدا جریان I را در شاخه‌ها تقسیم میکنیم تا جریان عبوری از مقاومتهای ۱۰Ω و ۵Ω را یافته و پس از آن، توان مصرفی‌شان را مقایسه کنیم. یعنی:



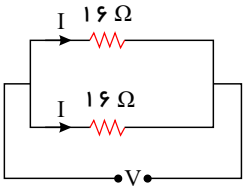
$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow (۱۰ + ۲) I_۱ = (۶ + ۳۰) I_۲ \Rightarrow I_۱ = ۳ I_۲$$

$$\xrightarrow{I = I_۱ + I_۲} I_۱ = \frac{۳}{۴} I, I_۲ = \frac{۱}{۴} I$$

$$P = RI^۲ \Rightarrow \frac{P_{۱۰}}{P_۵} = \frac{۱۰ I_۱^۲}{۵ I^۲} = ۲ \times (\frac{I_۱}{I})^۲ = ۲ \times \frac{۹}{۱۶} = \frac{۹}{۸}$$

۱۱۷ . گزینه ۱

وقتی کلید باز است ⇒

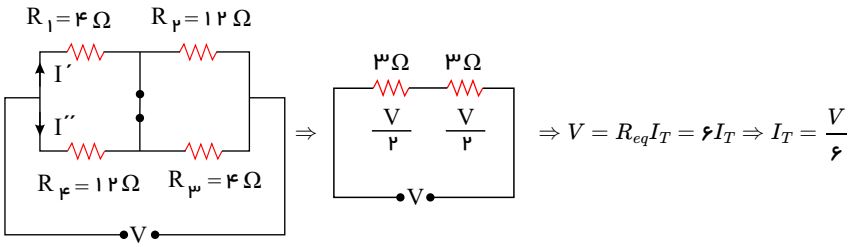


$$V = R_{eq} I_T \Rightarrow V = ۸ I_T \Rightarrow I_T = \frac{V}{۸}$$

جریان کل بین دو مقاومت موازی و برابر ۱۶ اهمی تقسیم می‌شود و به هر شاخه جریان $I = \frac{V}{۱۶}$ می‌رسد.

با بستن کلید نوع اتصال مقاومت‌ها تغییر می‌کند.

وقتی کلید بسته است ⇒

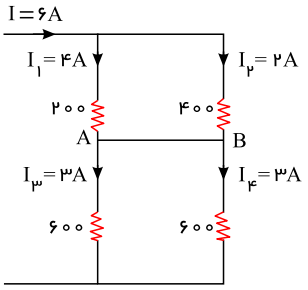


$$\Rightarrow V = R_{eq} I_T = ۶ I_T \Rightarrow I_T = \frac{V}{۶}$$

و جریان I_T بین مقاومت ۴ و ۱۲ اهمی به نسبت ۳ به ۱ تقسیم می‌شوند و جریان مقاومت ۴Ω برابر $I' = \frac{V}{۸}$ می‌شود.

$$\frac{I' \text{کلید بسته}}{I \text{کلید باز}} = \frac{\frac{V}{۸}}{\frac{V}{۱۶}} = \frac{۱۶}{۸} = ۲$$

۱۱۸ . گزینه ۲



$$R_۱ I_۱ = R_۲ I_۲ \Rightarrow ۲۰۰ I_۱ = ۴۰۰ I_۲ \Rightarrow I_۱ = ۲ I_۲$$

$$I = I_۱ + I_۲ \Rightarrow ۶ = ۲ I_۲ + I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۲A \ , \ I_۱ = ۴A$$

$$R_۳ I_۳ = R_۴ I_۴$$

$$۶۰۰ I_۳ = ۶۰۰ I_۴ \Rightarrow I_۳ = I_۴ \Rightarrow I_۳ = I_۴ = \frac{۶}{۲} = ۳A$$

$$A \text{ در گره} : I_{AB} = I_۱ - I_۳ = ۴ - ۳ = ۱A$$

۱۱۹ . گزینه ۱ با بستن کلید K، مقاومت ۳Ω به صورت موازی با مقاومت ۱/۵Ω در مدار قرار می‌گیرد. بنابراین داریم:

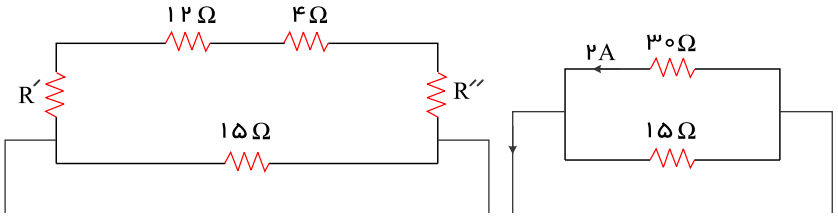
$$V_{\text{مولد}} = \varepsilon - rI = IR_{eq} \ , \ I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$$

قبل از بستن کلید : $I_۱ = \frac{\varepsilon}{۱٫۵ + r} \Rightarrow V_۱ = \frac{\varepsilon}{۱٫۵ + r} \times ۱٫۵$

بعد از بستن کلید : $R_{eq} = \frac{۳ \times ۱٫۵}{۳ + ۱٫۵} = \frac{۳ \times ۱٫۵}{۴٫۵} = ۱\Omega \Rightarrow I_۲ = \frac{\varepsilon}{۱ + r} \Rightarrow V_۲ = \frac{\varepsilon}{۱ + r} \times ۱$

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{\frac{۱\varepsilon}{۱+r}}{\frac{۱٫۵\varepsilon}{۱٫۵+r}}=\frac{(۱٫۵+r)(۱)}{۱٫۵(۱+r)}=\frac{۸}{۹}\Rightarrow ۱۲+۱۲r=۱۳٫۵+۹r\Rightarrow ۳r=۱٫۵\Rightarrow r=\frac{۱}{۲}=۰٫۵\Omega$$

۱۲۰ . گزینه ۴ ابتدا مدار را به صورت زیر ساده می‌کنیم. دقت کنید، در شکل جدیدی که رسم می‌کنیم، جریان کل شاخهٔ بالایی ۲ آمپر است.



$$R_۱=۱۰+۲۰=۳۰\Rightarrow R'=\frac{۳۰\times ۱۵}{۳۰+۱۵}=\frac{۳۰}{۲+۱}=۱۰\Omega$$
$$R_۲=۱۵+۵=۲۰\Rightarrow R''=\frac{۲۰\times ۵}{۲۰+۵}=\frac{۲۰}{۴+۱}=۴\Omega$$

شاخه بالا $R_{eq}=۱۰+۱۲+۴+۴=۳۰\Omega$

$$R_۱I_۱=R_۲I_۲\Rightarrow ۳۰\times ۲=۱۵I_۲\Rightarrow I_۲=۴A\Rightarrow I=I_۱+I_۲=۲+۴=۶A$$

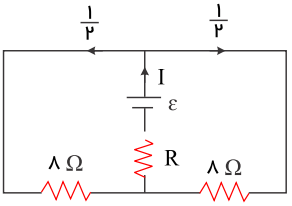
۱۲۱ . گزینه ۱

در حالت اول:
$$V=RI\Rightarrow ۳=R\times\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow ۳=\frac{۴R}{R+r}\Rightarrow ۴R=۳R+۳r\Rightarrow R=۳r$$

در حالت دوم:
$$V'=R'I'\Rightarrow V'=\frac{R}{۲}\times\frac{\varepsilon}{\frac{R}{۲}+r}=\frac{R}{۲}\times\frac{\varepsilon}{\frac{R+۲r}{۲}}$$
$$=\frac{R}{۲}\times\frac{۲\varepsilon}{R+۲r}=\frac{R\varepsilon}{R+۲r}=\frac{۳r(۴)}{۳r+۲r}=\frac{۱۲r}{۵r}=۲٫۴V$$

۱۲۲ . گزینه ۲ جریان I بین دو مقاومت موازی و مساوی ۸ اهمی به نسبت مساوی تقسیم می شود. پس جریان گذرنده از مقاومت های ۸ اهمی نصف جریان در شاخه اصلی یعنی $\frac{I}{۲}$ می‌باشد.

$$P=RI^۲\ ,\ P_{۸\Omega}=P_R\Rightarrow ۸(\frac{I}{۲})^۲=RI^۲\Rightarrow ۲I^۲=RI^۲\Rightarrow R=۲\Omega$$



۱۲۳ . گزینه ۳ اگر کلید K را باز نماییم مقاومت معادل قسمتی از مدار که شامل مقاومت‌های $R_۱, R_۲$ است، زیاد می‌شود و مقاومت معادل مدار (R_T) نیز بیشتر خواهد شد.

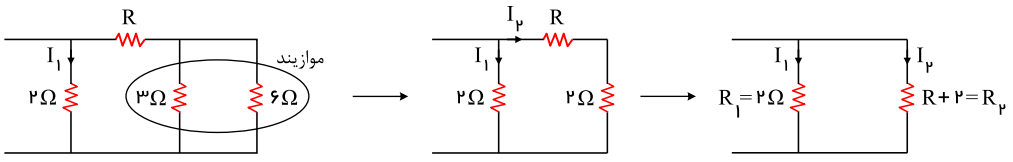
$$\downarrow I=\frac{\varepsilon}{\uparrow R_T+r}$$

اگر ولتاژ دو سر $R_۱$ را $V_۱$ بنامیم، بنابر قانون ولتاژ می‌توان نوشت:

$$+\varepsilon-R_۳I-V_۱=۰\Rightarrow V_۱=\varepsilon-R_۳I$$ (اگر جریان I کم شود مقدار $V_۱$ زیاد می شود.)

$$V_۱=R_۱\ I_۱\Rightarrow\uparrow I_۱=\frac{V_۱\uparrow}{R_۱}$$

۱۲۴ . گزینه ۲

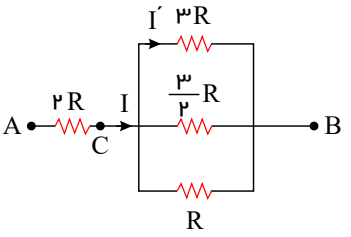


$$R_{۳,۶}=\frac{۶\times ۳}{۶+۳}=۲\Omega\ ,\ I=I_۱+I_۲=۱۵\Rightarrow I_۱=۱۵-I_۲$$
$$R_۱I_۱=R_۲I_۲\Rightarrow ۲I_۱=(R+۲)I_۲\Rightarrow ۲(۱۵-I_۲)=(R+۲)I_۲$$
$$\Rightarrow ۳۰-۲I_۲=RI_۲+۲I_۲\xrightarrow{RI_۲=۱۰}۳۰-۲I_۲=۱۰+۲I_۲\Rightarrow ۲۰=۴I_۲\Rightarrow I_۲=۵A$$
$$\Rightarrow RI_۲=۱۰\Rightarrow R\times ۵=۱۰\Rightarrow R=۲\Omega$$

۱۲۵ . گزینه ۲ ابتدا مقاومت معادل بین دو نقطهٔ C و B را بدست می‌آوریم. سپس رابطهٔ بین جریان کل مدار و جریان عبوری از مقاومت ۳R را محاسبه می‌کنیم. یعنی:

$$\frac{۱}{R_{CB}}=\frac{۱}{۳R}+\frac{۱}{\frac{۳}{۲}R}+\frac{۱}{R}=\frac{۱}{۳R}+\frac{۲}{۳R}+\frac{۱}{R}=\frac{۶}{۳R}=\frac{۲}{R}\Rightarrow R_{CB}=\frac{R}{۲}$$

$$V_{CB}=V_{۳R}\Rightarrow I\times\frac{R}{۲}=I'\times ۳R\Rightarrow I'=\frac{۱}{۶}I$$



$$P=RI^{۲}\Rightarrow\frac{P_{۲R}}{P_{۳R}}=\frac{۲R}{۳R}\times(\frac{I}{I'})^{۲}=\frac{۲}{۳}\times\left(\frac{I}{\frac{۱}{۶}I}\right)^{۲}=\frac{۲}{۳}\times ۳۶=۲۴$$

۱۲۶ . گزینه ۲

ولت سنج هم با تک تک مقاومت ها موازی است و هم با باتری موازی است.

کلید $k_۱$ بسته $\Rightarrow V=RI\Rightarrow ۱۲=۶I\Rightarrow I=۲A$

کلید $k_۲$ بسته $\Rightarrow V'=R'I'\Rightarrow ۱۵=۱۵I'\Rightarrow I'=۱A$

$$V=\varepsilon-rI\Rightarrow\begin{cases}۱۲=\varepsilon-r\times ۲\\ ۱۵=\varepsilon-r\times ۱\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}۱۲=\varepsilon-۲r\\ -۳۰=-۲\varepsilon+۲r\end{cases}\Rightarrow -۱۸=-\varepsilon\Rightarrow\varepsilon=۱۸V$$

۱۲۷ . گزینه ۴ اگر کلید k باز باشد مقاومت معادل $R+۲R=۳R$ اگر کلید k بسته شود مقاومت های $۲R$ و $۲R$ موازی می باشند که معادل آنها برابر است با:

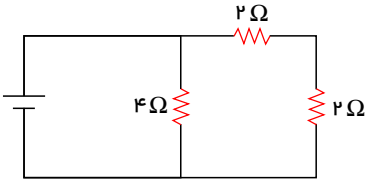
$$\frac{۲R}{۲}=R\Rightarrow R_T=R+R=۲R$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\begin{cases}I_۱=\frac{\varepsilon}{۳R}\\ I_۲=\frac{\varepsilon}{۲R}\end{cases}\Rightarrow\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{\frac{\varepsilon}{۳R}}{\frac{\varepsilon}{۲R}}=\frac{۲}{۳}\Rightarrow\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{۳}{۲}$$

اگر کلید k باز باشد ولت سنج $\frac{۲\varepsilon}{۳}$ و اگر کلید k بسته شود ولت سنج $\frac{\varepsilon}{۲}$ رانشان می دهد.

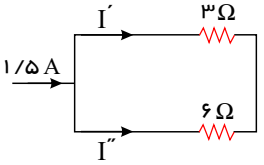
$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{\frac{\varepsilon}{۲}}{\frac{۲\varepsilon}{۳}}\Rightarrow\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{۳}{۴}\Rightarrow V_۲=\frac{۳}{۴}V_۱$$

۱۲۸ . گزینه ۱ مرحله به مرحله، مدار را به صورت زیر ساده کرده و جریان کل را به دست آورده و در مقاومتها تقسیم می‌کنیم.



$$R_{۳,۶}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega\ ,\ R_{۴,۴}=\frac{۴\times۴}{۴+۴}=۲\Omega$$
$$۲+۲=۴$$

$$R_{eq}=\frac{R_۱}{n}=\frac{۴}{۲}=۲\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{۶}{۲+۰}=۳A$$
$$R_{eq}I=R_۱I_۱\Rightarrow ۲\times۳=۴I_۱\Rightarrow I_۱=۱/۵A$$
$$I_۱=I_۲=۱/۵A$$
$$RI=R''I''$$
$$۲\times۱/۵=۶I''\Rightarrow I''=۰/۵A$$

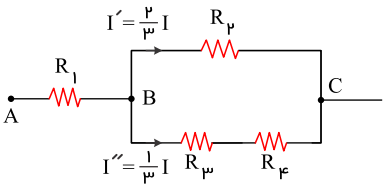


۱۲۹ . گزینه ۲ راه اول: اگر جریان در مقاومت $R_۱$ برابر I باشد جریان در مقاومت $R_۲$ برابر $\frac{۲I}{۳}$ و $R_۳$ برابر $\frac{I}{۳}$ می‌باشد.

$$P_۱=R_۱I^{۲}=۱۰I^{۲}\ ,\ P_۲=R_۲I'^{۲}=۳۰(\frac{۲I}{۳})^{۲}=\frac{۴۰I^{۲}}{۳}$$

$$P_۳=R_۳I''^{۲}=۵۰(\frac{I}{۳})^{۲}=\frac{۵۰}{۹}I^{۲}\ ,\ P_۴<P_۳$$

که توان مصرف شده در $R_۲$ از همه بیشتر می‌باشد.



۱۳۰ . گزینه ۲

با توجه به موازی بودن موقاومتهای ۳ و ۶ اهمی، جریان در مقاومت ۶Ω و پس از آن جریان کل مدار را یافته و در نهایت به صورت زیر مقاومت درونی مولد را محاسبه می‌کنیم .

راه حل اول:

$$R_۱I_۱ = R_۲I_۲ \Rightarrow ۳ \times ۱/۶ = ۶I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰/۸A$$

$$I = I_۱ + I_۲ = ۱/۶ \times ۰/۸ = ۲/۴A$$

$$R_{eq} = \frac{R_۱ + R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} = ۲\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۲/۴ = \frac{۶}{۲ + r} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{۱}{۲ + r} \Rightarrow r = ۰/۵\Omega$$

راه حل دوم:

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

$$\Rightarrow V_{\text{مولد}} = V_{۳\Omega} = ۳ \times ۱/۶ \Rightarrow ۴/۸ = ۶ - ۲/۴r \Rightarrow r = ۰/۵\Omega$$

۱۳۱ . گزینه ۴

چون مقاومت ها موازیند $V_۱ = V_۲$ ؛ بنابراین نسبت توان مصرفی با نسبت مقاومتها، رابطهٔ عکس دارد، یعنی:

$$P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow \frac{P_۱}{P_۲} = \frac{R_۲}{R_۱} \Rightarrow \frac{۴۰}{P_۲} = \frac{۸}{۱۲}$$

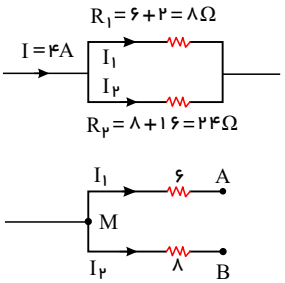
$$P_۲ = ۶۰ \text{ وات}$$

۱۳۲ . گزینه ۳ ابتدا جریان عبوری از هر شاخه را می‌یابیم، سپس برای تعیین اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهٔ A و B به صورت زیر عمل می‌کنیم.

$$R_۱I_۱ = R_۲I_۲ \Rightarrow ۸I_۱ = ۲۴I_۲ \Rightarrow I_۱ = ۳I_۲$$

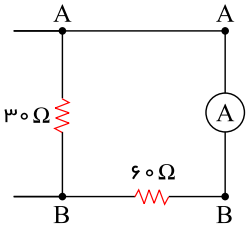
$$I = I_۱ + I_۲ \Rightarrow ۴ = ۳I_۲ + I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۱A, I_۱ = ۳A$$

$$\begin{matrix} V_M - V_A = ۶ \times ۳ \\ V_M - V_B = ۸ \times ۱ \end{matrix} \Rightarrow V_B - V_A = ۱۰V$$



۱۳۳ . گزینه ۱ اگر مدار را به صورت زیر ساده کنیم، اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B با عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد، یکسان است، بنابراین داریم:

$$V = (۱۰ + ۲۰ + ۳۰)I_۲ \rightarrow ۱۲ = ۶۰I_۲$$

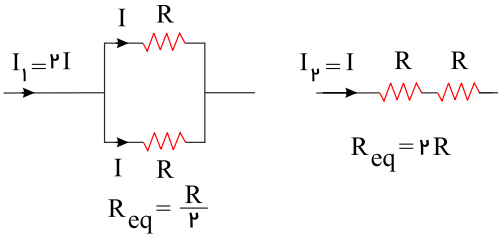


$$\Rightarrow I_۲ = ۰/۲A = \text{عدد نشان داده شده بوسیله ی آمپرسنج}$$

۱۳۴ . گزینه ۲ دقت کنید که چون جریان عبوری از هر یک از مقاومتها، در هر دو مدار یکسان است، جریان کل در شاخهٔ شامل مقاومتهای موازی، دو برابر مدار دیگر است، یعنی:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \begin{cases} I_۱ = \dfrac{\varepsilon}{\frac{R}{۲} + r} \\ I_۲ = \dfrac{\varepsilon}{۲R + r} \end{cases}$$

$$\xrightarrow{I_۱ = ۲I_۲} \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۲} + r} = \frac{۲\varepsilon}{۲R + r} \Rightarrow R + ۲r = ۲R + r \Rightarrow r = R$$



۱۳۵ . گزینه ۳ در اینجا نقش کلید، اتصال کوتاه کردن دو سر مقاومت R است، به گونه‌ای که بعد از بستن کلید، مقاومت R از مدار حذف می‌شود.

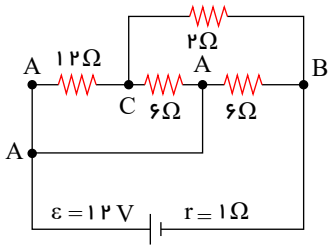
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow \begin{cases} I_۱ = \dfrac{\varepsilon}{۳R} \\ I_۲ = \dfrac{\varepsilon}{۲R} \end{cases} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{\frac{\varepsilon}{۳R}}{\frac{\varepsilon}{۲R}} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow I_۲ = \frac{۳}{۲}I_۱ = ۱/۵I_۱$$

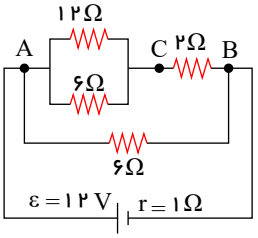
۱۳۶ . گزینه ۲ ابتدا با توجه به موازی بودن مقاومتهای $۴\Omega, ۱۲\Omega$، جریان عبوری از مقاومت ۱۲Ω را محاسبه می‌کنیم. پس از آن جریان کل و در نهایت نیروی محرکهٔ مولد را به صورت زیر می‌یابیم.

$$R_۱I_۱ = R_۲I_۲ \Rightarrow ۴ \times ۳ = ۱۲I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۱A \ , \ I = I_۱ + I_۲ = ۳ + ۱ = ۴A$$

$$R = \frac{۱۲ \times ۴}{۱۲ + ۴} = \frac{۴۸}{۱۶} = ۳\Omega \ , \ I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۴ = \frac{\varepsilon}{۴ + ۰} \Rightarrow \varepsilon = ۱۶V$$

۱۳۷ . گزینه ۱ ابتدا نقاط را به صورت زیر نامگذاری کرده و مدار را ساده می‌کنیم تا مقاومت معادل و پس از جریان کل مدار را می‌یابیم. یعنی:



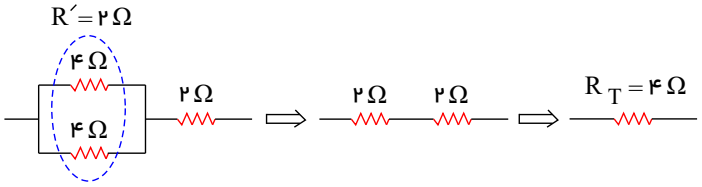


$$R' = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} = ۴\Omega \quad , \quad R'' = ۴ + ۲ = ۶\Omega \Rightarrow R_{eq} = \frac{۶}{۲} = ۳\Omega$$

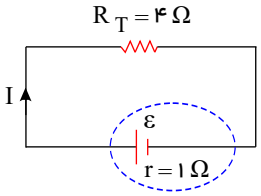
$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۳ + ۱} = ۳A \Rightarrow P' = rI^{۲} = ۱ \times ۳^{۲} = ۹W$$

۱۳۸ . گزینه ۴

برای به دست آوردن بازده، ابتدا مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم:



شکل روبه‌رو مدار معادل صورت سؤال است و می‌توان نوشت:



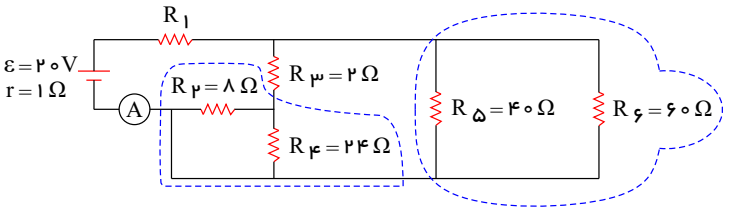
$$\begin{cases} \text{توان تولیدی باتری} = \text{توان کل} = rI^{۲} + R_T I^{۲} = (r + R_T)I^{۲} = (۱ + ۴)I^{۲} = ۵I^{۲} \\ \text{توان مفید} = R_T I^{۲} = ۴I^{۲} \end{cases}$$

$$\text{بازده مولد} = \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان مولد}} = \frac{۴I^{۲}}{۵I^{۲}} = \frac{۴}{۵} = ۸۰\%$$

تذکر: دقت شود که توان تولیدی باتری به اندازه‌ی $rI^{۲}$ در پیل و به اندازه‌ی $R_T I^{۲}$ در مقاومت‌های خارجی مصرف می‌شود و توان تولیدی کل برابر مجموع این دو مقدار است.

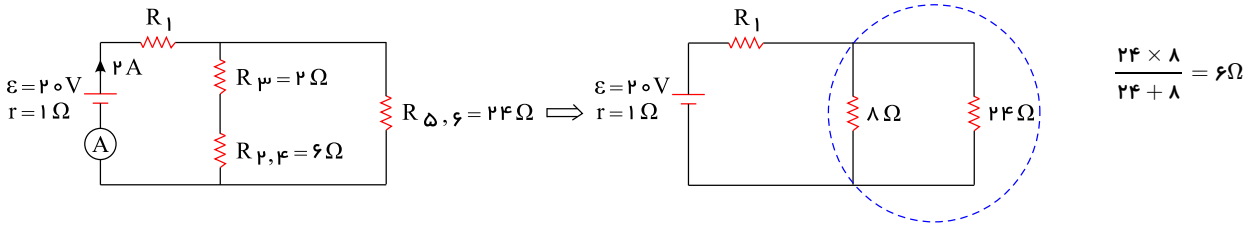
۱۳۹ . گزینه ۱ برای محاسبه‌ی جریان آمپرسنج (که همان جریان خروجی از باتری است.) ابتدا مقاومت معادل دو سر باتری را به دست می‌آوریم.

دقت کنید که مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۴$ به صورت موازی به هم بسته شده اند:

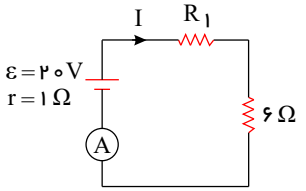


$$\begin{cases} R_۵ \text{ موازی با } R_۶ \Rightarrow R_{۵,۶} = \frac{۶۰ \times ۴۰}{۶۰ + ۴۰} = ۲۴\Omega \\ R_۲ \text{ موازی با } R_۴ \Rightarrow R_{۲,۴} = \frac{۲۴ \times ۸}{۲۴ + ۸} = ۶\Omega \end{cases}$$

و این مدار به صورت زیر ساده می‌شود:



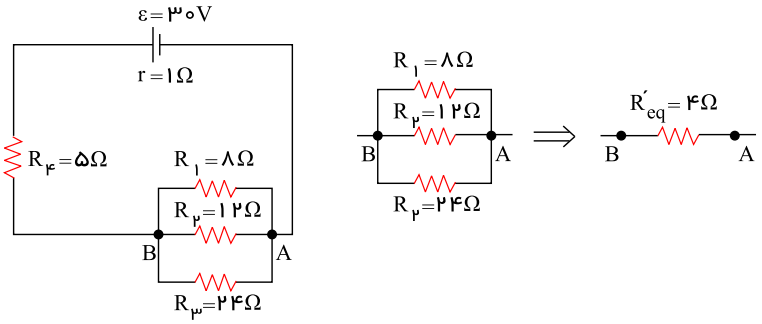
جریان آمپرسنج: $I = \frac{\varepsilon}{r + (R_۱ + ۶)} \Rightarrow ۲ = \frac{۲۰}{۱ + (R_۱ + ۶)} \Rightarrow R_۱ = ۳\Omega$



۱۴۰ . گزینه ۱ برای محاسبهٔ انرژی گرمایی تولید شده در مقاومت $R_۳$ با توجه به رابطهٔ $P = \frac{V^{۲}}{R}$، ابتدا باید ولتاژ دو سر مقاومت $R_۳$ را به دست آوریم.

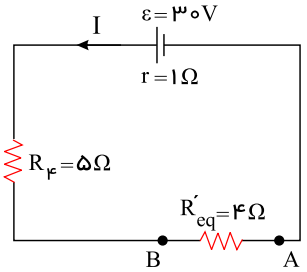
برای این منظور ابتدا مقاومت معادل $R_۱$ ، $R_۲$ و $R_۳$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{۱}{R'_{eq}}=\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۲۴}$$
$$\frac{۱}{R'_{eq}}=\frac{۳+۲+۱}{۲۴}=\frac{۱}{۴}\Rightarrow R'_{eq}=۴\Omega$$



مدار معادل به صورت زیر است:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$$
$$I=\frac{۳۰}{۱+۵+۴}=۳A\Rightarrow V_{AB}=R'_{eq}I=۴\times۳=۱۲V$$

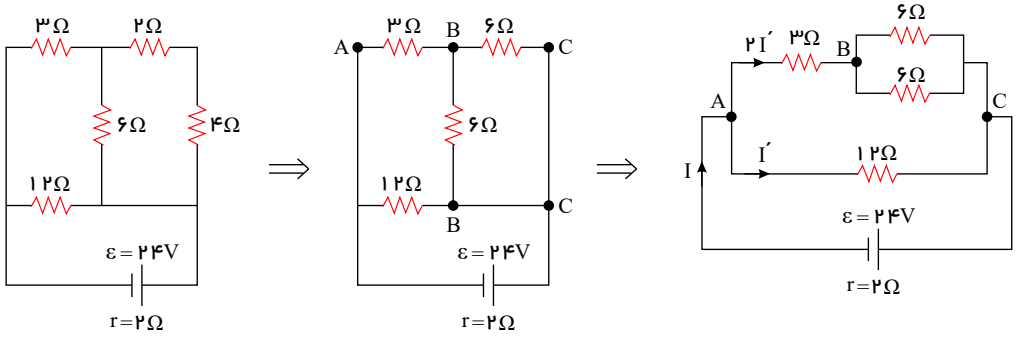


در این صورت توان مقاومت $R_۳$ برابر است با:

$$P=\frac{V_{AB}^{۲}}{R_۳}=\frac{۱۲^{۲}}{۲۴}=۶W$$

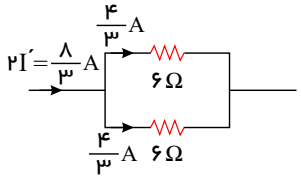
گرمای تولید شده در ۱۰۰ ثانیه $=Pt=۶\times۱۰۰=۶۰۰J$

۱۴۱ . گزینه ۲ در مدار زیر ابتدا باید دقت کنید که مقاومت های ۴ و ۲ اهمی سری بوده و با مقاومت ۶ اهمی موازی هستند. در شکل زیر برای درک بهتر، مدار را ساده‌تر کرده‌ایم:



$$R_T=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۲۴}{۴+۲}=۴A$$
$$۳I'=۴\Rightarrow I'=\frac{۴}{۳}A$$

⇒ شاخه‌ی بالایی



جریان شاخه‌ی بالایی $\frac{۴}{۳}A$ است.

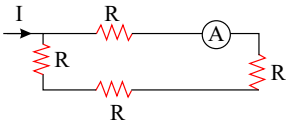
۱۴۲ . گزینه ۱ ابتدا مقاومت معادل مدار را یافته و سپس مقاومت درونی مولد را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq}I^{۲}=۳\times rI^{۲}\Rightarrow ۲۰=۳r\Rightarrow r=\frac{۲۰}{۳}\Omega$$
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۴۰}{۲۰+\frac{۲۰}{۳}}=\frac{۴۰}{\frac{۸۰}{۳}}=۱/۵A$$

در ادامه شدت جریان در مقاومت ۳۰ اهمی را محاسبه کرده و توان آن را به‌دست می‌آوریم:

$$I_۱=\frac{۶۰}{۳۰+۶۰}\times۱/۵=۱A\Rightarrow P=RI_۱^{۲}=۳۰\times۱^{۲}=۳۰W$$

۱۴۳ . گزینه ۴ اگر $K_۱$ بسته و $K_۲$ باز باشد، شکل مدار به‌صورت زیر بوده و مقاومت معادل برابر است با:

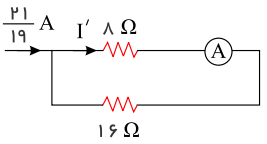


$$V = V_۱ \Rightarrow \frac{۳}{۴}IR = \frac{۳}{۴}R \Rightarrow \frac{۳}{۴}I = \frac{۳}{۴} \Rightarrow I = ۱A$$

$$R_{eq} = \frac{R \times ۳R}{R + ۳R} = \frac{۳}{۴}R \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$$

$$\Rightarrow ۱ = \frac{۷}{\frac{۳}{۴}R + ۱} \Rightarrow R = ۸\Omega$$

در حالت دوم با بسته شدن کلید $K_۲$، مقاومت R در سمت چپ اتصال کوتاه می‌شود و جریان کل عبارت است از:

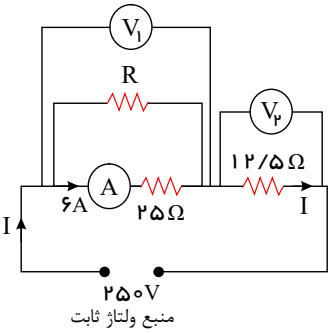


$$R_T = \frac{۱۶ \times ۸}{۱۶ \times ۸} = \frac{۱۶}{۳}\Omega \Rightarrow I_{\text{کل}} = \frac{۷}{\frac{۱۶}{۳} + ۱} = \frac{۲۱}{۱۹}A$$

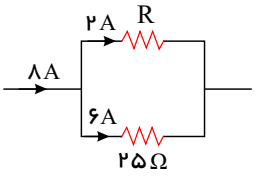
$$I' = \frac{۲}{۳}_{\text{کل}} = \frac{۲}{۳} \times \frac{۲۱}{۱۹} = \frac{۱۴}{۱۹}A$$

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

$$\begin{cases} V_۱ + V_۲ = V_T \\ V_T = ۲۵۰V \\ V_۱ = ۲۵ \times ۶ = ۱۵۰V \ , \ V_۲ = ۱۲٫۵I \end{cases} \Rightarrow ۱۵۰ + ۱۲٫۵I = ۲۵۰ \Rightarrow I = ۸A$$



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



$$\Rightarrow ۲R = ۶ \times ۲۵ \Rightarrow R = ۷۵\Omega$$

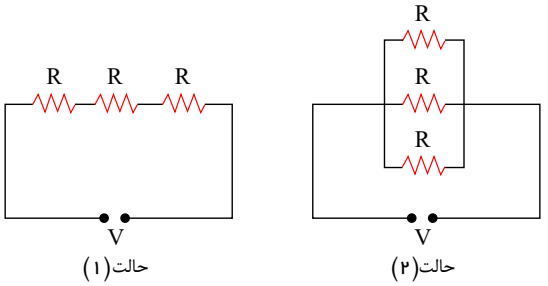
$$R \text{ توان مقاومت} \Rightarrow P = RI^۲ = ۷۵ \times ۲^۲ = ۳۰۰W = ۰٫۳kW \ , \ t = ۳۰ \min = \frac{۱}{۲}h$$

$$\text{انرژی مصرفی} \Rightarrow W = P \cdot t \Rightarrow W = ۰٫۳ \times \frac{۱}{۲} = ۰٫۱۵kWh$$

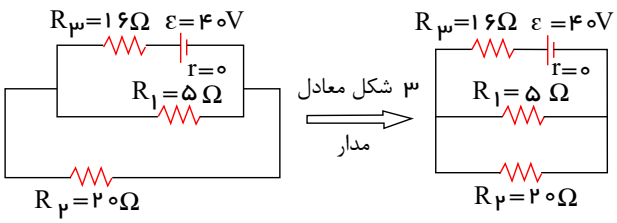
۱۴۵ . گزینه ۴ با مقایسهٔ دو حالت و با توجه به یکسان بودن منبع ولتاژ در دوحالت می‌توان نوشت:

$$P = \frac{V^۲}{R_T} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱} = \frac{R_{T_۱}}{R_{T_۲}} = \frac{۳R}{\frac{R}{۳}} = ۹ \Rightarrow P_۲ = ۹P_۱$$

$$P_۱ = ۹۰W \Rightarrow P_۲ = ۸۱۰W$$



۱۴۶ . گزینه ۲ در ابتدا با ساده کردن مدار، مقاومت معادل و جریان خروجی از باتری را محاسبه می‌کنیم:

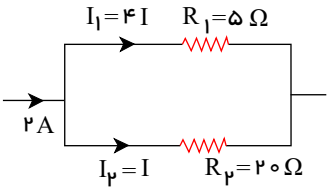


$$R_۱ \text{ و } R_۲ \text{ موازی هستند و حاصل با } R_۳ \text{ سری است} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} + R_۳ = \frac{۵ \times ۲۰}{۵ + ۲۰} + ۱۶ = ۲۰\Omega$$

$$I_{کل} = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۴۰}{۲۰ + ۰} = ۲A$$

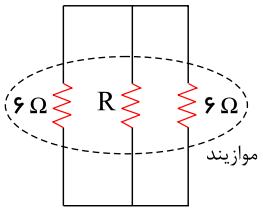
در ادامه جریان $۲A$ را بین مقاومت های موازی ۵Ω و ۲۰Ω توزیع کرده و جریان $I_۱$ را محاسبه می کنیم:

$$I_۱ + I_۲ = ۲ \Rightarrow ۵I = ۲A \Rightarrow I = ۰/۴A$$
$$I_۱ = ۴ \times ۰/۴ = ۱/۶A$$



تذکر: در مقاومت های موازی، جریان عبوری از هر مقاومت با اندازه ی مقاومت رابطه‌ی معکوس دارد و از مقاومت بزرگتر جریان کمتر عبور می کند، بنابراین اگر جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ را I فرض کنیم، جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ برابر $۴I$ است (دقت شود که $R_۱$، $\frac{۱}{۴}$ برابر $R_۲$ است).

۱۴۷ . 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 می‌باشد.

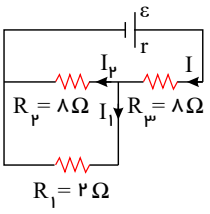


$$V = R_{eq}I \Rightarrow ۳۰ = \frac{۳ \times R}{۳ + R} \times ۱۵ \Rightarrow ۶ + ۲R = ۳R \Rightarrow R = ۶\Omega$$

۱۴۸ . 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.

۱۴۹ . گزینه ۴ اگر جریان کل مدار را I فرض کنیم، جریان عبوری از مقاومتهای $R_۱, R_۲$ به صورت زیر خواهد بود:

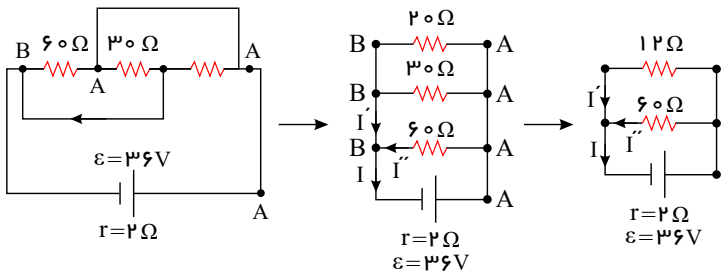
$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow R_۱I_۱ = R_۲I_۲ \Rightarrow ۲ \times I_۱ = ۸ \times I_۲ \Rightarrow I_۱ = ۴I_۲$$
$$I_۱ + I_۲ = I \Rightarrow I_۱ + \frac{۱}{۴}I_۱ = I \Rightarrow \frac{۵}{۴}I_۱ = I$$
$$\frac{P_۳}{P_۱} = \frac{R_۳I^۲}{R_۱I_۱^۲} = \frac{۸ \times \left(\frac{۵}{۴}I_۱\right)^۲}{۲ \times I_۱^۲} = \frac{۲۵}{۴}$$



۱۵۰ . گزینه ۳ ابتدا با توجه به نقاط هم پتانسیل مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم. مشاهده می‌شود سه مقاومت به‌صورت موازی به یکدیگر بسته شده‌اند.

بنابراین مقاومت معادل مدار و جریان عبوری از شاخهٔ اصلی مدار عبارت است از:

$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{۶۰} + \frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{۲۰} = \frac{۱}{۱۰} \Rightarrow R_T = ۱۰\Omega$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{۳۶}{۱۰ + ۲} \Rightarrow I = ۳A$$



همان‌طور که مشاهده می‌شود، جریان I' مجموع جریان‌های عبوری از دو مقاومت موازی ۲۰Ω و ۳۰Ω است، با توجه به این که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی یکسان است، می‌توان نوشت:

$$I'R_{۲۰,۳۰} = I''R_{۶۰} \Rightarrow I'(\frac{۲۰ \times ۳۰}{۲۰ + ۳۰}) = I'' \times ۶۰ \Rightarrow I'' = \frac{۱}{۵}I'$$

از طرفی داریم:

$$I' + I'' = I \Rightarrow I' + \frac{۱}{۵}I' = ۳ \Rightarrow \frac{۶}{۵}I' = ۳ \Rightarrow I' = ۲/۵A$$

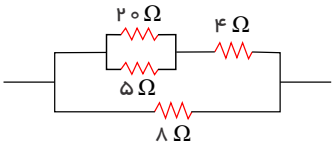
۱۵۱ . گزینه ۱

$$\left.\begin{array}{l} A \text{ کلید در حالت}: \quad R_{eq_۱} = \frac{۶\times۳}{۶+۳} = ۲\Omega \Rightarrow I_A = \frac{\varepsilon}{۲+r} \\ B \text{ کلید در حالت}: \quad R_{eq_۲} = ۲\Omega \Rightarrow I_B = \frac{\varepsilon}{۲+r} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = ۱$$

(مقاومت‌های ۳Ω , ۴Ω حذف می‌شود)

۱۵۲ . گزینه ۱

مدار موردنظر به شکل مقابل خواهد بود: (برای تعیین نوع اتصال و مقاومت‌ها، از روش سعی و خطا و نیز ویژگی‌های مربوط به اتصال موازی و متوالی مقاومت‌ها استفاده کردیم)



مقاومت معادل شاخهٔ بالا هم همان ۸Ω است؛ بنابراین از شاخهٔ بالا جریانی برابر با شاخهٔ پایین عبور می‌کند. $(I = ۵A)$

همچنین می‌دانیم در اتصال موازی شدت جریان به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود؛ بنابراین:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{I_{۲۰\Omega}}{I_{۵\Omega}} = \frac{۵\Omega}{۲۰\Omega} \Rightarrow I_{۲۰\Omega} = \frac{۱}{۴}I_{۵\Omega} \\ \text{از طرفی}: \quad I_{۲۰\Omega} + I_{۵\Omega} = ۵ \end{array}\right\} \Rightarrow I_{۲۰\Omega} = ۱A$$

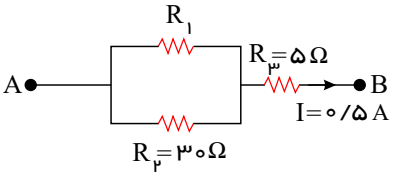
۱۵۳ . گزینه ۳ چون کلید در مسیر اصلی جریان است، اگر کلید را قطع کنیم جریان کل مدار صفر می شود. ولت سنج نیروی محرکه ی مولد را نشان می دهد.

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow ۰/۸\varepsilon = \varepsilon - ۲ \times ۰/۸ \Rightarrow ۰/۲\varepsilon = ۱/۶ \Rightarrow \varepsilon = ۸V$$

۱۵۴ . گزینه ۱ ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ و پس از آن جریان عبوری از این شاخه را می‌یابیم. یعنی:

$$V_{AB} = V_{R_{۱,۲}} + V_{R_۳} \Rightarrow V_{R_{۱,۲}} = V_{AB} - V_{R_۳} = ۸/۵ - ۰/۵ \times ۵ = ۶V$$

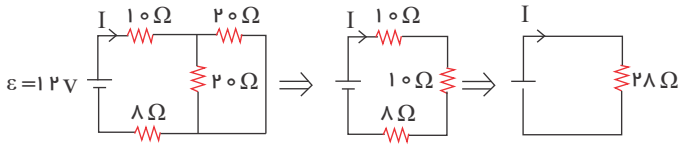
$$I_۲ = \frac{V_۲}{R_۲} = \frac{۶}{۳۰} = ۰/۲A$$



۱۵۵ . گزینه ۳

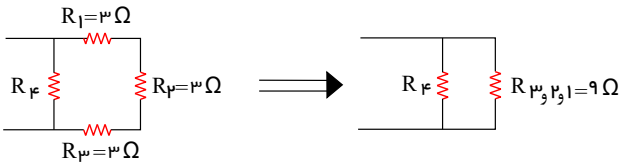
بدیهی است که با تعیین مقاومت معادل، می‌توانیم جریان I را به صورت زیر بیابیم.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۲۸ + ۲} = ۰/۴A$$



۱۵۶ . گزینه ۱ با توجه به آنکه توان مصرفی تمامی مقاومت‌ها برابر است و با توجه به اتصال متوالی و برابری جریان عبوری از هر سه مقاومت سری $R_۳, R_۲, R_۱$ می‌توان گفت:

$$\left.\begin{array}{l} P_۱ = P_۲ = P_۳ \\ I_۱ = I_۲ = I_۳ \end{array}\right\} \xrightarrow{P=RI^۲} R_۱ = R_۲ = R_۳$$



$$P_۱ = P_۲ = P_۳ = P_۴ = P$$

$$P_{۱,۲,۳} = P_۱ + P_۲ + P_۳ \Rightarrow P_{۱,۲,۳} = ۳P$$

$$R_۴ || R_{۱,۲,۳} \Rightarrow V_۴ = V_{۱,۲,۳}$$

$$P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow \frac{P_{۱,۲,۳}}{P_۴} = (\frac{V_{۱,۲,۳}}{V_۴})^۲ \times (\frac{R_۴}{R_{۱,۲,۳}})$$

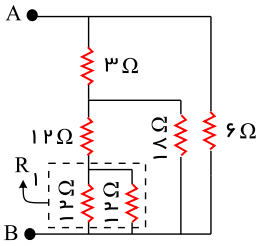
$$\Rightarrow \frac{۳P}{P} = ۱ \times \frac{R_۴}{۹} \Rightarrow R_۴ = ۲۷\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_{۱,۲,۳}} + \frac{۱}{R_۴} = \frac{۱}{۹} + \frac{۱}{۲۷} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۲۷}{۴}\Omega$$

۱۵۷ . گزینه ۴ شدت نور مرتبط با توان لامپ است و با توجه به تشابه لامپ‌ها مرتبط با شدت جریان عبوری از لامپ است. اگر در مداری اختلاف پتانسیل دو سر لامپ برابر با اختلاف پتانسیل دو سر لامپ در مدار شکل صورت سؤال باشد، شدت نور در آن نیز مشابه شدت نور آن خواهد بود.

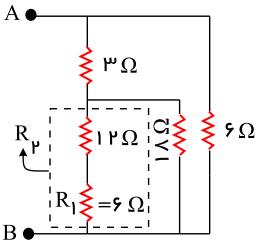
در گزینهٔ (۴) وجود یک لامپ موازی تأثیری بر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ندارد و درنتیجه شدت نور لامپ‌ها در گزینهٔ (۴) تقریباً برابر شدت نور لامپ در شکلِ صورت سؤال است.

۱۵۸ . گزینه ۱ در حالت اول (کلید k باز است): در این حالت مدار به شکل زیر خواهد بود:

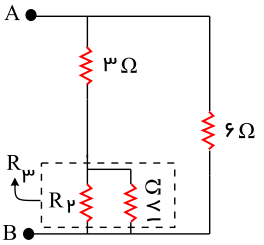


دو مقاومت ۱۲ اهمی پایین موازی‌اند

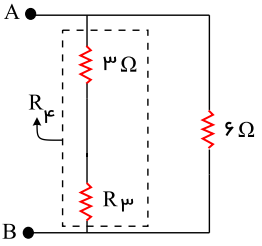
$$\frac{۱}{R_۱}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۱۲}=\frac{۱}{۶}\rightarrow R_۱=۶\,\Omega$$



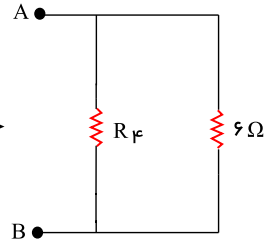
مقاومت‌های $R_۱$ و ۱۲Ω متوالی هستند



مقاومت‌های $R_۲$ و ۱۸Ω موازی‌اند



مقاومت‌های ۳Ω و $R_۳$ متوالی هستند

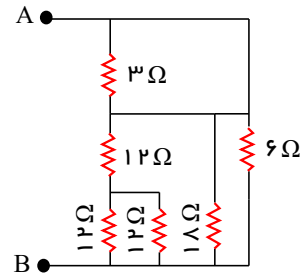


$$R_۲=R_۱+۱۲=۶+۱۲=۱۸\Omega \qquad \frac{۱}{R_۳}=\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{۱۸}=\frac{۱}{۱۸}+\frac{۱}{۱۸}=\frac{۲}{۱۸}\Rightarrow R_۳=۹\Omega \qquad R_۴=R_۳+۳=۹+۳=۱۲\Omega$$

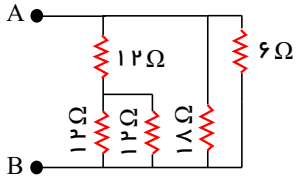
با توجه به مدار معادل به‌دست‌آمده، مقاومت معادل بین A و B برابر است با:

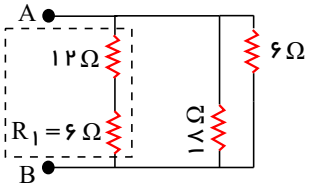
$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۴}+\frac{۱}{۶}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}=\frac{۳}{۱۲}\Rightarrow R_{eq}=۴\Omega$$

حالت دوم (کلید k بسته است): در این حالت، با توجه به مدار زیر، دو سر مقاومت ۳ اهمی با یک سیم به یکدیگر متصل شده‌اند. بنابراین این مقاومت اتصال کوتاه می‌شود:

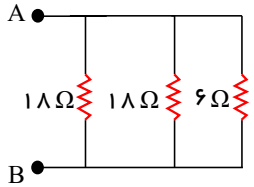


حذف مقاومت ۳Ω





مقاومت‌های $R_۱$ و ۱۲Ω سری هستند



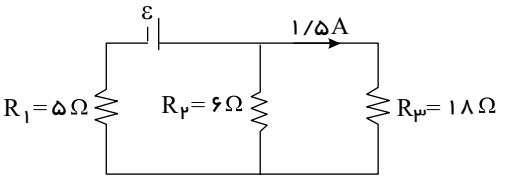
اکنون با توجه به مدار فوق، مقاومت معادل بین A و B برابر است با:

$$\frac{۱}{R'_{eq}}=\frac{۱}{۱۸}+\frac{۱}{۱۸}+\frac{۱}{۶}=\frac{۱+۱+۳}{۱۸}=\frac{۵}{۱۸}\Rightarrow R'_{eq}=۳٫۶\Omega$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقاومت معادل با بسته شدن کلید k به‌اندازهٔ ۰٫۴ اهم تغییر کرده است:

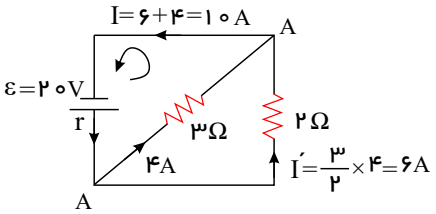
$$\Delta R=|R_{eq}-R'_{eq}|=|۴-۳٫۶|=۰٫۴\Omega$$

۱۵۹ . گزینه ۴ جریان عبوری از مقاومت ۵ اُهمی جریان کل مدار یا جریان عبوری از مولد می‌باشد.



$$V_۲ = V_۳ \rightarrow R_۲I_۲ = R_۳I_۳ \rightarrow ۶ \times I_۲ = ۱۸ \times ۱/۵$$
$$I_۲ = ۴/۵A$$
$$I_۱ = I_۲ + I_۳ = ۴/۵ + ۱/۵ = ۶A$$
$$P_۱ = R_۱I_۱^۲ \rightarrow P_۱ = ۵ \times ۶^۲ = ۱۸۰W$$

۱۶۰ . گزینه ۲ دو مقاومت ۳Ω و ۲Ω با هم موازی هستند، بنابراین نسبت جریان در آن‌ها به نسبت عکس مقاومت‌ها می‌باشد و جریان مقاومت ۲Ω، $\frac{۳}{۲}$ برابر جریان مقاومت ۳ اهمی است. در ادامه با یک دور چرخیدن در حلقهٔ نشان داده شده می‌توان نوشت:



$$\cancel{V_A} - ۳ \times ۴ + ۲۰ - r \times ۱۰ = \cancel{V_A} \Rightarrow r = \frac{۸}{۱۰} = ۰/۸\Omega$$

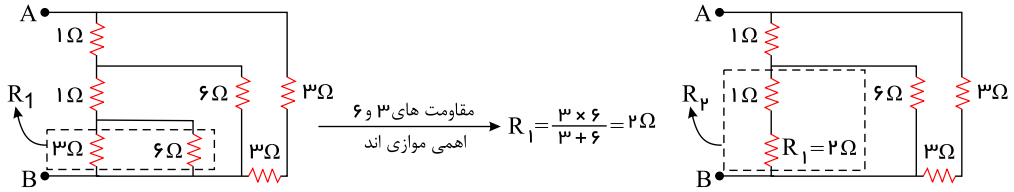
روش دیگر: اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۳Ω برابر است. یعنی:

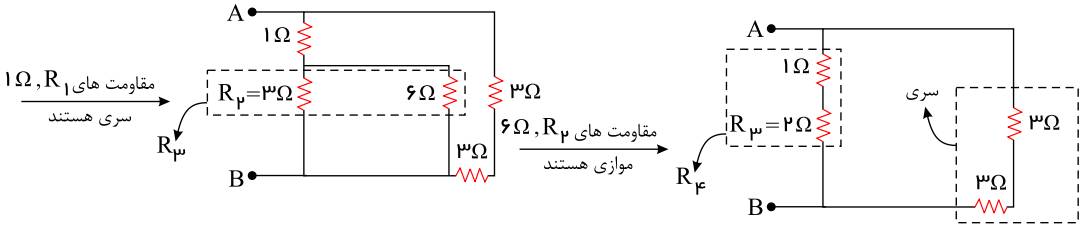
$$\varepsilon - rI = RI \rightarrow ۲۰ - r \times ۱۰ = ۳ \times ۴$$
$$\rightarrow r = ۰/۸\Omega$$

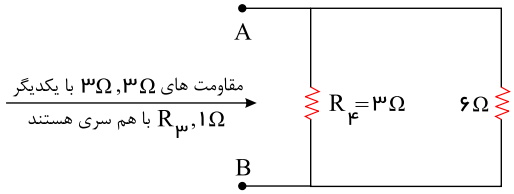
تذکر: می‌توان با محاسبهٔ R_{eq} و استفاده از رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ نیز r را به‌دست آورد.

۱۶۱ . گزینه ۲ مدار را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

حالت ۱ (کلید K باز است): در این حالت مدار به شکل زیر خواهد بود:



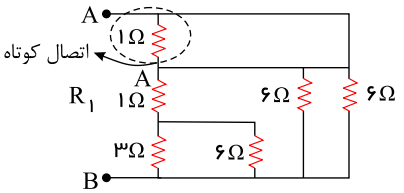


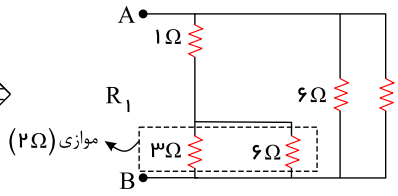


در نهایت مقاومت معادل مجموعه برابر است با:

$$R_{eq_۱} = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} = ۲\Omega$$

حالت ۲ (کلید K بسته است): در این حالت، باتوجه به مدار زیر، دو سر مقاومت یک اهمی بالایی با یک سیم به یکدیگر متصل شده است، بنابراین این مقاومت اتصال کوتاه می‌شود:

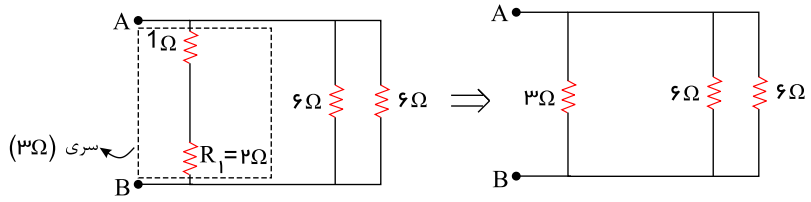




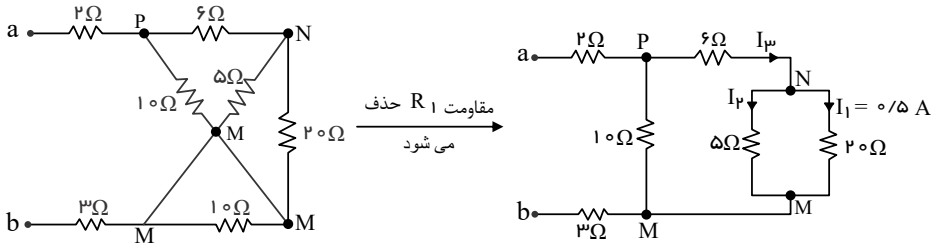
$$\frac{۱}{R_{eq_۲}} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۶} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow R_{eq_۲} = \frac{۳}{۲} = ۱٫۵\Omega$$

همان طورکه ملاحظه می‌شود، مقاومت معادل با بسته شدن کلید K به اندازه‌ی ۰٫۵ اهم تغییر کرده است:

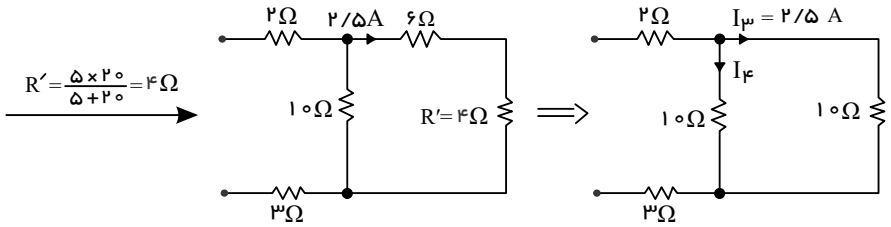
$$\Delta R_{eq} = |۱٫۵ - ۲| = ۰٫۵\Omega$$



۱۶۲ . گزینه ۴ درشکل زیردو سرمقاومت ۱۰ اهمی پایینی اتصال کوتاه شده (دو سر آن هم پتانسیل شده است) واین مقاومت از مدارحذف می‌شود. از طرفی مقاومت‌های ۵ و ۲۰ اهمی با هم موازی‌اند و مدار ساده شده به صورت زیر است:

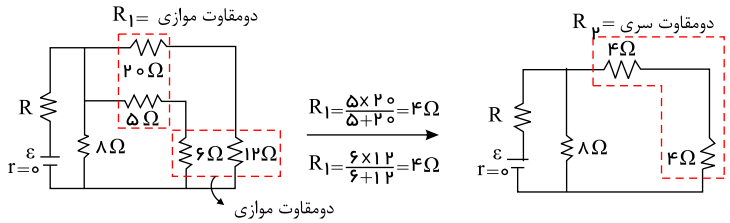


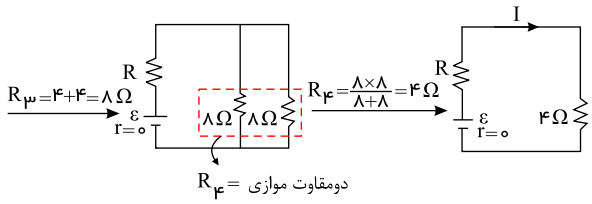
باتوجه به موازی بودن مقاومت‌های ۵Ω و ۲۰Ω شدت جریان مقاومت ۵Ω، ۴ برابر شدت جریان مقاومت ۲۰ اهمی بوده و برابر $(۴ \times ۰٫۵ = ۲A)$ می باشد و در نتیجه جریان عبوری از کل شاخه‌ی سمت راست برابر $I_۳ = I_۱ + I_۲ = ۲٫۵A$ می‌باشد. حال مقاومت معادل شاخه سمت راست را به دست می‌آوریم:



دو مقاومت ۱۰ اهمی در شکل جدید با هم موازی‌اند و چون اندازهٔ آن‌ها با هم برابر است، $I_۴ = ۲٫۵A$ است. بنابراین جریان کل عبوری از مقاومت دو اهمی برابر $I = I_۳ + I_۴ = ۵A$ است.

۱۶۳ . گزینه ۳ می‌دانیم توان مصرفی در مقاومت مورد نظر، از رابطهٔ $P = RI^۲$ به‌دست می‌آید. بنابراین ابتدا باید مقدار جریان در مدار را به‌دست آوریم:





روش اول:

بنابراین مقدار جریان عبوری از مقاومت R برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{\varepsilon}{(R+۴)+۰} = \frac{\varepsilon}{R+۴}$$

محاسبهٔ توان مقاومت $R \Rightarrow P = RI^۲ = R(\frac{\varepsilon}{R+۴})^۲ = \varepsilon^۲ \frac{R}{(R+۴)^۲}$

برای یافتن مقدار مقاومت R به منظور بیشینه شدن توان مصرفی در آن (P_{max}) ، باید مشتق P نسبت به R برابرصفرگردد، بنابراین از $\frac{R}{(R+۴)^۲}$ نسبت به R مشتق می‌گیریم:

$$\frac{dP}{dR}=۰ \xrightarrow{\text{مشتق}} \varepsilon^۲\left[\frac{۱\times(R+۴)^۲-R[۲(R+۴)]}{(R+۴)^۴}\right]=۰ \xrightarrow{\text{صورت کسر}=۰} (R+۴)^۲-۲R(R+۴)=۰$$

$$\Rightarrow (R+۴)[(R+۴)-۲R]=۰ \Rightarrow \begin{cases} R+۴=۰ \Rightarrow R=-۴ \quad \text{غ ق ق} \\ R+۴-۲R=۰ \Rightarrow R=۴\Omega \quad \text{ق ق} \end{cases}$$

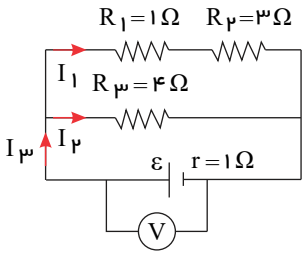
روش دوم: می‌دانیم توان خروجی مولد در حالتی‌که $R_{eq}=r$ است بیشینه می‌شود. حال چون $r=۰$ است، اگر فرض کنیم R نقش r را بازی می‌کند (در اینجا R به طور متوالی با مولد بسته شده) برای بیشینه شدن توان، باید $R=۴\Omega$ باشد.

۱۶۴ . گزینه ۲

$$\left.\begin{array}{l} \text{کلید } K \text{ باز است} \Rightarrow V_۱=\varepsilon \\ \text{کلید } K \text{ بسته است} \Rightarrow V_۲=\varepsilon-Ir \end{array}\right\} \xrightarrow{V_۱=V_۲} Ir=۰ \Rightarrow I\neq ۰=r=۰$$

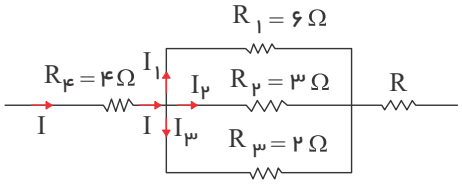
بنابراین مقاومت درونی مولد ناچیز بوده و در مقایسه با مقاومت خارجی مدار ناچیز می‌باشد.

۱۶۵ . گزینه ۲



$$P_۱=۴W \Rightarrow I_۱^۲R_۱=۴ \Rightarrow I_۱=۲A \Rightarrow I_۲=۲A$$
$$I=I_۱+I_۲=۴A$$
$$I=\frac{\varepsilon}{R_T+r} \Rightarrow ۴=\frac{\varepsilon}{\frac{۴}{۲}+۱} \Rightarrow \varepsilon=۱۲\,V$$
$$V=\varepsilon-Ir \Rightarrow V=۱۲-۴\times ۱=۸\,V$$

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



$$\begin{cases} V_۱=V_۲=V_۳ \\ I_۱=\frac{V_۱}{R_۱}=\frac{I}{۶}\ ,\ I_۲=\frac{I}{۳}\ ,\ I_۳=\frac{I}{۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_۶}{P_۴}=\frac{R_۶I_۱^۲}{R_۴I^۲}=\frac{۶\times\frac{I^۲}{۳۶}}{۴\times I^۲}=\frac{۱}{۲۴}$$

۱۶۷ . گزینه ۳

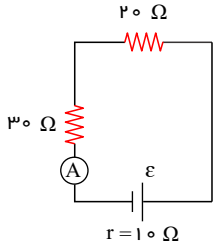
ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم: $V_T=R_TI \rightarrow ۱۲۰=R_T\times ۱۵ \rightarrow R_T=۸\Omega$

چون این مقاومت، کوچکتر از اندازهٔ هر مقاومت (یعنی ۴۰ اهم) است، مقاومت‌ها را موازی بسته‌ایم:

$$R_T=\frac{R}{n} \rightarrow ۸=\frac{۴۰}{n} \rightarrow n=۵$$

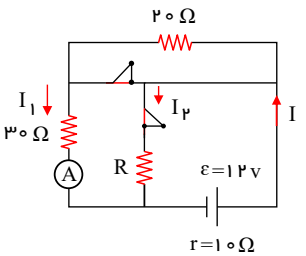
۱۶۸ . گزینه ۳ وقتی هر دو کلید بازهستند، می‌توان مدار را به‌صورت زیر در نظر گرفت و جریان مدار را محاسبه کرد:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow ۰/۲=\frac{\varepsilon}{۵۰+۱۰} \rightarrow \varepsilon=۱۲V$$



وقتی هر دو کلید بسته‌اند، مدار به شکل زیر است و چنان که می‌بینید، مقاومت ۲۰ اهمی اتصال کوتاه شده است و دو مقاومت دیگر هم موازی‌اند. ولتاژ دو سر مقاومت ۳۰ اهمی را می‌توان به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$V_۱=R_۱I_۱ \rightarrow V_۱=۳۰\times ۰/۲=۶ \text{ ولت}$$

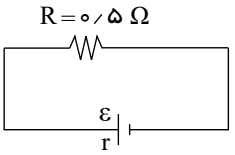


ولتاژ دو سر مولد نیز همین مقدار است: $V=\varepsilon-rI \rightarrow ۶=۱۲-۱۰I \rightarrow I=۰/۶A$

به این ترتیب، جریان دو مقاومت R برابر $۰/۴=۰/۲-۰/۶$ آمپر است و چون ولتاژ دو سرآن هم ۶ ولت است، می‌توان نوشت:

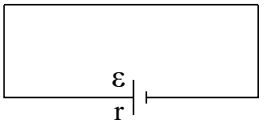
$$V_۲=RI_۲ \rightarrow ۶=R\times ۰/۴ \rightarrow R=۱۵\Omega$$

۱۶۹ . گزینه ۳ ابتدا اختلاف پتانسیل مولد را در حالت کلید باز محاسبه می‌کنیم:



$$\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۱٫۵}{۰٫۵+۰٫۵}\Rightarrow I=۱٫۵\,A$$
$$V=\varepsilon-Ir\Rightarrow V=۱٫۵-۱٫۵\times ۰٫۵\Rightarrow V_۱=۰٫۷۵V$$

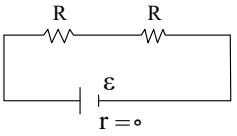
پس از بستن کلید، مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌گردد، داریم:



$$I=\frac{\varepsilon}{r}\Rightarrow I=\frac{۱٫۵}{۰٫۵}=۳A$$
$$V=\varepsilon-Ir\Rightarrow V=۱٫۵-۳\times ۰٫۵\Rightarrow V_۲=۰$$

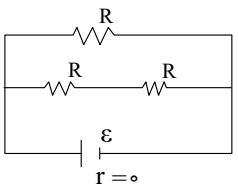
بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، با بستن کلید، ولتاژ دو سر مولد V ۰٫۷۵ کاهش می‌یابد.

۱۷۰ . گزینه ۴ قبل از بستن کلید k، داریم:



$$\begin{cases}R_{eq}=۲R\\ P_T=\dfrac{V_۲^۲}{R_{eq}}\Rightarrow P_T=\dfrac{\varepsilon^۲}{۲R}\Rightarrow P_T=\dfrac{۱}{۲}\dfrac{\varepsilon^۲}{R}\end{cases}$$

و پس از بستن کلید k، داریم:

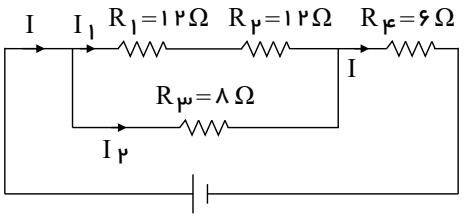


$$\begin{cases}R'_{eq}=\dfrac{۲R\times R}{۲R+R}=\dfrac{۲}{۳}R\\ P'_T=\dfrac{V_۲^۲}{R'_{eq}}\Rightarrow P'_T=\dfrac{\varepsilon^۲}{\frac{۲}{۳}R}\Rightarrow P'_T=\dfrac{۳}{۲}\dfrac{\varepsilon^۲}{R}\end{cases}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

$$\frac{P'_T}{P_T}=\frac{\frac{۳}{۲}\frac{\varepsilon^۲}{R}}{\frac{۱}{۲}\frac{\varepsilon^۲}{R}}\Rightarrow\frac{P'_T}{P_T}=۳$$

۱۷۱ . گزینه ۴ اگر جریانی را که از مولد می‌گذرد I در نظر بگیریم، باتوجه به اینکه جریان بین مقاومت‌های موازی $(R_۳=۸, R_{۱۲}=۲۴)$ به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. داریم:



$$I_۲=\frac{۳}{۴}I, I_۱=\frac{۱}{۴}I$$
$$\frac{P_{R_۴}}{P_{R_۱}}=\frac{R_۴I^۲}{R_۱(\frac{I}{۴})^۲}=\frac{۶I^۲}{۱۲\times\frac{I^۲}{۱۶}}=۸$$

۱۷۲ . گزینه ۱ باتوجه به تقسیم I بین شاخه‌های A و B و رابطهٔ عکس بین I و R در مقاومت‌های موازی می‌توان نتیجه گرفت:

$$R_A=۲R_B$$

همچنین باتوجه به رابطه مقاومت با شرایط ساختمانی آن می‌توان گفت:

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A}\Rightarrow ۲=۳\times ۱\times\frac{A_B}{A_A}\Rightarrow\frac{A_A}{A_B}=\frac{۳}{۲}$$

۱۷۳ . گزینه ۱

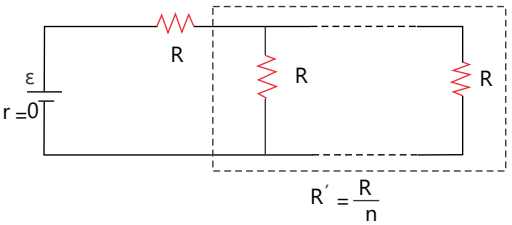
$$R=\rho\frac{L}{A}=\rho\frac{L}{\frac{\pi D^۲}{۴}}\Rightarrow\frac{R_B}{R_A}=\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^۲\Rightarrow\frac{R_B}{R_A}=\left(\frac{۰٫۲}{۰٫۳}\right)^۲=\frac{۴}{۹}$$

$$\mathrm{V_A=V_B}\Rightarrow R_AI_A=R_BI_B\Rightarrow\frac{R_B}{R_A}=\frac{I_A}{I_B}=\frac{۴}{۹}\ ,\ I_A+I_B=۲٫۶\,A$$

$$I_A+\frac{۹}{۴}I_A=۲/۶\Rightarrow\frac{۱۳}{۴}I_A=۲/۶\Rightarrow I_A=۰٫۸\,A$$

۱۷۴ . گزینه ۳ باتوجه به شکل مدار، ابتدا مقاومت معادل مدار را در دو حالت حساب می‌کنیم:

$$R_{eq_۱} = R + \frac{R}{n} \quad , \quad R_{eq_۲} = R + \frac{R}{(n+۱)}$$



حال با استفاده از رابطه‌ی جریان در یک مدار تک حلقه می‌توان نوشت:

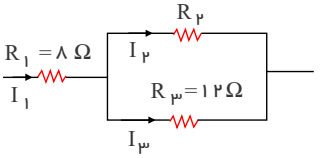
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{r=۰} I = \frac{\varepsilon}{R_T}$$

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_{eq_۱}}{R_{eq_۲}} \Rightarrow \frac{۱۶}{۱۵} = \frac{R + \frac{R}{n}}{R + \frac{R}{n+۱}} = \frac{(n+۱)^۲}{n(n+۲)} \Rightarrow ۱۶(n^۲ + ۲n) = ۱۵(n+۱)^۲$$

$$\Rightarrow n^۲ + ۲n - ۱۵ = ۰ \Rightarrow (n-۳)(n+۵) = ۰ \Rightarrow n = ۳$$

۱۷۵ . گزینه ۴ می‌دانیم اگر دو مقاومت به صورت سری (متوالی) به هم بسته شده باشند، جریان عبوری از آن‌ها یکسان بوده و برای مقایسهٔ توان مصرفی آن‌ها از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ $P = RI^۲$ استفاده می‌کنیم و چنانچه دو مقاومت به صورت موازی به هم بسته شده باشند، اختلاف پتانسیل یکسانی دارند و برای مقایسهٔ توان مصرفی آن‌ها از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ استفاده می‌کنیم.

اکنون مطابق فرض مسئله داریم:



$$P = RI^۲ \Rightarrow \frac{P_۱}{P_{۲,۳}} = \frac{R_۱}{R_{۲,۳}} = \frac{۸}{R_{۲,۳}} \Rightarrow P_۱ = \frac{۸}{R_{۲,۳}} P_{۲,۳} \qquad (۱)$$

برای دو مقاومت $R_۲$ و $R_۳$ می‌توان نوشت:

$$P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow \frac{P_۳}{P_۲} = \frac{R_۲}{R_۳} = \frac{R_۲}{۱۲} \Rightarrow P_۳ = \frac{R_۲}{۱۲} P_۲ \qquad (۲)$$

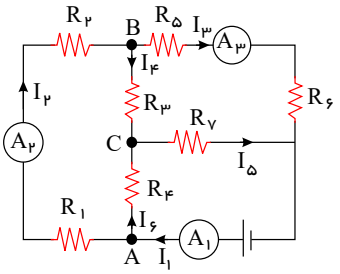
$$\xrightarrow{(۱),(۲)} P_۱ = \frac{۸}{R_{۲,۳}} (P_۲ + \frac{R_۲}{۱۲} P_۲) \xrightarrow{\text{فرض مسئله : } U_۱ = ۳ U_۲ \Rightarrow P_۱ = ۳ P_۲} ۳ = \frac{۸}{R_{۲,۳}} (\frac{۱۲ + R_۲}{۱۲})$$

$$\Rightarrow ۳۶(\frac{۱۲R_۲}{۱۲ + R_۲}) = ۸(۱۲ + R_۲) \Rightarrow ۵۴R_۲ = (۱۲ + R_۲)^۲ \Rightarrow R_۲^۲ - ۳۰R + ۱۴۴ = ۰$$

$$\Rightarrow (R_۲ - ۶)(R_۲ - ۲۴) = ۰ \Rightarrow R_۲ = ۶\Omega \ , \ R_۲ = ۲۴\Omega$$

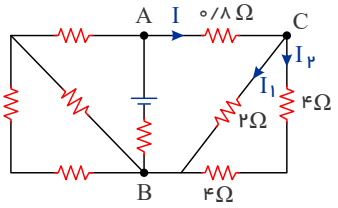
بنابراین باتوجه به گزینه‌ها تنها گزینهٔ ۴ پاسخ صحیح می‌باشد.

۱۷۶ . گزینه ۴ با بررسی سه گره A و B و C و نوشتن قانون جریان کیرشهف (KCL) داریم:



$$\text{گره } A : I_۱ = I_۲ + I_۶ \Rightarrow ۲۰ = ۱۲ + I_۶ \Rightarrow I_۶ = ۸(A)$$
$$\text{گره } B : I_۲ = I_۳ + I_۴ \Rightarrow ۱۲ = ۹ + I_۴ \Rightarrow I_۴ = ۳(A)$$
$$\text{گره } C : I_۴ + I_۶ = I_۵ \Rightarrow ۳ + ۸ = I_۵ \Rightarrow I_۵ = ۱۱(A)$$

۱۷۷ . گزینه ۴ مطابق شکل زیر، ابتدا جریان I را به‌دست می‌آوریم:



$$P = RI_۱^۲ \Rightarrow ۸ = ۲ \times I_۱^۲ \Rightarrow I_۱ = ۲A$$

$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow ۲ \times ۲ = (۴ + ۴) \times I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰/۵A$$

$$I = I_۱ + I_۲ = ۲ + ۰/۵ = ۲/۵A$$

باتوجه به شکل پیداست که اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر حلقهٔ سمت راست یعنی V_{AB} برابر است. بنابراین با محاسبهٔ مقاومت معادل حلقهٔ سمت راست داریم:

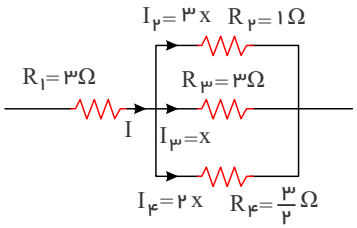
$$R_{eq} = ۰/۸ + \frac{۲ \times ۸}{۲ + ۸} = ۲/۴\Omega$$

$V_{مولد} = V_{AB} = IR_{eq} = ۲٫۵ \times ۲٫۴ = ۶V$

۱۷۸ . گزینه ۴

جریان اصلی مدار را I فرض می‌کنیم.

کمترین جریان از بیشترین مقاومت یعنی $R_۳$ می‌گذرد، آن را x فرض می‌کنیم. جریان با مقاومت رابطهٔ عکس دارد، چون $R_۲ = \frac{۱}{۳}R_۳$، پس



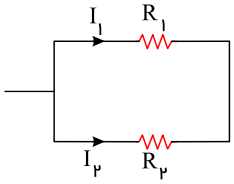
جریان آن ۳ برابر $R_۳$ یعنی $۳x$ است. از طرفی $R_۴ = \frac{۱}{۲}R_۳$ پس جریان آن دو برابر $R_۳$ است یعنی، $۲x$ است.

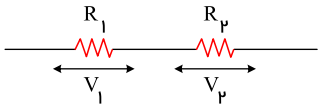
$$I = ۳x + x + ۲x \Rightarrow I = ۶x \Rightarrow x = \frac{I}{۶}$$

پس جریان‌ها $I_۲ = \frac{I}{۲}$ و $I_۳ = \frac{I}{۶}$ و $I_۴ = \frac{I}{۳}$ است.

$$\frac{P_۱}{P_۳} = \frac{R_۱ I_۱^۲}{R_۳ I_۳^۲} = \frac{۳I^۲}{۳ \times (\frac{I}{۶})^۲} = ۳۶$$

روش دوم: می‌دانیم که در اتصال موازی و متوالی مقاومت‌ها رابطهٔ بین نسبت توان‌ها و نسبت مقاومت‌ها به‌صورت زیر است.

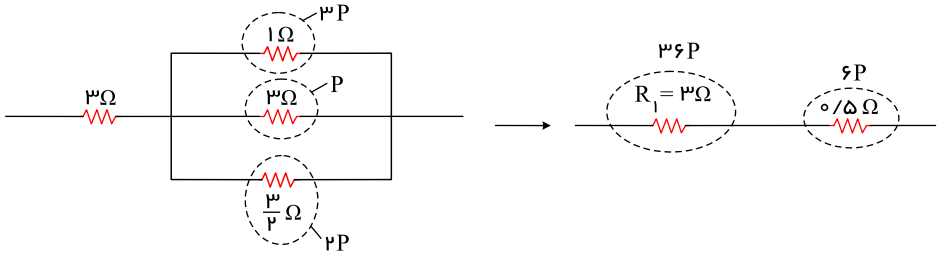




اتصال موازی: $\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$

اتصال متوالی: $\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{R_۲}{R_۱}$

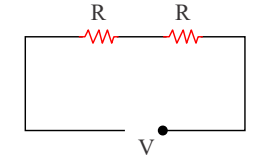
با این مقدمه، اگر در مدار زیر توان مصرفی مقاومت $R_۳$ را P بنامیم، داریم:

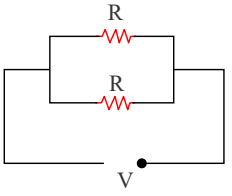


$\rightarrow P_۱ = ۳۶P_۳$

۱۷۹ . گزینه ۴ ولتاژ دو سر مجموعه در هر دو حالت یکسان است. پس نسبت توان مصرفی کل مدار در دو حالت با نسبت مقاومت معادل مجموعه، نسبت عکس دارد، یعنی:

$$\left.\begin{aligned} P_{T_۱} &= \frac{V^۲}{R_T} = \frac{V^۲}{۲R} \\ P_{T_۲} &= \frac{V^۲}{R_T} = \frac{V^۲}{\frac{R}{۲}} \end{aligned}\right\}$$



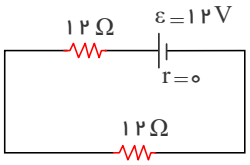


$$\Rightarrow \frac{P_{T_۲}}{P_{T_۱}} = \frac{\frac{V^۲}{\frac{R}{۲}}}{\frac{V^۲}{۲R}} \Rightarrow \frac{P_{T_۲}}{۴۰} = ۴ \Rightarrow P_{T_۲} = ۱۶۰W$$

۱۸۰ . گزینه ۳

قبل از بستن کلید، مقاومت ۶Ω در مدار قرار ندارد. پس داریم:

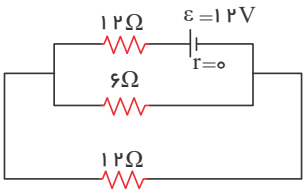
کلید باز:



$$I_{T_۱} = \frac{\varepsilon}{R_{eq_۱} + r} = \frac{۱۲}{۲۴} = ۰/۵A \rightarrow P_۱ = \varepsilon I_۱ = ۱۲ \times \frac{۱}{۲} = ۶W$$

پس از بستن کلید مقاومت ۶Ω در مدار قرار می‌گیرد و خواهیم داشت:

کلید بسته:



$$I_{T۲} = \frac{\varepsilon}{R_{eq۲} + r} = \frac{۱۲}{۱۶} = ۰/۷۵A \rightarrow P_۲ = \varepsilon I_۲ = ۱۲ \times \frac{۳}{۴} = ۹W$$

۱۸۱ . گزینه ۱ با کاهش مقاومت $R_۱$، مقاومت کل مدار کاهش، پس جریان کل مدار افزایش یافته، لذا ولتاژ دو سر مقاومت $R_۲$ نیز زیاد می‌شود.

$$R_۱ \downarrow \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I \uparrow = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow \begin{cases} \downarrow V = \varepsilon - rI \uparrow \\ \uparrow V_۲ = \uparrow IR_۲ \end{cases}$$

$V_۱ + V_۲ \uparrow = V \downarrow \Rightarrow V_۱$ کم شده

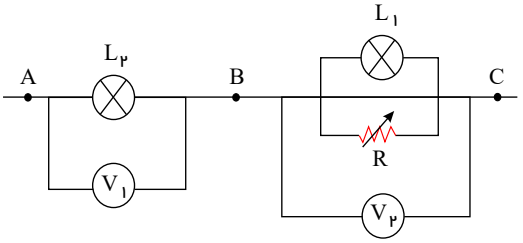
۱۸۲ . گزینه ۴

$$R_۲ \uparrow \Rightarrow R_T \uparrow \Rightarrow \downarrow I = \frac{\varepsilon}{R_T + r}$$

چون $V_{R_۱} = \uparrow V_{\text{پیل}} = \varepsilon - Ir \downarrow \Rightarrow$ افزایش یافته

$\uparrow V_{R_۱} = \uparrow I_۱ R_۱$

۱۸۳ . گزینه ۴

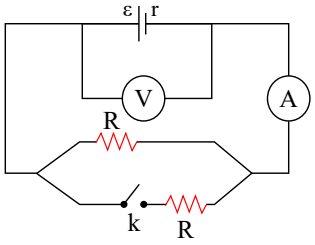


اگر $R \uparrow \Rightarrow R_{BC} \uparrow \Rightarrow R_{eq} \uparrow \Rightarrow \downarrow I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r} \rightarrow$ نور $L_۲$ کاهش می‌یابد

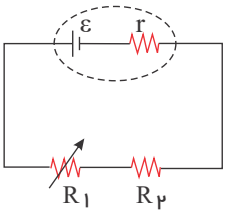
$R_{L_۱}$ ثابت $\Rightarrow V_{BC} \uparrow \xrightarrow{V_{BC}=V_{L_۱}} V_{L_۱} \uparrow \Rightarrow I_{L_۱} \uparrow \Rightarrow$ نور $L_۱$ زیاد می‌شود

به عبارت دیگر می‌توان گفت با افزایش R جریان بیشتری از $L_۱$ عبور کرده و $L_۱$ در حالت دوم پر نورتر می‌شود.

۱۸۴ . گزینه ۴ اگر کلید را قطع کنیم مقاومت معادل مدار از $\frac{R}{۲}$ به R افزایش می یابد، بنابراین طبق رابطه ی $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ شدت جریان در مدار کاهش می یابد و بنا به رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir$ با کاهش شدت جریان، اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش خواهد یافت.



۱۸۵ . گزینه ۲



$I = \frac{\varepsilon}{r+\uparrow R_1 + R_2} \Rightarrow I \downarrow$ کاهش می‌یابد

$rI \Rightarrow$ افت پتانسیل در مولد کاهش می‌یابد.

$$V_{R_2} = R_2 I \xrightarrow{\text{کاهش } I} V_{R_2} \downarrow$$

$$V_{\text{مولد}} = V_{R_1} + V_{R_2} \xrightarrow[\text{کاهش } V_{R_2}]{\text{مولد } V \text{ افزایش}} V_{R_1} \uparrow$$

۱۸۶ . گزینه ۲ روش اول: با افزایش مقاومت R_2، مقاومت معادل مدار نیز افزایش می‌یابد و به همین دلیل، شدت جریان کل (شدت جریان گذرنده از مولد) مدار کم می‌شود. با کاهش جریان، ولتاژ دو سر مولد با توجه به رابطه‌ی $V = \varepsilon - rI$ افزایش می‌یابد.

و می‌توان نتیجه گرفت که $V_{۲,۳}$ افزایش یافته است. به دلیل موازی بودن دو مقاومت R_2 و R_3 این ولتاژ $(V_{۲,۳})$ ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های R_3 و R_2 نیز هست.

روش دوم: اگر R_2 زیاد شود، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) نیزافزایش می‌یابد و بنابررابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r} \downarrow$ مقدار I کم می‌شود. 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 سرمولد خواهد شد ودرمورد ولتاژ دو سر مولد نیز می‌توان گفت:

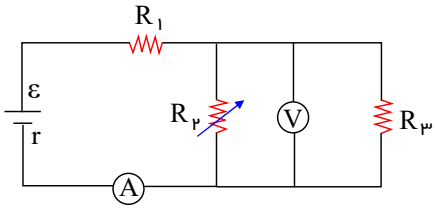
$$\uparrow V_{\text{مولد}} = \varepsilon - rI \downarrow$$

۱۸۷ . گزینه ۲ با حرکت رئوستا از A به B، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت معادل مدار نیز افزایش می‌یابد، بنابراین باتوجه به روابط زیر داریم:

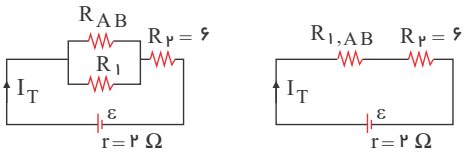
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I \downarrow \Rightarrow I' < I$$

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I\downarrow} V \uparrow \Rightarrow V' > V$$

۱۸۸ . گزینه ۲ در مدار شکل زیر با افزایش مقاومت R_2 مقاومت مدار (R_{eq}) افزایش می‌یابد. در نتیجه طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r} \downarrow$ شدت جریان کلی مدار یا جریانی که از شاخه‌ی اصلی مدار عبور می‌کند کاهش می‌یابد. بنابراین آمپرسنج عدد کم‌تری را نشان می‌دهد. از طرفی طبق رابطه‌ی $V_{\text{مولد}} = \varepsilon - Ir \downarrow$ با کاهش شدت جریان مدار، افت پتانسیل در مولد کاهش و اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش می‌یابد. با توجه به آن که $V_{\text{مولد}} \uparrow = V_{R_1} \downarrow + V_{R_3} \uparrow$ می‌باشد و با کاهش جریان $V_{R_1} \downarrow = IR_1 \downarrow$ کاهش می‌یابد. پس $V_{R_3} = V_{R_2}$ باید افزایش پیدا کند و ولت‌سنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد.



۱۸۹ . گزینه ۳



با حرکت لغزنده از A به Bمقاومت R_{AB} افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت کل مدار نیز افزایش می‌یابد. ($R_{eq} \uparrow$) و طبق رابطهٔ $I_T = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r} \downarrow$ با افزایش I_T،R_{eq} کاهش می‌یابد و طبق رابطه‌ی اختلاف پتانسیل دو سر مولد یعنی $V = \varepsilon - rI_T \uparrow$

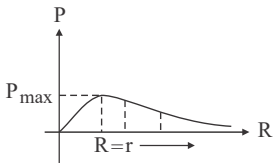
با کاهش I_T، V دو سر مولد افزایش می‌یابد.

با کاهش I، اختلاف پتانسیل دو سر R_2 طبق رابطهٔ $V_2 = R_2 I_T \downarrow$ کاهش می‌یابد و با توجه به اینکه V مولد افزایش می‌یابد الزاماً Vدو سر مقاومت $R_{1,AB}$ نیز افزایش می‌یابد. یعنی V_1 دو سر R_1 نیز افزایش می‌یابد.

$$\uparrow V_{\text{کل}} = V_{1,AB} + V_2 \downarrow \Rightarrow V_{1,AB} \uparrow$$

همچنین با توجه به رابطهٔ $P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$ با افزایش V_1، P_1 افزایش می‌یابد.

برای تشخیص تغییرات توان خروجی، نمودار توان خروجی برحسب مقاومت مدار مطابق شکل زیر است و چون $\begin{cases} R_{eq} = R_{1,AB} + R_2 > ۶ \\ R_{eq} > r = ۲ \end{cases}$ و R_{eq} در حال افزایش است. سمت راست نمودار را پوشش می‌دهد که با افزایش مقاومت مدار توان خروجی مولد کاهش می‌یابد.

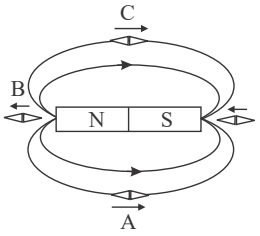


۱۹۰ . گزینه ۳ اگر لغزندهٔ رئوستا را از A به B ببریم، مقاومت رئوستا زیاد شده و در نتیجه مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد. بنابراین طبق رابطهٔ $(I = \frac{\varepsilon}{R_T + r})$ با افزایش R_T، جریان شاخهٔ اصلی مدار یعنی I کاهش می‌یابد. از طرفی اختلاف پتانسیل دو سر شاخهٔ وسطی با اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر است چون طبق رابطهٔ $(V = \varepsilon - Ir)$ با کاهش I، اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش می‌یابد، پس اختلاف پتانسیل دو سر شاخهٔ وسطی نیز افزایش می‌یابد، یعنی طبق رابطهٔ $(\uparrow V = \uparrow I_1 R)$ جریان I_1 نیز افزایش خواهد یافت.

۱۹۱ . گزینه ۳ هنگامی‌که قطب‌های همنام در مجاورت هم قرار می‌گیرند، خطوط میدان مطابق شکل گزینهٔ (۳) بوده که کاملاً رانش مغناطیسی دو قطب همنام را به نمایش می‌گذارد.

۱۹۲ . گزینه ۲ خط‌های میدان، خط‌های بسته‌ای هستند که جهت آن‌ها درخارج آهنربا، از قطب N به طرف قطب S و داخل مادهٔ سازندهٔ آهنربا از قطب S به طرف قطب N است. عقربهٔ مغناطیسی نیز درراستای میدان (مماس بر خط میدان) طوری می ایستد که خط میدان از قطب S عقربه وارد آن شده و از قطب N عقربه خارج می شود.

۱۹۳ . گزینه ۱

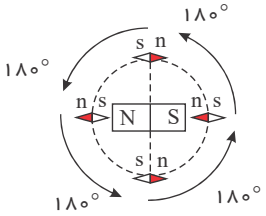


همان‌طور که در شکل می‌بینید، قطب N عقربهٔ مغناطیسی به سمت قطب Y آهنربا قرار گرفته است، پس به راحتی می‌فهمیم که Y آهن‌ربا همان قطب S است و قطب X هم همان قطب N.

می‌دانیم که خطوط میدان مغناطیسی از قطب N آهنربا خارج و به قطب S وارد می‌شوند.

همان‌طور که می‌دانید قطب N عقربهٔ مغناطیسی جهت خطوط میدان در هر نقطه را نشان می‌دهد. حالا خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف آهنربا می‌کشیم.

۱۹۴ . گزینه ۴ در هر ربع دایرهٔ عقربه ۱۸۰ درجه می‌چرخد، پس در کل مسیر دایره، عقربه $۴ \times ۱۸۰ = ۷۲۰^\circ$ می‌چرخد.



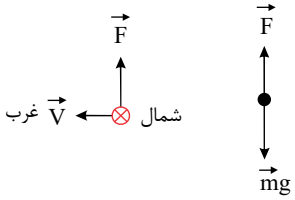
۱۹۵ . گزینه ۳ نکته: می‌توانیم به‌صورت قراردادی جهت‌های جغرافیایی را به‌صورت زیر نمایش دهیم:

حال طبق رابطهٔ نیروی وارد بر بار داریم:

$$F = qvB\sin\alpha = (۵۰ \times ۱۰^{-۶}) \times ۲۰۰ \times ۰/۰۴ \times \sin ۹۰^\circ = ۴ \times ۱۰^{-۴} N$$

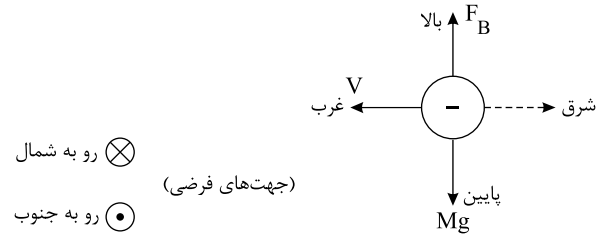
بنابر قاعده دست راست جهت نیرو به طرف بالا می‌باشد. (یادمان باشد که چون بار منفی است، جهت نیرو را برعکس قاعدهٔ دست راست در نظر می‌گیریم، یا با همان قاعده از دست چپ استفاده می‌کنیم)

(در اینجا جهت‌ها را به‌صورت قراردادی مطابق شکل درنظر می‌گیریم)



۱۹۶ . گزینه ۱ اندازه نیروی مغناطیسی باید با نیروی وزن خلاف جهت مساوی باشد تا یکدیگر را خنثی کنند و ذره از مسیر خود خارج نشود پس جهت آن باید رو به سمت بالا باشد:

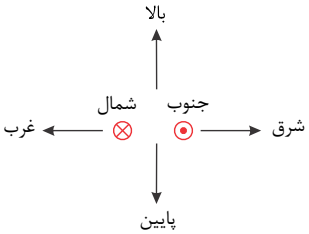
$$F_B = mg \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow ۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۰۰ \times B = ۰/۰۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰$$
$$\Rightarrow ۸ \times ۱۰^{-۴} B = ۲ \times ۱۰^{-۴} \Rightarrow B = ۰/۲۵T$$



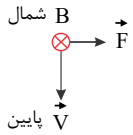
بنابر قاعده‌ی دست راست برای بار منفی باید میدان به طرف شمال باشد. (البته چون بار منفی است نتیجهٔ قانون دست راست برعکس شده است یا از دست چپ با همان قاعده استفاده کنیم.)

۱۹۷ . گزینه ۱

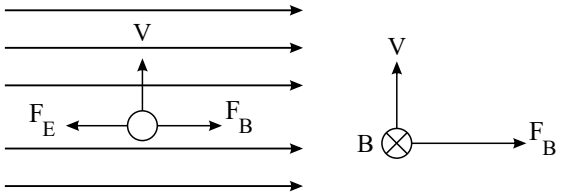
نکته: می‌توانیم به‌صورت قراردادی جهت‌های جغرافیایی را به‌صورت زیر نمایش دهیم:



با استفاده از قاعده دست راست داریم: (میدان مغناطیسی زمین از جنوب به طرف شمال جغرافیایی می‌باشد.)



۱۹۸ . گزینه ۴ نیروی میدان الکتریکی F_E وارد بر بار مثبت به طرف چپ می‌باشد (خلاف جهت میدان الکتریکی) در نتیجه برای اینکه الکترون از مسیر خود منحرف نشود باید نیروی میدان مغناطیسی به طرف راست باشد تا نیروی الکتریکی را خنثی کند پس با استفاده از قاعده دست راست برای بار منفی باید میدان مغناطیسی درون‌سو باشد.

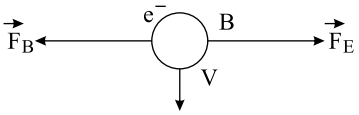


۱۹۹ . گزینه ۳ تذکر: برای بارهای منفی باید از قاعدهٔ دست چپ استفاده کرد و یا اگر از قاعدهٔ دست راست استفاده شده نتیجهٔ این قاعده را برعکس کنیم. مثلاً اگر قاعدهٔ دست راست جهت ↑ را نشان داد جهت ↓ درست است.

با استفاده از نتیجهٔ برعکس از قانون دست راست برای بار منفی مشخص می‌شود که در گزینه‌های ۱ و ۲ و ۴ جهت نیروی نشان داده شده درست نیست.

۲۰۰ . گزینه ۲ نکته: نیروی الکتریکی وارد بر بار $q<0$، خلاف جهت $\vec{E}$ است و نیروی مغناطیسی وارد بر $q<0$ برعکس قانون دست راست است.

با توجه به قانون دست راست نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون‌ها را به‌دست می‌آوریم، و نیروی الکتریکی وارد بر الکترون‌ها نیز به‌دست می‌آوریم، اگر این ۲ نیرو خلاف جهت یکدیگر باشند (و هم‌اندازه) برآیند نیروهای وارد بر الکترون صفر می‌شود و الکترون مسیر حرکت خود را حفظ می‌کند، در گزینهٔ (۲) داریم:



۲۰۱ . گزینه ۱ ابتدا اندازهٔ نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر ذرهٔ باردار متحرک وارد می‌شود را حساب کرده و سپس با استفاده از قانون دوم نیوتون، اندازهٔ شتاب ذره که ناشی از تأثیر میدان است را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} F = qvB\sin\theta \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow ma = qvB\sin\theta \Rightarrow a = \frac{qvB\sin\theta}{m}$$

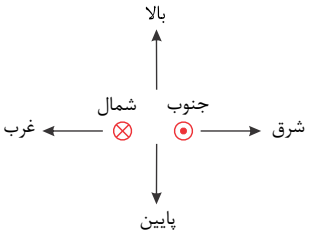
$$\Rightarrow a = \frac{۵۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{۳}\times۴\times۱۰^{-۳}\times\sin۹۰^{\circ}}{۵۰۰\times۱۰^{-۶}} \Rightarrow a = ۰/۴\frac{m}{s^{۲}}$$

تذکر: حواسمون به واحد میلی تسلا باشد که باید به تسلا تبدیل شود.

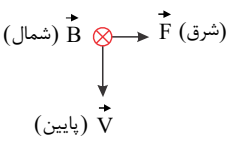
۲۰۲ . گزینه ۴ نیروی $\vec{F}$ بر صفحه شامل $\vec{B}$ و $\vec{v}$ عمود است اما $\vec{v}$ می‌تواند با $\vec{B}$ زاویهٔ θ بسازد. در واقع در این سؤال $\vec{v}$ باید در جهتی باشد که حداقل مؤلفه‌ای از آن به سمت راست باشد. (طبق قانون دست راست، البته چون الکترون هست، در انتها جهت را برعکس می‌کنیم)

۲۰۳ . گزینه ۴

نکته: می‌توانیم به‌صورت قراردادی جهت‌های جغرافیایی را به‌صورت زیر نمایش دهیم:



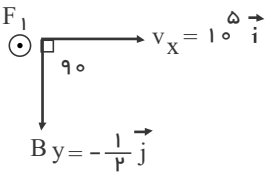
مطابق شکل مقابل، جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار بنابر قاعدهٔ دست راست به سمت شرق خواهد بود.



۲۰۴ . گزینه ۳ روش اول:

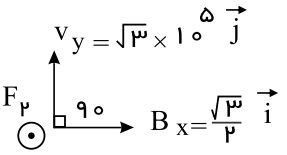
وقتی ذرهٔ باردار در راستای محور xها با سرعت $v_x = ۱۰^۵\vec{i}$ حرکت می‌کند، تحت تأثیر مؤلفهٔ $By = -\frac{۱}{۲}\vec{j}$ به آن نیروی $\odot(F_۱)$ وارد می‌شود.

$$F_۱ = qB_y v_x \sin ۹۰^\circ = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times \frac{۱}{۲} \times ۱۰^۵ \times ۱ = ۰٫۸ \times ۱۰^{-۱۴}(N)$$



وقتی ذرهٔ باردار در راستای مثبت محور yها با سرعت $v_y = \sqrt{۳} \times ۱۰^۵\vec{j}$ حرکت می‌کند، تحت تأثیر مؤلفهٔ $B_x = \frac{\sqrt{۳}}{۲}\vec{i}$ به آن نیروی $\odot(F_۲)$ وارد می‌شود.

$$F_۲ = qB_x v_y \sin ۹۰^\circ = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} \times \sqrt{۳} \times ۱۰^۵ \times ۱ = ۲٫۴ \times ۱۰^{-۱۴}$$



و سپس در آخر برآیند نیروهای وارد بر ذرهٔ باردار را محاسبه می‌کنیم.

$$F_T = F_۱ + F_۲ = ۰٫۸ \times ۱۰^{-۱۴} + ۲٫۴ \times ۱۰^{-۱۴} = ۳٫۲ \times ۱۰^{-۱۴}$$

روش دوم:

برای محاسبهٔ بزرگی نیروی وارد بر ذرهٔ باردار در میدان مغناطیسی از رابطهٔ $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ استفاده می‌کنیم. برای این منظور باید بزرگی $(\vec{v} \times \vec{B})$ یعنی بزرگی ضرب خارجی بردار سرعت در بردار میدان مغناطیسی محاسبه شود.

$$F = q\left|\vec{v} \times \vec{B}\right| = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \underbrace{\left|\frac{-۱}{۲} \times ۱۰^۵ - \frac{۳}{۲} \times ۱۰^۵\right|}_{۲\times ۱۰^۵} = ۳٫۲ \times ۱۰^{-۱۴}$$

۲۰۵ . گزینه ۳ برای محاسبهٔ انرژی جنبشی طبق رابطهٔ $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ باید سرعت ذره را بدانیم، پس به کمک رابطهٔ نیروی مغناطیسی سرعت ذره را به‌دست می‌آوریم:

$$F = qvB\sin\alpha \xrightarrow{\sin ۹۰ = ۱} v = \frac{F}{qB} = \frac{۱٫۲۸ \times ۱۰^{-۱۶}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۲۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۴ \times ۱۰^۴ \frac{m}{s}$$

حال انرژی جنبشی محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱٫۷ \times ۱۰^{-۲۷} \times ۱۶ \times ۱۰^۸ = ۰٫۸۵ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

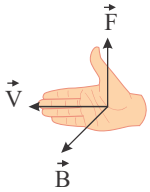
$$K_{eV} = \frac{۰٫۸۵ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۸٫۵eV$$

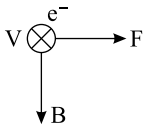
* نکته: برای تبدیل ژول به الکترون ولت داریم:

$$۱eV = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

۲۰۶ . گزینه ۳

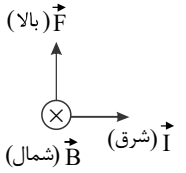
مطابق قانون دست راست جهت نیرو رو به پائین است (می‌دانیم در قانون دست راست، شصت جهت نیرو، کف دست جهت میدان و ۴ انگشت جهت سرعت را نشان می‌دهند). در اینجا دقت کنید که بار الکتریکی الکترون منفی است. پس اگر از دست راست استفاده کردید، جهت یافته شده را باید عکس کنید یا از دست چپ استفاده کنید.





۲۰۷ . گزینه ۱ با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت نیروی وارد بر سیم برون‌سو و به طرف بالای صفحه است.

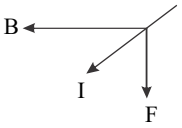
$$F = BI\ell\sin\theta \xrightarrow{\theta = ۹۰^\circ} F = ۲ \times ۲۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow F = ۰٫۲N$$



(اگرچهار انگشت دست راست در جهت جریان به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست در جهت نیروی وارد بر سیم خواهد بود.)

۲۰۸ . گزینه ۳

با بستن کلید K، عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش می‌یابد، پس می‌توان نتیجه گرفت نیروی وارد بر آهن‌ربا از طرف سیم به‌سمت بالاست، بنابراین عکس‌العمل این نیرو (نیروی وارد بر سیم) به طرف پایین است، همچنین میدان مغناطیسی بین صفحات آهن‌ربا از N به S است، پس طبق قانون دست راست جهت جریان از A به B خواهد بود. از طرفی تغییر مقدار عدد ترازو دقیقاً برابر نیروی مغناطیسی است. بنابراین:



$$F = BI\ell\sin\alpha \Rightarrow ۱۰ - ۸ = B \times ۲۰ \times ۰/۱ \times ۱ \Rightarrow B = \frac{۲}{۲} = ۱T$$

۲۰۹ . گزینه ۲

$$F = BIL\sin\alpha \xrightarrow[L=۱cm=\frac{۱}{۱۰۰}m]{\alpha=۳۰^\circ} F = \frac{۲}{۱۰۰} \times ۵ \times ۰/۰۱ \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow F = ۵ \times ۱۰^{-۴}N$$

۲۱۰ . گزینه ۲

کافیست از رابطهٔ نیروی وارد بر سیم، را به‌دست آورده و معادل هر پارامتری واحد آن را بنویسیم:

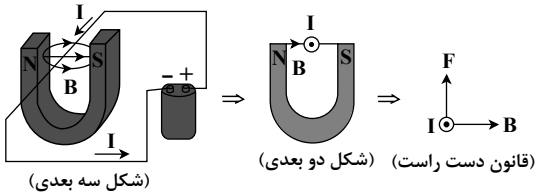
$$F = BIL\sin\alpha \Rightarrow B = \frac{F}{IL\sin\alpha} \Rightarrow [B] = \frac{N}{A \cdot m}$$

۲۱۱ . گزینه ۱ باتوجه به شکل داده شده، اگر مسیرجریان را به سمت خارج ازصفحه (برونسو) بگیریم، به کمک قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم به سمت بالا می‌باشد.

I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست



(شکل سه بعدی) (شکل دو بعدی) (قانون دست راست)

دقت: گزینه‌های ۳ و ۴ قطعاً نادرست می‌باشند (چرا؟).

۲۱۲ . گزینه ۱ با بسته شدن کلید kجریان در میله AB از سمت A به B بوجود می‌آید و می‌دانیم هرگاه یک سیم (میله) حامل جریان در میدان مغناطیسی (آهنربا) قرار گیرد به آن نیرو وارد می‌شود که با توجه به قانون دست راست، جهت این نیرو به سمت بیرون آهن ربا می‌باشد.

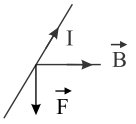
I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست

۲۱۳ . گزینه ۲ بنا بر قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان قائم و به طرف پایین خواهد بود و از رابطهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان می‌توان نوشت:

$$F = BIL\sin\alpha = ۵۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۲۵ \times ۰/۸ \times \sin ۳۷^\circ = ۰/۶N$$



I: جهت چهار انگشت دست راست

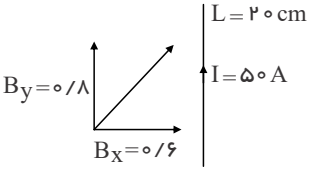
B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست

۲۱۴ . گزینه ۲ اگر میدان B را به‌صورت جداگانه در نظر بگیریم. B_y با سیم موازی است و نیرویی بر سیم وارد نمی‌کند و فقط B_x که بر سیم عمود است نیروی F وارد می‌کند.

$$B = ۰/۶i + ۰/۸j$$

$$F = B_x IL\sin\alpha \Rightarrow F = ۰/۶ \times ۵۰ \times ۰/۲ \times ۱ \Rightarrow F = ۶N$$



با قانون دست راست مشخص می‌شود که این نیرو درونسو $\otimes$ است.

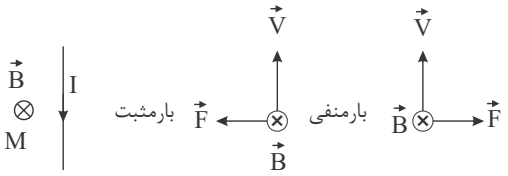
I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

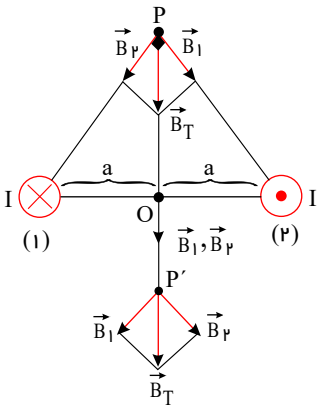
F: جهت انگشت شست دست راست

۲۱۵ . گزینه ۴

ابتدا جهت میدان مغناطیسی سیم را در نقطهٔ M (محل بار q) تعیین می‌کنیم. اگر انگشت شست دست راست در جهت جریان قرار گیرد، جهت بسته شدن چهار انگشت، میدان مغناطیسی سیم در نقطهٔ M را درون‌سو نشان می‌دهد. بنابر قاعده دست راست اگر بار q مثبت باشد، جهت نیروی وارد بر آن به طرف چپ می‌باشد، ولی چون بار منفی است جهت نیرو به طرف راست می‌باشد.



۲۱۶ . گزینه ۳ با توجه به شکل روبه رو، بزرگی میدان ناشی از دو سیم، در نقطهٔ O بیش تر از سایر نقاط روی پاره خط PP' است. بنابراین از نقطهٔ P تا P' بزرگی میدان ناشی از دو سیم ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

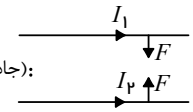


۲۱۷ . گزینه ۱

سیم‌های موازی حامل جریان در صورتی که دارای جریان‌های همسو باشند یکدیگر را می‌ربایند، بنابراین جهت $\vec{F}_1$ به سوی پایین و جهت $\vec{F}_2$ به سوی بالاست.

از طرفی مطابق قانون سوم نیوتن (هر عملی را عکس‌العملی است مساوی و خلاف جهت) دو سیم نیروهایی برابر و خلاف جهت به یکدیگر وارد می‌کنند.

(جاذبه):



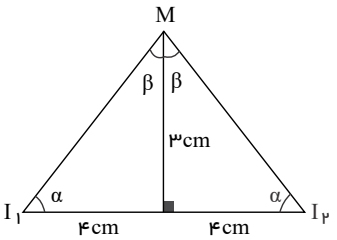
۲۱۸ . گزینه ۱ باید به دونکته توجه داشته باشید:

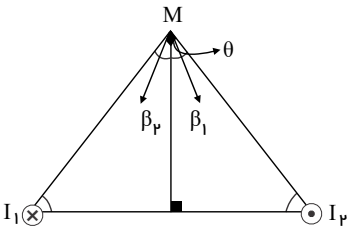
الف) خط میدان ناشی از هرسیم دریک نقطه، دایره‌ای به مرکز آن سیم در همان نقطه است و بردار میدان مغناطیسی درآن نقطه مماس بر این دایره و در نتیجه عمود بر شعاع است.

ب) برای تعیین جهت این میدان باید انگشت شست دست راست را در جهت جریان نگه دارید و به نحوهٔ جمع شدن چهار انگشت درهمان نقطه نگاه کنید.

$$\tan\alpha = \frac{۳}{۴} \rightarrow \alpha = ۳۷^\circ \rightarrow \beta = ۵۳^\circ \rightarrow ۲\beta = ۱۰۶^\circ \qquad ۲\beta = ۹۰ + \theta$$

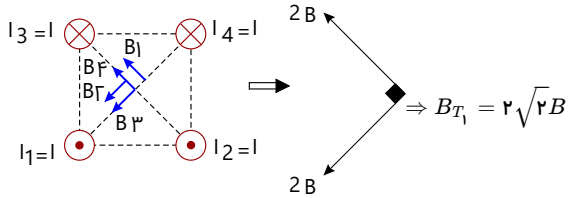
$\vec{B}_1$ و به همین ترتیب $\vec{B}_2$ در داخل مثلث قرار می‌گیرند یعنی گزینه‌های ۲ و ۳ و ۴ صحیح نیستند.





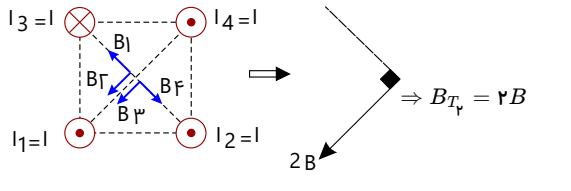
۲۱۹ . گزینه ۱ اگرمیدان مغناطیسی ناشی از هر سیم درمرکز مربع را B فرض کنیم، میدان مغناطیسی در هرگزینه به‌صورت زیر است:

(۱) گزینهٔ:

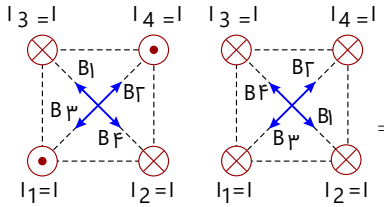


$$\Rightarrow B_{T_1} = ۲\sqrt{۲}B$$

(۲) گزینهٔ:



$$\Rightarrow B_{T_2} = ۲B$$

گزینه‌های (۳ و ۴): 

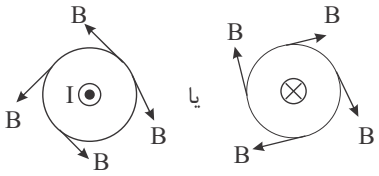
$\Rightarrow B_{T_۳} = B_{T_۴} = ۰$

گزینه (3) گزینه (4)

بنابراین بیشترین میدان مغناطیسی برآیند در مرکز مربع گزینهٔ (۱) به‌وجود می‌آید.

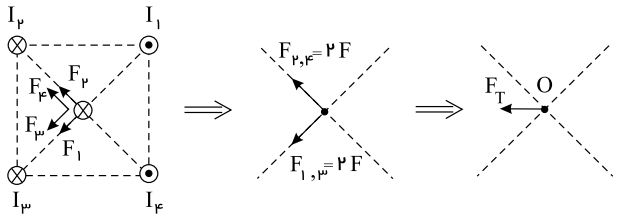
*دقت کنید: جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست، در هر نقطه به کمک قاعدهٔ دست راست به‌دست می‌آید.

تذکر: در اینجا یاد گرفتیم، اگر جریان عبوری از سیم‌هایی که در امتداد قطر مربع هستند، در خلاف جهت یکدیگر باشند، میدان مغناطیسی برایند در مرکز مربع بیشینه خواهد بود.



۲۲۰ . گزینه ۲ می‌دانیم دو سیم راست و موازیِ حامل جریان اگر همسو باشند، نیروی جاذبه و اگر غیر همسو باشند، نیروی دافعه به یکدیگر وارد می‌کنند.

پس ابتدا جهت نیروهای وارد بر سیمی که در مرکز مربع است را رسم می‌کنیم و بردار نیروی برآیند را تعیین می‌کنیم.



۲۲۱ . گزینه ۱ ابتدا با توجه به توان مصرفی مقاومت $R_۱$، جریان عبوری از آن را محاسبه می‌کنیم. سپس با توجه به موازی بودن مقاومت $R_۲$ و $R_۱$، جریان عبوری از و جریان کل مدار که همان جریان عبوری از سیملوله است را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} P_۱ = R_۱ I_۱^۲ \Rightarrow ۲۴ = ۶ I_۱^۲ \Rightarrow I_۱ = ۲A \\ V_۱ = V_۲ \Rightarrow ۶ I_۱ = ۱۲ I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۱A \end{array}\right\} \Rightarrow I_{\text{سیملوله}} = ۲ + ۱ = ۳A$$

$$B = \mu_۰ \frac{NI}{l} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times \frac{۱۰۰۰ \times ۳}{۱} = ۱۲\pi \times ۱۰^{-۴} T = ۱/۲\pi \times ۱۰^{-۳} T$$

۲۲۲ . گزینه ۲

$$B = \mu_۰ \frac{NI}{l} \Rightarrow ۰/۰۱۲ = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \times \frac{N \times ۲}{\frac{۱}{۱۰۰}} \Rightarrow ۰/۰۱۲ = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \times ۲ \times N \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۱۲ \times ۱۰^{-۳} = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \times ۲ \times ۱۰۰ \times N \Rightarrow N = ۵۰$$

۲۲۳ . گزینه ۳ طبق رابطهٔ سیملوله $B = \mu_۰ \frac{NI}{l}$، میدان با جریان رابطهٔ مستقیم دارد: $B \propto I$

پس با ۴ برابر کردن جریان، مقدار میدان نیز ۴ برابر می‌شود: $I_۲ = ۴I \Rightarrow B_۲ = ۴B$

۲۲۴ . گزینه ۱ طبق رابطهٔ میدان مغناطیسی داخل یک سیملوله داریم:

$$^{T \leftarrow} B = \frac{\mu_۰ N I^{\rightarrow A}}{l_{\rightarrow m}} \Rightarrow [\mu_۰] = \frac{T \cdot m}{A}$$

۲۲۵ . گزینه ۳ فرومغناطیس نرم: حجم حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برمی‌گردد.

فرومغناطیس سخت:حجم حوزه‌ها به سختی تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برنمی‌گردد.

پارامغناطیس: دوقطبی‌های مغناطیسی به‌صورت انفرادی عمل می‌کنند و تحت تأثیر میدان خارجی بسیار قوی تا حدودی منظم می‌شوند.

باتوجه به توضیحات بالا گزینهٔ (۳) درست است.

۲۲۶ . گزینه ۲ با استفاده از قانون القای فاراده $(\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$ و ترکیب آن با رابطهٔ $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ داریم:

$$\left\{\begin{array}{l} |\bar{I}| = |-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \\ \bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \end{array}\right. \Rightarrow |\Delta q| = |\frac{N}{R}\Delta\Phi| \Longrightarrow |\Delta q| = |\frac{۵۰}{۵} \times (۰ - ۰/۰۴)| = ۰/۴C$$

۲۲۷ . گزینه ۲ طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، نیرو محرکهٔ القایی در یک مدار بسته با آهنگ تغییر شار مغناطیسی رابطهٔ مستقیم دارد.

۲۲۸ . گزینه ۱ چون میلهٔ MN به‌طرف چپ حرکت می‌کند، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و طبق قانون لنز برای مخالفت با این کاهش شار، باید میدان مغناطیسی القایی (B') در جهت B اصلی باشد. طبق قانون دست راست جهت جریان القایی از M به N خواهد بود، از طرفی چون میله با شتاب ثابت حرکت داده می‌شود، پس با گذشت زمان سرعت آن مرتب افزایش می‌یابد. در نتیجه جریان القایی نیز افزایش می‌یابد.

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv\uparrow}{R}$$

۲۲۹ . گزینه ۱ در هر بازه‌ای که $\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$ بیشتر باشد، مقدار $\bar{\varepsilon}$ بیشتر می‌شود. در بین گزینه‌ها در بازهٔ زمانی صفر تا ۵ ثانیه شیب بیشترین می‌شود. پس $\bar{\varepsilon}$ نیز بیشترین است.

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow (۰ \to ۵)$$

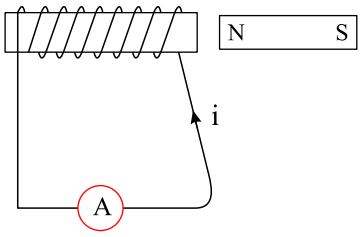
اگر شار مغناطیسی در لحظهٔ $t = ۵s$ را برابر با m بگیریم، شار در لحظهٔ $t = ۲۰s$ برابر با $\frac{-m}{۴}$ می‌شود.

شیب در بازهٔ $۱۰s$ تا $۱۸s$ و $۱۰s$ تا $۲۰s$ $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{۰ - m}{۱۸ - ۱۰} = \frac{-m}{n}$

شیب در بازهٔ ۰ تا $۵s$ $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{m - ۰}{۵ - ۰} = \frac{m}{۵}$

شیب در بازهٔ $۵s$ تا $۲۰s$ $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-m/۴ - m}{۱۵}$

۲۳۰ . گزینه ۱



با توجه به جهت جریان القایی نشان داده‌شده، سمت راست سیملوله قطب N و سمت چپ آن قطب S است و با توجه به قطب‌های آهنربا، آهنربا و سیملوله در حال نزدیک شدن به هم هستند.

در گزینه‌های ۲ ، ۳ و ۴ آهنربا و سیملوله از هم دور می‌شوند و در گزینهٔ ۱ آهنربا و سیملوله به هم نزدیک می‌شوند.

۲۳۱ . گزینه ۱ اگر فرض نمائیم که میلهٔ AB به طول L در زمان Δt به اندازهٔ Δx جابه‌جا شده است بنابراین تغییر سطح برابر است با:

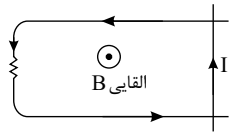
$$\Delta A = L\Delta x = L\nu\Delta t \quad و \quad \Delta\Phi = B\Delta A\, cos\alpha = BL\nu\Delta t$$

$$I = -\frac{۱}{R} \times \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow I = -\frac{۱}{R} \times \frac{BL\nu\Delta t}{\Delta t} \Rightarrow I = -\frac{LB\nu}{R}$$

چون قاب عمودی بر میدان است θ برابر صفر می‌شود. $\theta = ۰ \quad \to \quad cos۰ = ۱$

چون تندی ثابت است، بنابراین جریان مقدار ثابتی می باشد .

چون مساحت و شار عبوری از حلقه افزایش می‌یابد، پس میدان برون‌سویی در حلقه القا می‌شود و طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی از B به A است.



۲۳۲ . گزینه ۳ با استفاده از قانون القای فاراده $(\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$ و ترکیب آن با رابطهٔ $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ داریم:

$$\bar{I} = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{R} \Rightarrow \bar{I} = \left|-N\frac{\Delta\phi}{R\Delta t}\right|$$

$$\Rightarrow \bar{I} = \left|-N\frac{A\cos\theta\Delta B}{R\Delta t}\right| \xrightarrow{\theta=۰^\circ} \frac{۴}{۱۰۰۰} = ۴۰۰ \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۲}}{۳} \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{۳}{۲} \times ۱۰^{-۳} T/s$$

۲۳۳ . گزینه ۴

اگر سیمی به طول L با سرعت v روی قاب U شکلی حرکت کند، نیروی محرکهٔ القایی در قاب از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\varepsilon = BvL\sin\alpha = ۲۰ \times ۰/۰۵ \times ۰/۴ \times ۱ = ۰/۴V$$

با حرکت میله به‌طرف راست، مساحت قاب افزایش می‌یابد و شار عبوری از حلقه بیشتر می‌شود. طبق قانون لنز باید میدان برون‌سویی ایجاد شود تا با افزایش شار مخالفت شود. طبق قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی در جهت (۲) می‌باشد.

۲۳۴ . گزینه ۴ با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

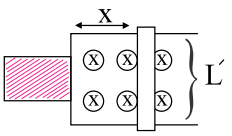
واحد شار مغناطیسی = ولت = ثانیه $\times$ $\frac{\text{ژول}}{\text{کولن}}$ $\xrightarrow{\text{ثانیه} \times \text{آمپر} = \text{کولن}}$ ثانیه $\times$ $\frac{\text{ژول}}{\text{ثانیه} \times \text{آمپر}}$ = ثانیه $\times$ $\frac{\text{ژول}}{\text{آمپر}}$

۲۳۵ . گزینه ۲

$$|\varepsilon| = |N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = ۲۰۰ \times ۰/۵ \Rightarrow \varepsilon = ۱۰۰ \text{ ولت}$$

۲۳۶ . گزینه ۴ با استفاده از قانون القای فاراده و توجه به این نکته که در این مسئله با حرکت میله مساحت حلقه تغییر می‌کند داریم

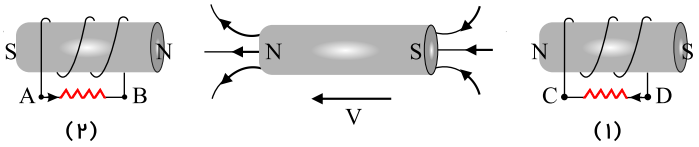
$$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\right| = \left|-N\frac{\Delta(ABcosA)}{\Delta t}\right| \xrightarrow[A=lx]{N=۱,\theta=۰,cos۰=۱} |\bar{\varepsilon}| = Bl\frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{v=\frac{\Delta x}{\Delta t}} |\bar{\varepsilon}| = Blv$$



$\varepsilon = BVL\sin\alpha = ۰/۲۵ \times ۰/۰۸ \times ۱۲ \times ۱ = ۰/۲۴V$

۲۳۷ . گزینه ۱

هنگامی که آهن‌ربا به‌سمت چپ حرکت می‌کند، شار عبوری از سیملولهٔ راست کاهش یافته و شار عبوری از سیملولهٔ چپ افزایش می‌یابد. مطابق قانون لنز، سیملولهٔ (۱) آهن‌ربا را جذب و سیملولهٔ (۲) آن را دفع می‌کند. پس جهت جریان سیملولهٔ راست از D به C و جهت جریان سیملولهٔ سمت چپ از A به B است.



۲۳۸ . گزینه ۴ با استفاده از رابطهٔ شار مغناطیسی داریم:

$\Phi = BA\cos\theta \Rightarrow \Phi_{max} = BA\cos ۰^\circ = BA \Rightarrow$

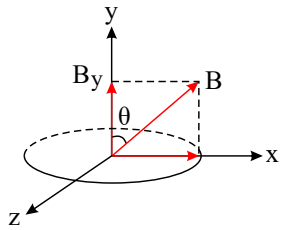
$۴ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۲ \times A \Rightarrow A = ۲ \times ۱۰^{-۲} m^۲ = ۲۰۰cm^۲$

۲۳۹ . گزینه ۴ با توجه به ثابت بودن شیب نمودار شار ـ زمان از ۴ تا ۱۶، در این بازه نیروی محرکهٔ القایی ثابت بوده و مقدار آن برابر حاصل ضرب تعداد دور سیم (N) در شیب $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$ است.

$$\begin{cases} |\varepsilon| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \\ \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-۲-۲}{۱۶-۴} = -\frac{۴}{۱۲} = -\frac{۱}{۳} \end{cases} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{۱}{۳}V$$

۲۴۰ . گزینه ۴ برای تعیین بزرگی میدان مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$\vec{B} = ۰/۳\vec{i} + ۰/۴\vec{j} \Rightarrow B = \sqrt{۰/۳^۲ + ۰/۴^۲} \Rightarrow B = ۰/۵T$$



با توجه به تعریف شار مغناطیسی عبوری از یک سطح، تنها مؤلفه‌ای ازمیدان که عمود بر سطح است (در اینجا B_y) در تعیین مقدار شار عبوری مغناطیسی سهم دارد و مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح است (در اینجا B_x) سهمی در شار مغناطیسی ندارد، بنابراین داریم:

$$\Phi = BA\cos\theta \xrightarrow{B\cos\theta = B_y} \Phi = B_yA = ۰/۴ \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۴}$$

$$\Rightarrow \Phi = ۸ \times ۱۰^{-۳}Wb$$

۲۴۱ . گزینه ۴ براساس قانون القای فاراده نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آید که در آن $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ شیب نمودار $\Phi - t$ می‌باشد و چون در بازهٔ $۱۰s$ تا $۲۰s$ شیب نمودار ثابت است در هربازه‌ای شیب را محاسبه کنیم فرقی ندارد و بنابراین برای راحتی کار ما شیب را دربازهٔ زمانی $۱۰s$ تا $۱۶s$ به دست می‌آوریم. داریم:

$$|\bar{\varepsilon}| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|$$

شیب خط در بازهٔ $۱۰s$ تا $۱۶s$

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{۰ - ۰/۰۶}{۱۶ - ۱۰} = ۰/۰۱$$

$$|\bar{\varepsilon}| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = |-۱ \times (-۰/۰۱) = ۰/۰۱V| = ۱۰mV$$

۲۴۲ . گزینه ۱ ابتدا با استفاده از رابطهٔ میدان مغناطیسی سیملوله، تغییرات میدان مغناطیسی در سیملوله را می‌یابیم و سپس به کمک قانون القای فاراده نیروی محرکهٔ القایی را می‌یابیم:

$$\Delta B = B_۲ - B_۱ = ۰ - B_۱ = -B_۱ = -\frac{\mu_۰ NI}{\ell} = -\frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱۰۰ \times ۳۰}{۲۵ \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow \Delta B = -۴۸\pi \times ۱۰^{-۴}T$$

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow A = \pi r^۲ = \pi(۱۰^{-۱})^۲ \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -۱۰۰ \times ۱۰^{-۲} \times \pi \times \left(-\frac{۴۸\pi \times ۱۰^{-۴}}{۰/۰۲}\right) = ۰/۲۴\pi^۲V$$

۲۴۳ . گزینه ۲ براساس قانون القای فاراده داریم:

$$|\bar{\varepsilon}| = NA\cos\theta\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \Rightarrow \theta = ۰ \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۱ \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۴}\left|\frac{-۰/۰۸}{۰/۰۲}\right| = ۰/۰۸V$$

۲۴۴ . گزینه ۳ ابتدا میدان مغناطیسی سیملوله را محاسبه کنیم.

$$B = \mu_۰\frac{NI}{\ell} \Rightarrow B = (۴\pi \times ۱۰^{-۷})\frac{۳۰۰۰۰ \times ۰/۵}{۰/۲} \Rightarrow B = ۳\pi \times ۱۰^{-۲}T$$

از طرفی: $A = \pi r^۲ = \pi \times (۲ \times ۱۰^{-۲})^۲ = ۴\pi \times ۱۰^{-۴}m^۲$

حال برای محاسبهٔ شار مغناطیسی داریم:

$$\Phi = BA\cos\theta \xrightarrow[\cos ۰^\circ = ۱]{\theta = ۰} \Phi = BA = (۳\pi \times ۱۰^{-۲})(۴\pi \times ۱۰^{-۴}) \xrightarrow{\pi^۲ = ۱۰} \Phi = ۱۲ \times ۱۰^{-۵}Wb$$

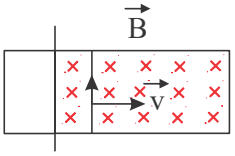
دقت شود که میدان مغناطیسی داخل سیموله عمود بر سطح آن می‌باشد بنابراین زاویهٔ بین میدان و خط عمود بر سیملوله برابر صفر است.

۲۴۵ . گزینه ۳ با استفاده از قانون القای فاراده و کمک گرفتن از قانون اهم داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|}{R} = \frac{|-N\frac{\Delta A}{\Delta t}B\cos\theta|}{R} \Rightarrow ۰/۰۲ = \frac{|\frac{\Delta A}{\Delta t} \times ۵ \times ۱۰^{-۲}|}{۴} \Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = ۱/۶m^۲/s$$

۲۴۶ . گزینه ۱ در مدت زمانی که حلقه به‌طور کامل در داخل میدان مغناطیسی قرار دارد، شار مغناطیسی گذرنده از آن ثابت است؛ بنابراین نیروی محرکهٔ القایی برابر صفر است، بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) می‌توانند جواب سؤال باشند. برای به دست آوردن جهت نیروی محرکهٔ القایی در لحظهٔ ورود به میدان می‌توان چنین استدلال کرد:

در مدت ورود حلقه به میدان شار گذرنده از حلقه افزایش می‌یابد، بنابراین لازم است جهت جریان القایی پادساعتگرد و در جهت مثبت مثلثاتی باشد تا میدانی برون‌سو القا شده، تا با تغییر شار مغناطیسی یعنی عامل به‌وجودآورندهٔ جریان مخالفت کند، بنابراین گزینهٔ «۱» صحیح است.



۲۴۷ . گزینه ۳ جریان القایی را می‌توان به‌صورت زیر به دست آورد:

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R} \\ |\bar{\varepsilon}| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \end{cases} \Rightarrow I = \frac{N}{R}\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \rightarrow I = \frac{N}{R}\left|\frac{A\cos\theta\Delta B}{\Delta t}\right|$$

$$\xrightarrow{\cos\theta = \cos ۰^\circ = ۱} I = \frac{N}{R}A\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \xrightarrow{A = \pi r^۲} ۰/۲ = \frac{۱}{۰/۳}\pi r^۲\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \Rightarrow ۰/۲ = \frac{۱}{۰/۳} \times ۳ \times (۰/۱)^۲\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \Rightarrow \left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = ۲T/s$$

۲۴۸ . گزینه ۴ آهنگ تولید انرژی گرمایی (توان) هیچ‌وقت نمی‌تواند منفی شود. پس گزینه‌های ۱ و ۳ صحیح نیستند. از طرفی در گزینه‌های ۲ و ۴ و در بازه‌های (۰ تا $۰/۰۱s$) و ($۰/۰۲s$ تا $۰/۰۱s$) آهنگ تولید انرژی گرمایی مقادیر مشابهی دارد. بنابراین اگر مقدار P را در بازهٔ ($۰/۰۲s$ تا $۰/۰۵s$) تعیین کنیم، می‌توان گزینهٔ درست را مشخص نمود.

البته باید توجه داشت اگر در بازه‌ای تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان خطی باشد، در آن بازه شار مغناطیسی به‌طور خطی تغییر می‌کند.

$$\varepsilon = \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow[\theta = ۰]{A = \pi r^۲}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = -۱ \times (۳ \times ۱۰^۲ \times ۱۰^{-۴})(\cos ۰) \times (\frac{۰ - ۰/۵}{۰/۰۵ - ۰/۰۲}) = ۰/۵V \Rightarrow |\varepsilon| = ۰/۵V$$

$$P = \frac{V^۲}{R} = \frac{|\varepsilon|^۲}{R} = \frac{(۰/۵)^۲}{۵} = ۰/۰۵W$$

۲۴۹ . گزینه ۲ نیروی محرکهٔ القا شده در سیم رسانای متحرک در میدان مغناطیسی برابر است با:

$$\varepsilon = B\nu L\sin\alpha \xrightarrow{\sin\alpha = ۱} \varepsilon = ۰/۰۵ \times ۲ \times ۰/۳ = ۰/۰۳V = ۳۰mV$$

۲۵۰ . گزینه ۲ ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow ۰/۵ = \frac{\varepsilon}{۰/۲} \rightarrow \varepsilon = ۰/۱V$$

با استفاده از رابطهٔ نیروی محرکهٔ القایی حرکتی داریم:

$$\varepsilon = B\ell v\sin\theta \Rightarrow ۰/۱ = ۰/۱ \times ۰/۲۵ \times v \times \sin ۹۰ \Rightarrow v = ۴\frac{m}{s}$$

۲۵۱ . گزینه ۱ می‌دانیم که نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آید.

و با توجه به نمودار تغییرات میدان می‌توانیم رابطهٔ بالا را به‌صورت زیر بنویسیم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t}$$

اگر مقدار نیروی محرکهٔ القایی را در بازهٔ (۰ تا ۰/۱) به دست آوریم می‌توانیم گزینهٔ درست را پیدا کنیم.

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t} \xrightarrow{A = \pi r^۲} \bar{\varepsilon} = -۱\frac{۰/۵}{۰/۱} \times ۳ \times (۰/۱)^۲ \times \cos ۰ = -۰/۱۵V$$

فقط گزینه‌ی ۱ این ویژگی را دارد.

۲۵۲ . گزینه ۳ ابتدا شارعبوری از حلقه صفر است و وقتی کاملاً وارد میدان می‌شود بیشترین شار از آن می‌گذرد. ($۱G = ۱۰^{-۴}T$)

$$\Phi_{max} = BA = ۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۴} = ۳۰ \times ۱۰^{-۸} = ۳۰ \times ۱۰^{-۲}\mu Wb = ۰/۳(\mu Wb)$$

زمانی که قاب می‌خواهد کاملاً وارد میدان شود $۵cm$ جابه‌جا می‌شود. بنابراین زمان این جابه‌جایی برابر است با:

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t_1}\Rightarrow ۲=\frac{۰/۰۵}{\Delta t_1}\Rightarrow \Delta t_1=۰/۰۲۵s=۲۵ms$$

زمانی که قاب کاملاً داخل میدان است $(۱۵-۵)=۱۰cm$ جابه‌جا می‌شود و شار ثابت است. زمان این جابه‌جایی برابر است با:

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t_2}\Rightarrow ۲=\frac{۰/۱}{\Delta t_2}\Rightarrow \Delta t_2=۰/۰۵s=۵۰ms$$

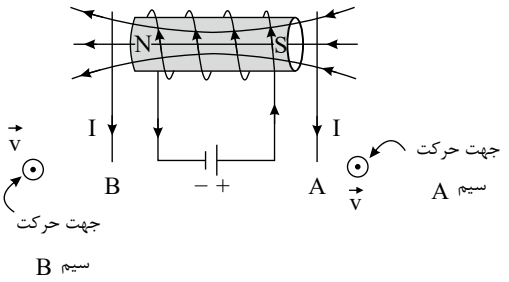
هنگام خروج قاب، شار کاهش یافته و به صفر می‌رسد. و باز باید $۵cm$ جابه‌جا شود و همانند ورود $\Delta t_3=۲۵ms$ می‌شود. یعنی گزینهٔ ۳ صحیح است.

۲۵۳ . گزینه ۴ طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، داریم:

$$|\bar{\varepsilon}|=\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\Rightarrow|\bar{\varepsilon}|=N\frac{\phi_2-\phi_1}{t_2-t_1}\xrightarrow{\phi=۵t}|\bar{\varepsilon}|=N\frac{(۵t_2-۵t_1)}{t_2-t_1}=N\times ۵\times\frac{(t_2-t_1)}{t_2-t_1}=۵N$$

با توجه به $|\bar{\varepsilon}|=۵N$ نتیجه می‌گیریم که نیروی محرکهٔ القایی مقدار ثابتی است.

۲۵۴ . گزینه ۲ در ابتدا خطوط میدان مغناطیسی ایجادشده در اطراف سیملوله را تعیین می‌کنیم. طبق قاعدهٔ دست راست با توجه به جهت جریان گذرنده از سیملوله، انتهای راست آن قطب S مغناطیسی و انتهای چپ آن قطب N می‌شود، از این رو خطوط میدان مغناطیسی را در سیملوله و اطراف آن رسم می‌کنیم. حال اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت حرکت سیم A (در این‌جا عمود بر صفحهٔ کاغذ و به‌طرف بیرون صفحه) به‌گونه‌ای قرار دهیم که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود. انگشت شست جهت جریان القایی در سیم متحرک یعنی به‌طرف پایین ↓ را نمایش می‌دهد.

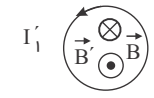


با همین استدلال سوی جریان در سیم چپ نیز رو به پایین خواهد بود.

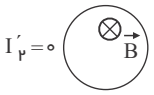
۲۵۵ . گزینه ۳ با قطع کلید در سیملوله A میدان مغناطیسی در جهت $\rightarrow$ کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی در سیملوله B در جهت $\rightarrow$ می‌باشد.
میدان مغناطیسی در داخل سیملوله A به‌سمت چپ می‌باشد، از طرفی چون در جریان در مقاومت R' از C به D است بنابراین میدان مغناطیسی القایی در سیملوله B نیز به‌سمت چپ است و این نشان می‌دهد که شار عبوری از سیملوله B در حال کاهش بوده است و تنها در گزینهٔ ۳ و در لحظهٔ قطع کلید که جریان سملوله A کم می‌شود، میدان در اطرافشان کاهش و شار مغناطیسی نیز کم می‌شود.

۲۵۶ . گزینه ۱

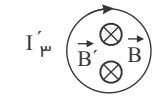
در حالت (۱) با ورود حلقه به داخل میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد. و طبق قانون لنز و برای مخالفت با این افزایش شار، باید میدان مغناطیسی القایی $(\vec{B}')$ در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی $(\vec{B})$ ایجاد شود. پس بنا بر قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی پادساعتگرد خواهد بود.



در حالت (۲) حلقه به‌طور کامل در داخل میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. چون در این حالت شار عبوری از حلقه ثابت است و تغییر نمی‌کند، پس جریان القایی در این حالت برابر صفر است.



در حالت (۳) حلقه در حال خروج از میدان مغناطیسی است. پس در این حالت شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است. که بنا بر قانون لنز باید میدان مغناطیسی القایی $(\vec{B}')$ در جهت میدان مغناطیسی اصلی $(\vec{B})$ ایجاد شود تا با کاهش شار مخالفت کند. بنابراین طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی در این حالت ساعتگرد خواهد بود.



۲۵۷ . گزینه ۴

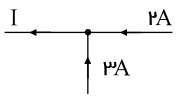
۱) وقتی کلید k قطع شود جریان در سیملوله A از I به صفر می‌رسد یعنی جریان کم می‌شود، بنابراین میدان مغناطیسی آن کم شده و شار عبوری از سیملوله B نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه جهت میدان القایی در سیملوله B باید هم‌جهت با میدان سیملوله A باشند.
۲) وقتی مقاومت زیاد شود جریان در مدار A کم می‌شود، و نتیجه مشابه گزینهٔ ۱ می‌شود.
۳) وقتی سیملوله B به‌طرف راست حرکت کند، میدان A در اطراف آن کاهش یافته و شار کاهش می‌یابد و نتیجه مشابه گزینه‌های ۱ و ۲ می‌شود.
۴) اگر سیملوله A به‌سمت راست حرکت نماید، یعنی میدان در سیملوله B زیاد شود در نتیجه شار عبوری از B افزایش می‌یابد و جهت میدان القایی در B باید در خلاف جهت میدان مغناطیسی A باشد.

۲۵۸ . گزینه ۱

با توجه به جهت میدان الکتریکی نشان‌داده‌شده در یکی از حلقه‌ها که هم‌جهت با جریان القایی می‌باشد، می‌توان گفت جریان القایی درحلقه‌ها ساعتگرد و میدان مغناطیسی حاصل از آن درون‌سو است چون میدان مغناطیسی نشان‌داده‌شده در شکل نیز درون‌سو است بنابراین باید طبق قانون لنزمیدان نشان‌داده شده درحال کاهش بوده است.

۲۵۹ . گزینه ۲ جهت جریان از A به B انتخاب کنیم.

$$V_A+۱۲-۲I_1-۳I_1=V_B\Rightarrow V_A-V_B=۵I_1-۱۲\Rightarrow -۲=۵I_1-۱۲\Rightarrow I_1=۲A$$



$I = I_۱ + I_۲ = ۵A \ , \ U = \frac{۱}{۲}LI^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۴ \times ۲۵ = ۰/۵J$

۲۶۰ . گزینه ۲ ابتدا جریان درلحظهٔ $t = ۲s$ را می‌یابیم و سپس به کمک رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^۲$ انرژی ذخیره‌شده در القاگر را به دست می‌آوریم:

$I = -(۲)^۲ + ۲\sin(\pi \times ۲) = -۴ + ۲\sin(۲\pi) = -۴A$

$\Rightarrow U = \frac{۱}{۲}LI^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۲(-۴)^۲ \Rightarrow U = ۰/۱۶J$

۲۶۱ . گزینه ۱

با نوشتن رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر و استفاده از اطلاعات نمودار داریم:

$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow ۰/۰۲۷ = \frac{۱}{۲}L(۳)^۲ \Rightarrow ۰/۰۲۷ = \frac{۱}{۲}L \times ۹ \Rightarrow L = ۰/۰۰۶H = ۶mH$

۲۶۲ . گزینه ۳ با نوشتن رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر داریم:

$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow ۰/۰۲ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱۰}{۱۰۰۰}I^۲ \Rightarrow I^۲ = ۴ \Rightarrow I = ۲A$

۲۶۳ . گزینه ۲ می‌دانیم انرژی ذخیره‌شده در یک سیملوله از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^۲$ به دست می‌آید. داریم:

$I = ۴A \ , \ U = ۲۰۰mJ = ۰/۲J$

$۰/۲ = \frac{۱}{۲}L \times ۴^۲ \Rightarrow \ L = ۲/۵ \times ۱۰^{-۲}H$

۲۶۴ . گزینه ۱ می‌دانیم انرژی ذخیره‌شده در یک سیملوله از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$U = \frac{۱}{۲}LI^۲$

انرژی ذخیره‌شده: $U = \frac{۱}{۲} \times ۵ \times ۱۰^{-۳} \times (۸ \times ۱۰^{-۳})^۲ = ۱/۶ \times ۱۰^{-۷}J = ۱/۶ \times ۱۰^{-۴}mJ$

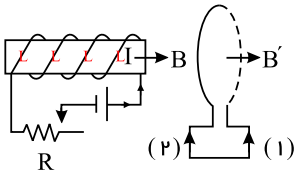
۲۶۵ . گزینه ۴ به کمک رابطهٔ میدان مغناطیسی عبوری از سیملوله و شار عبوری از یک حلقه داریم:

$B = \mu_۰\frac{NI}{l} \Rightarrow B \propto I \Rightarrow B_۲ = ۲B_۱$

$\Phi = BA\cos\theta \Rightarrow \Phi \propto B \Rightarrow \Phi_۲ = ۲\Phi_۱$

$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow U \propto I^۲ \Rightarrow U_۲ = ۴U_۱$

۲۶۶ . گزینه ۱ وقتی رئوستا در حالت معینی قرار دارد، جریان I در سیملوله در جهتی که نشان داده شده است می گذرد و در حلقه جریانی وجود ندارد. با افزایش مقاومت رئوستا جریان I کم شده و خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از حلقه کم می‌شود. بنا به قانون لنز باید جریان القایی در حلقه در جهتی به وجود بیاید که با عامل به وجود آورنده‌اش مخالفت کند و به عبارت دیگر، آن تغییر را جبران کند، پس در این حالت در حلقه، جریان در جهت (۱) (که هم‌جهت با جریان I است) به وجود می آید، تا تغییر شار مربوط به کم شدن I را جبران کند. از طرفی نیروی محرکهٔ خود القاوری در سیملوله (ε_L) طبق قانون لنز در جهتی است که می خواهد مانع کاهش شار مغناطیسی‌ای شود که منبع تغذیه ایجاد می‌کند به همین دلیل در جهت نیروی محرکهٔ منبع تغذیه عمل می‌کند.

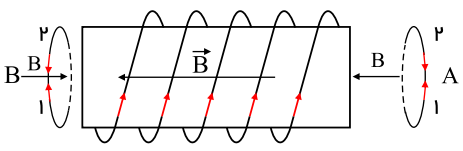


۲۶۷ . گزینه ۴ رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در سیملوله به‌صورت زیر است:

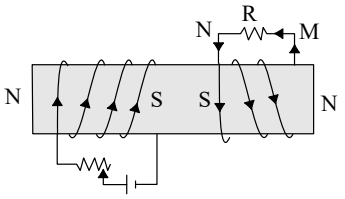
$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \begin{cases} \frac{U_A}{U_B} = (\frac{L_A}{L_B}) \times (\frac{I_A}{I_B})^۲ \\ L_A = ۲L_B \\ I_A = ۲I_B \end{cases} \Rightarrow \frac{U_A}{U_B} = ۲(۲)^۲ = ۸$

۲۶۸ . گزینه ۴

با بستن کلید و افزایش تدریجی جریان در سیملوله، شار عبوری از حلقه‌های A و B افزایش یافته و بنابراین میدان مغناطیسی القایی در آنها باید در خلاف جهت میدان اصلی سیملوله باشد تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند، بنابراین مطابق شکل در حلقه‌های A و B میدانی به‌سمت راست القا می‌شود و جهت جریان القایی در حلقه‌ها در جهت ۲ است.



۲۶۹ . گزینه ۲



در حالت اول قبل از حرکت رئوستا، تغییر شار نداریم، بنابراین جریانی القا نمی‌شود، پس $I_1 = 0$ است.
اما در حالت دوم با حرکت لغزندهٔ رئوستا به‌سمت چپ، مقاومت آن کم می‌شود و جریان و به‌تبع آن میدان مغناطیسی در سیملولهٔ سمت چپ افزایش می‌یابد و بنابراین شار تولیدی آن در محل سیملولهٔ سمت راست افزایش یافته و موجب ایجاد جریان القایی در سیملولهٔ سمت راست می‌شود که جهت آن طبق قانون لنز، به‌گونه‌ای است که با تغییر شار مخالفت کند.

۲۷۰ . گزینه ۴ در صورتی که لغزندهٔ رئوستا به‌سمت چپ حرکت کند طول مقاومتی از رئوستا که در مدار قرار می‌گیرد افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت افزایش می‌یابد. با توجه به رابطهٔ شدت جریان $(I = \frac{\varepsilon}{R})$ با افزایش مقاومت مدار، شدت جریان کاهش می‌یابد.
میدان مغناطیسی ناشی از جریانی که از حلقه می‌گذرد درون حلقهٔ رسانا با توجه به قاعدهٔ دست راست برون‌سو است و با کاهش جریان، اندازهٔ میدان مغناطیسی برون‌سو نیز کاهش می‌یابد بنابراین جریان القایی در حلقهٔ رسانا با توجه به قانون لنز طوری ایجاد می‌شود که با کاهش میدان مغناطیسی برون‌سو (یا کاهش شار مغناطیسی) مخالفت کند. به این ترتیب در حلقهٔ رسانا نیز جریان القایی پادساعتگرد خواهد بود.

۲۷۱ . گزینه ۴ انرژی ذخیره‌شده در القاگر (یا سیملوله) از رابطهٔ $U = \frac{1}{2}LI^2$ به دست می‌آید.
برای محاسبهٔ بیشترین انرژی ذخیره‌شده در القاگر باید بیشترین مقدار جریان $I_{\max}$ را به دست آوریم:

$$I = 5\sin(50\pi t) \xrightarrow{\sin 50\pi t = 1} I_{\max} = 5$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2}LI_{\max}^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} \times 0/04 \times (5)^2 = 0/5J = 500mJ$$

۲۷۲ . گزینه ۱ با چرخش حلقه در جهت نشان‌داده‌شده، زاویهٔ θ (از زاویهٔ بین میدان مغناطیسی و خط عمود بر حلقه) افزایش یافته و با این افزایش، شار عبوری کاهش و نیروی محرکهٔ القایی افزایش می یابد.

$$\begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\theta \\ \theta \uparrow \Rightarrow \sin\theta \uparrow \Rightarrow \varepsilon \uparrow \end{cases}$$

از سوی دیگر در وضعیت نشان‌داده‌شده، شار عبوری از قاب در حال کاهش است. با توجه به قانون لنز جهت جریان القایی (I') باید به‌گونه‌ای باشد که میدان ناشی از آن (B') میدان اصلی (B) را تقویت کند و به همین دلیل جریان القایی در جهت نشان‌داده‌شده (یعنی جهت (1)) است.

۲۷۳ . گزینه ۱ با توجه به نمودار داریم:

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{30} \Rightarrow T = \frac{\pi}{15}$$

$$\begin{cases} I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{20}{5} = 4A \\ \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{15}} = 30rad/s \end{cases} \Rightarrow I = I_m\sin(\frac{2\pi t}{T}) = 4\sin(30t)$$