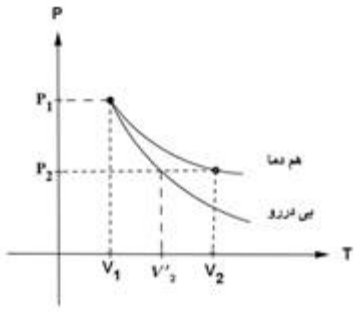
۱ **گزینه ۴**

نمودار فرآیند انبساط بی‌دررو و هم‌دما را نظر می‌گیریم:



در فرآیند هم‌دما، فشار و حجم رابطهٔ عکس دارند. $V_۲$را برحسب $V_۱$ محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{cases} PV = nRT \\ P_۱V_۱ = P_۲V_۲ \\ P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱ \end{cases} \rightarrow P_۱V_۱ = \frac{۱}{۲}P_۱V_۲ \rightarrow V_۲ = ۲V_۱$$

در فرآیند انبساط بی‌دررو طبق نمودار بالا خواهیم داشت:

$$\begin{cases} V'_۲ < V_۲ \\ V_۲ < ۲V_۱ \end{cases} \rightarrow V'_۲ < ۲V_۱$$

۲ **گزینه ۳**

به بررسی گزینه ها می پردازیم:

گزینه ۱: نقاط ابتدا و انتهای مسیر یکسان نیستند، بنابراین تغییرات انرژی درونی برابر با صفر نمی باشد و انرژی درونی تغییر می کند.

گزینه ۲ و ۴: مساحت زیر نمودار $P-V$ برابر با کار انجام‌شده در آن بازه می باشد.

$$\begin{cases} S_{AB} = W_{AB} = -P_۱\Delta V_{AB} \\ \Delta V_{AB} > ۰ \end{cases} \rightarrow W_{AB} < ۰$$

$$\begin{cases} S_{CD} = W_{CD} = -P_۲\Delta V_{CD} \\ \Delta V_{CD} < ۰ \end{cases} \rightarrow W_{CD} > ۰$$

ازآنجایی‌که $\Delta V_{AB} = \Delta V_{CD}$, $P_۱ < P_۲$ درنتیجه $|W_{AB}| < |W_{CD}|$، بنـابراین کـاری که گاز روی محیط انجام می دهـد منفی است و کاری که محیط روی گاز انجام می دهد مثبت است.

گزینه ۱ و ۳ : برای بررسی انرژی درونی، ابتدا دما را در نقاط A و D محاسبه می کنیم:

$$\begin{cases} T_A = \frac{P_۱V_A}{nR} \\ T_D = \frac{P_۲V_A}{nR} \end{cases} \xrightarrow{P_۲>P_۱} T_D > T_۱ \rightarrow \Delta U_D > \Delta U_A$$

۳ **گزینه ۴**

ابتدا مقدار گرما در هر فرآیند را محاسبه و سپس باهم جمع جبری می کنیم:

$$\text{فرآیند هم‌حجم ab} \rightarrow Q_{ab} = nC_{MV}\Delta T_{ab} \xrightarrow{\Delta T_{ab}=۱۰۰K} Q_{ab} = C_{MV}(۱۰۰)$$

$$\text{فرآیند هم‌فشار bc} \rightarrow Q_{bc} = nC_{MP}\Delta T_{bc} \xrightarrow{\Delta T_{bc}=۲۰۰K} Q_{bc} = C_{MP}(۲۰۰)$$

$$\text{فرآیند هم‌حجم cd} \rightarrow Q_{cd} = nC_{MV}\Delta T_{cd} \xrightarrow{\Delta T_{cd}=-۲۰۰K} Q_{cd} = C_{MV}(-۲۰۰)$$

$$\text{فرآیند هم‌فشار da} \rightarrow Q_{da} = nC_{MP}\Delta T_{da} \xrightarrow{\Delta T_{da}=-۱۰۰K} Q_{da} = C_{MP}(-۱۰۰)$$

$$Q_T = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{cd} + Q_{da}$$

$$Q_T = ۱۰۰C_{MV} + ۲۰۰C_{MP} - ۲۰۰C_{MV} - ۱۰۰C_{MP} = ۱۰۰C_{MP} - ۱۰۰C_{MV}$$

بنابراین مقدار Q_T برابر است با:

$$\begin{cases} Q_T = ۱۰۰C_{MP} - ۱۰۰C_{MV} \\ C_{MV} = \frac{۳}{۲}R \\ C_{MP} = \frac{۵}{۲}R \\ R = ۸\ J/mol.K \end{cases} \rightarrow Q_T = ۱۰۰ \times \frac{۵}{۲} \times ۸ - ۱۰۰ \times \frac{۳}{۲} \times ۸ = ۸۰۰J$$

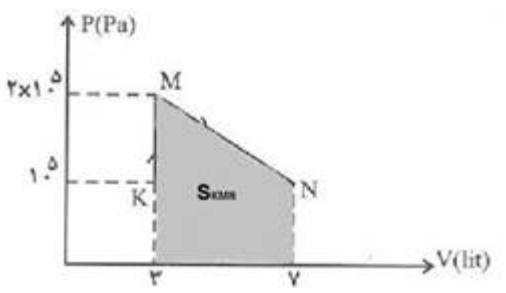
۴ **گزینه ۴**

نقاط ابتدایی و انتهایی دو مسیر یکسان است ($\Delta U_{KN} = \Delta U_{KMN}$) و KN فرآیند هم فشار است، بنابراین: $nR\Delta T = P\Delta V$. از طرفی $W_{KMN} = -S_{KMN}$. درنتیجه داریم:

$$\Delta U_{KN} = \Delta U_{KMN} \rightarrow Q_{KN} + W_{KN} = Q_{KMN} + W_{KMN}$$

$$\rightarrow nC_{MP}\Delta T - P\Delta V = Q_{KMN} + W_{KMN} \xrightarrow{C_{MP}=\frac{۷}{۲}R} \frac{۷}{۲}nR\Delta T - P\Delta V = Q_{KMN} - S_{KMN} \quad (*)$$

برای محاسبهٔ S_{KMN} شکل زیر را در نظر می گیریم:



$$\xrightarrow{(*)} \frac{۷}{۲}P\Delta V - P\Delta V = Q_{KMN} - \frac{(۲ \times ۱۰^{۵} + ۱۰^{۵})}{۲} \times ۴ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\xrightarrow[\Delta V=(۷-۳)\times۱۰^{-۳}m]{P=۱۰۵Pa^{۳}} \frac{۵}{۲} \times ۱۰^{۵} \times ۴ \times ۱۰^{-۳} = Q_{KMN} - ۶ \times ۱۰^{-۳}Q_{KMN}$$

$$= ۱۶۰۰J$$

۵ **گزینه ۴**

گام اول

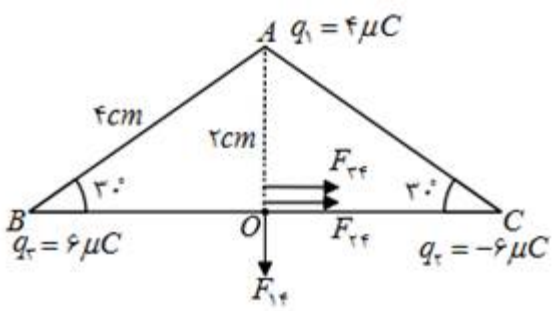
الف) نقطهٔ O در وسط خط واصل دو بار← $BO = OC$

ب) نیروی وارد بر بار $q_۴ = ۱\mu C$ چند نیوتن است؟ ← $\vec{F} = \vec{F}_{۱۴} + \vec{F}_{۲۴} + \vec{F}_{۳۴} = ?N$

گام دوم

ابتدا فواصل OA و OB را به دست می‌آوریم. ضلع روبه‌رو به زاویه ۳۰° نصف وتر است بنابراین در مثلث $\overset{\Delta}{AOB}$ $AO = ۲cm$, است.

طبق رابطه فیثاغورث خواهیم داشت:



$$\begin{cases} AB^۲ = OB^۲ + OA^۲ \\ AB = ۴cm \end{cases} \Rightarrow ۱۶ = OB^۲ + ۴ \Rightarrow OB = OC$$
$$OA = ۲cm$$
$$= \sqrt{۱۲}cm$$

حال به محاسبهٔ مؤلفه‌های افقی و عمودی نیروی واردشده به $q_۴$ می‌پردازیم:

مؤلفهٔ افقی بردار برآیند نیروی واردشده به $q_۴$برابر است با:

$$\vec{F}_x = \left|\vec{F}_{۳۴}\right| + \left|\vec{F}_{۲۴}\right| = \left|k\frac{q_۳q_۴}{(OB)^۲}\right| + \left|k\frac{q_۲q_۴}{(OC)^۲}\right| = ۹ \times ۱۰^۹$$
$$\times \frac{۱\times۱۰^{-۶}\times۶\times۱۰^{-۶}}{۱۲\times۱۰^{-۴}} + ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱\times۱۰^{-۶}\times۶\times۱۰^{-۶}}{۱۲\times۱۰^{-۴}} = ۹۰N$$

مؤلفهٔ عمودی بردار برآیند نیروی واردشده به $q_۴$ برابر است با:

$$\left|\vec{F}_y\right| = k\frac{|q_۱||q_۴|}{(OA)^۲} = \frac{۱\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{۴\times۱۰^{-۴}} = ۹ \times ۱۰ = ۹۰N$$

بنابراین نیروی کل واردشده به $q_۱$ برابر است با:

$$\vec{F} = \sqrt{\vec{F}_x^{\,۲} + \vec{F}_y^{\,۲}} = \sqrt{۲ \times (۹۰)^۲} = ۹۰\sqrt{۲}N$$

۶ **گزینه ۴**

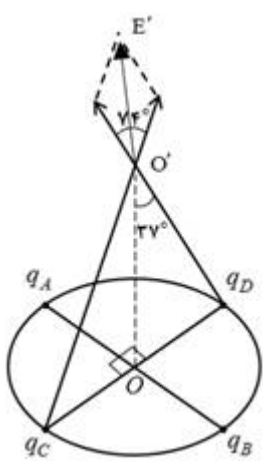
گام اول

الف) بزرگی میدان الکتریکی هریک از بارها در نقطهٔ O' برابر $۵ \times ۱۰^{۴} N/C$ است. ← $E = ۵ \times ۱۰^{۴} N/C$

ب) برآیند میدان های الکتریکی حاصل در نقطهٔ O' چند نیوتن بر کولن است؟← $E_T = ?N/C$

گام دوم

با توجه به شکل، ۴ بردار میدان الکتریکی در نقطهٔ (O') ایجاد می شوند که زاویهٔ بین دو بردار $۲ \times ۳۷^\circ = ۷۴^\circ$ و زاویهٔ بین دو بردار دیگر نیز $۲ \times ۳۷^\circ = ۷۴^\circ$ است، که هر دو عدد از این بردارها در صـفحه‌هایی قرار دارند که بر هم عمودند، لذا برآیند آن‌ها در امتدادی عمود بر صفحهٔ دایره قرار دارند که برای تعیین بردار برآیند به‌صورت زیر عمل می کنیم. ازآنجایی‌که اندازهٔ میدان الکتریکی بارها در نقطهٔ O باهم برابر است، می توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:



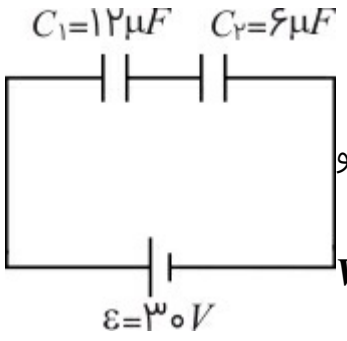
$$\begin{cases} E' = ۲E\cos\frac{\theta}{۲} \\ \theta = ۷۴^\circ \end{cases} \Rightarrow E' = ۲ \times ۵ \times ۱۰^{۴} \times \cos ۳۷^\circ = ۸ \times ۱۰^{۴} N/C$$

E' محاسـبه‌شده، برآیند دو بردار میدان الکتریکی است، جمع برداری دو بردار دیگر نیز برابر با همین مقدار و هم جهت با E' است، بنابراین:

$$\begin{cases} E_T = ۲E' \\ E' = ۸ \times ۱۰^{۴} \end{cases} \Rightarrow E_T = ۲ \times ۸ \times ۱۰^{۴} = ۱/۶ \times ۱۰^{۵} N/C$$

۷ **گزینه ۱**

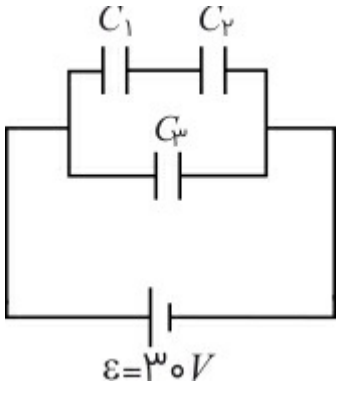
در حالت اول، کلید $K_۱$ بسته است و اختلاف‌پتانسیل دو سر مدار ۳۰ ولت است. از طرفی چون $K_۲$ باز است، خازن $C_۳$ از مدار حذف می شود و اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن $C_۱$ و $C_۲$ برابر ۳۰ ولت است. $V_T = V_{۱,۲} = ۳۰ V$



در حالت دوم که کلید $K_۲$ را می بندیم، خازن $C_۳$ با دو خازن متوالی $C_۱$ و $C_۲$ موازی می‌شود و اختلاف‌پتانسیل دو سر مدار با اختلاف‌پتانسیل خازن معادل $C_۱$ و $C_۲$ و همچنین خازن $C_۳$ برابر است.

$V'_T = V_{۱,۲} = V_۳ = ۳۰ V$

بنـابراین با باز و بسـته کردن کلیـد $K_۲$ در اختلاـف‌پتانسـیل دو سـر خازن $C_۱$ و $C_۲$ تغییری حاصـل نمی شـود. $(V'_۱ - V_۱ = ۰)$



۸ **گزینه ۲**

در فرآیند هم‌حجم گرما را از رابطهٔ $Q_V = nC_V\Delta T$ محاسبه می‌کنیم:

$$Q_1 = nC_V\Delta T \xrightarrow[\Delta T = T_2 - T_1 = T_1]{C_V = \frac{3}{2}R, T_2 = 2T_1} Q_1 = \frac{3}{2}nRT_1$$

و در فرآیند هم‌فشار، گرما را از رابطهٔ $Q_P = nC_P\Delta T$ محاسبه می‌کنیم:

$$Q_2 = nC_P\Delta T \xrightarrow[\Delta T = T_3 - T_2 = 3T_2]{CP = \frac{5}{2}R, T_3 = 4T_2}$$

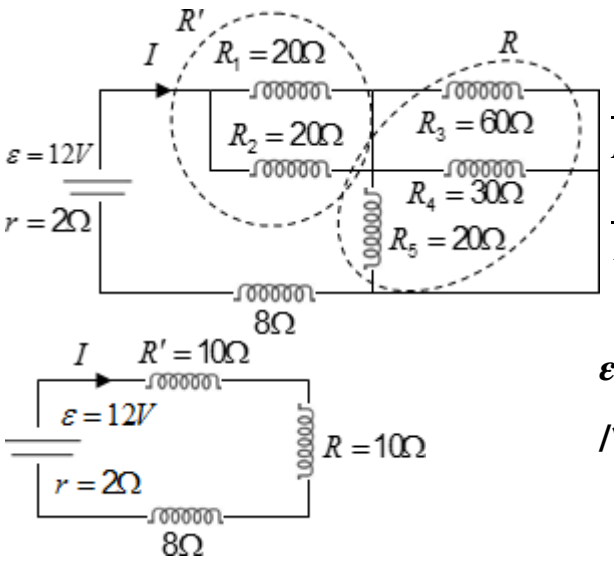
$$Q_2 = \frac{5}{2}nR(3T_2) \xrightarrow{T_2 = 2T_1} Q_2 = 15nRT_1$$

بنابراین:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{15nRT_1}{\frac{3}{2}nRT_1} = 10$$

۹ **گزینه ۳**

برای محاسبهٔ جریان I بایـد مقاومت معادل را به دست بیاوریم. مقاومت‌های R_1 ، R_2 و همچنین R_3 ، R_4 ، R_5 باهم موازی هستند بنابراین مقاومت‌های معادل هرکدام برابر است با:



$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \Rightarrow R' = 10\Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20} \Rightarrow R = 10\Omega$$

بنابراین مدارمان به‌صورت زیر درمی‌آید. با استفاده از قانون حلقه می‌توانیم I را محاسبه کنیم:

$$\varepsilon - Ir - IR' - IR - I \times 8 \Rightarrow 12 = I \times 30 \Rightarrow I = \frac{2}{5} = 0/4A$$

۱۰ **گزینه ۴**

گام اول

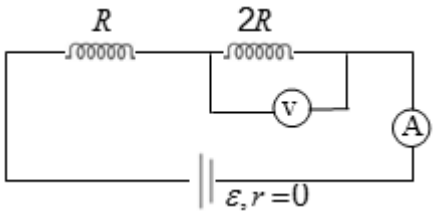
الف) کلید K باز است ← پس مقاومت $۲R$ (مقاومت پایینی) در مدار نادیده گرفته می شود.

ب) اگر کلید را ببندیم ← مقاومت $۲R$ وارد مدار شده و با مقاومت بالای خود موازی می شود.

ج) اعدادی که ولت سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند چندبرابر می شوند؟ ← $\frac{V_۲}{V_۱}=?$ $\frac{I_۲}{I_۱}=?$

گام دوم

حالت اول) کلید باز است:



قاعدهٔ حلقه را می نویسیم تا $I_۱$ را به دست بیاوریم:

$$\varepsilon - I_۱ \times R - I_۱ \times ۲R = ۰ \Rightarrow I_۱ = \frac{\varepsilon}{۳R}$$

اختلاف پتانسیل مقاومت $۲R$ برابر است با:

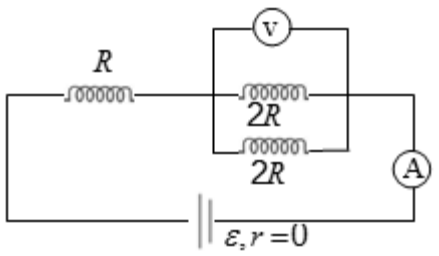
$$V_۱ = ۲RI_۱ \Rightarrow V_۱ = ۲R \times \frac{\varepsilon}{۳R} \Rightarrow V_۱ = \frac{۲}{۳}\varepsilon$$

حالت دوم) کلید بسته است:

مقاومت های $۲R$ به‌صورت موازی بسته شده اند؛ بنابراین مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{۲R} + \frac{۱}{۲R} \Rightarrow R_T = R$$

حال با استفاده از قاعدهٔ حلقه جریان $I_۲$ را به دست می آوریم:



$$\varepsilon - I_۲R - I_۱R_T \Rightarrow I_۲ = \frac{\varepsilon}{۲R}$$

و همچنین اختلاف پتانسیلی که ولت سنج نشان می دهد برابر است با:

$$V_۲ = R_T I_۲ \Rightarrow V_۲ = R\frac{\varepsilon}{۲R} = \frac{\varepsilon}{۲}$$

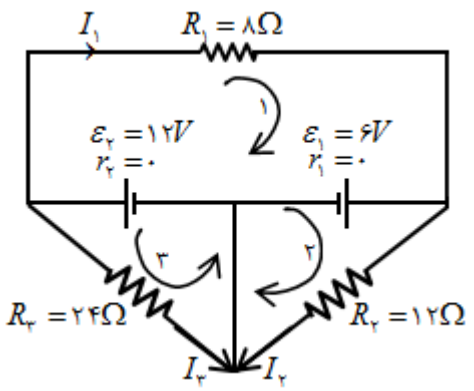
بنابراین نسبت $\frac{I_۲}{I_۱}, \frac{V_۲}{V_۱}$ برابر است با:

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

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{\frac{\varepsilon}{۲R}}{\frac{\varepsilon}{۳R}} = \frac{۳}{۲}$$

۱۱ **گزینه ۱**

با نوشتن معادلهٔ حلقه‌های ۱، ۲ و ۳ و با استفاده از قوانین کیرشهف داریم:



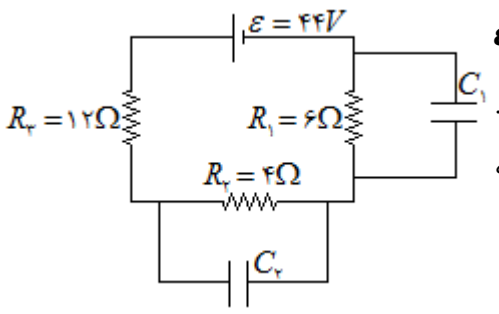
$$\text{حلقهٔ ۱} : -I_1R_1 - \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = ۰ - ۸I_1 - ۶ + ۱۲ = ۰ \Rightarrow I_1 = \frac{۶}{۸}A = ۰/۷۵A$$

$$\text{حلقهٔ ۲} : \varepsilon_1 - I_2R_2 = ۰۶ - ۱۲I_2 = ۰ \Rightarrow I_2 = ۰/۵A$$

$$\text{حلقهٔ ۳} : \varepsilon_2 - I_3R_3 = ۰۱۲ - ۲۴I_3 = ۰ \Rightarrow I_3 = ۰/۵A$$

۱۲ **گزینه ۴**

از خازن‌ها جریانی عبور نمی‌کند، پس مدار به‌صورت زیر درمی‌آید؛ با استفاده از قاعدهٔ حلقه می‌توانیم جریان را محاسبه کنیم:



$$\varepsilon - I(R_1 + R_2 + R_3) = ۰ \Rightarrow I = \frac{۴۴}{۶+۴+۱۲} = ۲A$$

خازن C_2 با مقاومت R_2، و همچنین مقاومت R_1 با خازن C_1، دو به دو موازی‌اند. $(V_R = V_C)$

بنابراین با محاسبهٔ اختلاف‌پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_2 , R_1 می‌توانیم انرژی خازن‌ها را محاسبه کنیم:

$$V_1 = R_1I = ۶ \times ۲ = ۱۲V \Rightarrow V_{C_1} = ۱۲V$$

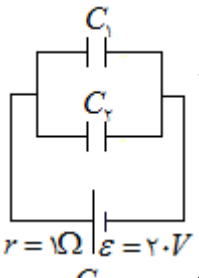
$$V_2 = R_2I = ۴ \times ۲ = ۸V \Rightarrow V_{C_2} = ۸V$$

$$\begin{cases} U_T = U_1 + U_2 \\ U = \frac{۱}{۲}CV^2 \\ C_1 = ۱۰\mu F = ۱۰ \times ۱۰^{-۶} F \\ C_2 = ۲۰\mu F = ۲۰ \times ۱۰^{-۶} F \end{cases} \Rightarrow U_T = \frac{۱}{۲}C_1V_1^2 + \frac{۱}{۲}C_2V_2^2 = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{-۵} \times ۱۴۴ + \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۶۴$$

$$= ۱۳۶ \times ۱۰^{-۵} J = ۱/۳۶ \times ۱۰^{-۳} J$$

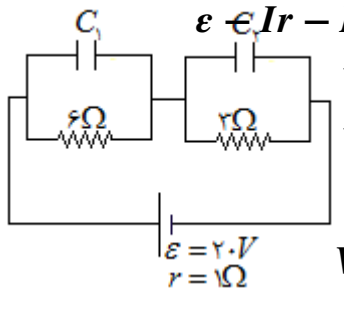
۱۳ **گزینه ۴**

در حالت اول که کلید باز است، چون از خازن جریان الکتریکی نمی‌گذرد، جریانی در مدار برقرار نمی‌شود و اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن برابر اختلاف‌پتانسیل دو سر نیروی محرکه است:



$$V_{C_1} = V_{C_2} = \varepsilon = ۲۰V$$

در حالت دوم که کلید بسته می‌شود در مدار جریان برقرار می‌شود. باتوجه‌به اینکه خازن C_2 با مقاومت ۳ اهمی موازی است $(V_3 = V_{C_2}')$ کافی است اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن ۳ اهمی را به دست بیاوریم. از خازن‌ها جریان عبور نمی‌کند، بنابراین:



$$\varepsilon - Ir - IR_6 - IR_3 = ۰ \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r+R_6+R_3} = \frac{۲۰}{۱+۶+۳} = ۲A$$

$$V_3 = IR_3 = ۲ \times ۳ = ۶V$$

$$V_{C_2}' = V_3 = ۶V$$

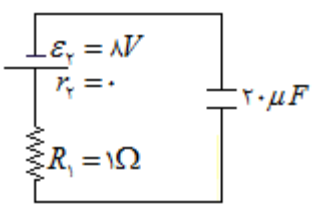
بنابراین تغییرات اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن برابر است با:

$$V_{C_2} - V_{C_2}' = ۲۰ - ۶ = ۱۴V$$

۱۴ **گزینه ۱**

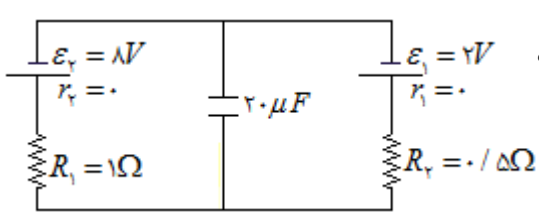
وقتی که کلید k باز است، مولد ε_1 از مدار خارج می‌شود. باتوجه‌به اینکه از خازن، جریان الکتریکی عبور نمی‌کند و اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن برابر است با اختلاف‌پتانسیل دو سر نیروی محرکهٔ مولد: $V_C = \varepsilon_2 = 8\,V$

پس بار ذخیره‌شده بر روی خازن برابر است با:



$$C = \frac{q_1}{V_C} \xrightarrow{C=20\,\mu F} q_1 = 20 \times 8 = 160\,\mu C$$

با بسته شدن کلید، مولد ε_1 نیز وارد مدار می‌شود. حال باید جریان مدار و سپس اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن را به دست بیاوریم (توجه شود که از خازن جریانی عبور نمی‌کند). طبق قاعدهٔ حلقه، داریم:



$$\varepsilon_1 - IR_1 - IR_2 - \varepsilon_2 = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2} = \frac{8-2}{1+0/5} = 4\,A$$

اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن و درنهایت بار خازن و تغییرات آن برابر است با:

$$V_C' = \varepsilon_2 + IR_1 = 8 - 4 \times 1 = 4\,V$$

$$q_2 = CV_C' = 20 \times 4 = 80\,\mu C$$

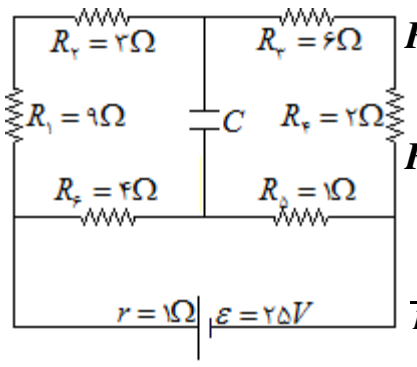
$$q_2 - q_1 = 80\,\mu C - 160\,\mu C = -80\,\mu C$$

بنابراین بار روی خازن ۸۰ میکروکولن کاهش می‌یابد.

۱۵ **گزینه ۳**

اگر اختلاف‌پتانسیل دو سر خازن را محاسبه کنیم، می‌توانیم بار خازن را به دست بیاوریم. ابتدا جریان عبوری از مقاومت‌ها را باید مشخص کنیم.

مقاومت‌های R_1, R_2, R_3, R_4 باهم سری هستند و مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:



$$R_{1,2,3,4} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 9 + 3 + 6 + 2 = 20\,\Omega$$

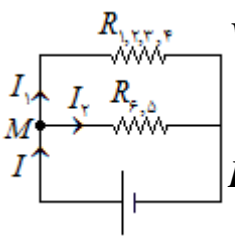
مقاومت‌های R_5 , R_6 نیز باهم سری هستند، بنابراین:

$$R_{6,5} = R_6 + R_5 = 4 + 1 = 5\,\Omega$$

مقاومت‌های معادل $R_{6,5}$, $R_{1,2,3,4}$ باهم موازی هستند:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{1,2,3,4}} + \frac{1}{R_{6,5}} \xrightarrow[R_{1,2,3,4}=20\,\Omega]{R_{6,5}=5\,\Omega} R_T = \frac{20\times5}{20+5} = 4\,\Omega$$

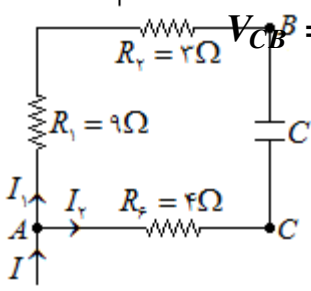
بنابراین جریان برابر $\varepsilon - Ir - IR_T = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r+R_T} = \frac{25}{5} = 5A$ است. ازطرفی داریم:



$$V_{1,2,3,4} = V_{5,6} \Rightarrow I_1 R_{1,2,3,4} = I_2 R_{5,6} \Rightarrow I_1 \times 20 = I_2 \times 5 \Rightarrow 4I_1 = I_2$$

با استفاده قاعدهٔ گره در نقطهٔ M، جریان‌ها و سپس اختلاف‌پتانسیل و درنهایت بار الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = I_1 + I_2 \xrightarrow[I_2=4\,I_1]{I=5\,A} 5 = I_1 + 4I_1 \Rightarrow I_1 = 1A\ ,\ I_2 = 4A$$



$$V_{CB} = V_{AC} - V_{AB} \Rightarrow V_{CB} = I_2 R_6 - I_1(R_1 + R_2) = 4 \times 4 - 1(9+3) = 16 - 12 = 4\,V$$

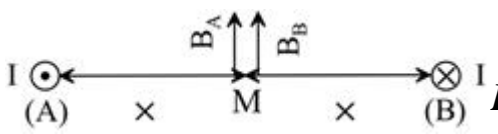
$$q = CV \xrightarrow[V=V_{CB}=4\,V]{C=10\,\mu F} q = 10\mu \times 4 = 40\,\mu C$$

۱۶ **گزینه ۴**

میدان را در هر دو حالت به دست می‌آوریم:

حالت اول)

جهت بردار میدان مغناطیسی دو سیم هم‌جهت هستند، بنابراین $\boldsymbol{B}_۱$ برابر است با:



$$\boldsymbol{B}_۱ = \boldsymbol{B}_A + \boldsymbol{B}_B$$

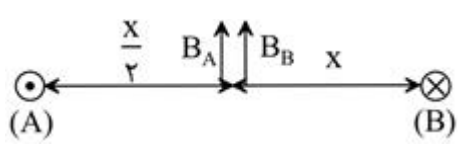
فاصلهٔ بین دو سیم از نقطهٔ M و همچنین جریان آن‌ها باهم برابر هستند، بنابراین:

$$\vec{\boldsymbol{B}}_A = \vec{\boldsymbol{B}}_B$$

پس:

$$\begin{cases} \boldsymbol{B}_۱ = ۲\boldsymbol{B}_A \\ \boldsymbol{B}_A = \dfrac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \boldsymbol{x}} \end{cases} \Rightarrow \boldsymbol{B}_۱ = \frac{۲\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \boldsymbol{x}} = \frac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{\pi \boldsymbol{x}} \Rightarrow \boldsymbol{B}_۱ = \frac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{\pi \boldsymbol{x}}$$

حالت دوم:



$$\begin{cases} \boldsymbol{B}_۲ = \boldsymbol{B}_A + \boldsymbol{B}_B \\ \boldsymbol{B} = \dfrac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \boldsymbol{R}} \\ \boldsymbol{R}_A = \dfrac{\boldsymbol{x}}{۲} \\ \boldsymbol{R}_B = \boldsymbol{x} \end{cases} \Rightarrow \boldsymbol{B}_۲ = \frac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \frac{\boldsymbol{x}}{۲}} + \frac{\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \boldsymbol{x}} = \frac{۳\mu_۰ \boldsymbol{I}}{۲\pi \boldsymbol{x}} = \frac{۳}{۲}\boldsymbol{B}_۱$$

بنابراین: $\dfrac{\boldsymbol{B}_۲}{\boldsymbol{B}_۱} = \dfrac{۳}{۲}$

۱۷ **گزینه ۱**

گام اول

الف) پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه و مقاومت الکتریکی کل ۲π اهم است $\leftarrow N = ۲۰۰, R = ۲\pi\Omega$

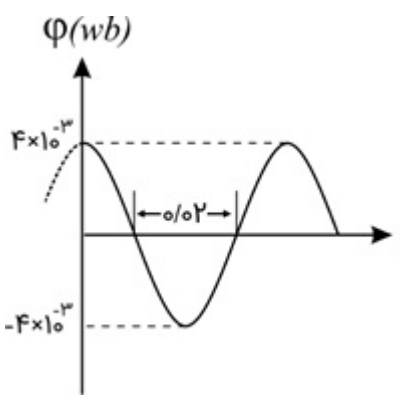
ب) جریان القایی در این پیچه در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۱۰}s$ چند آمپر است $\leftarrow t = \frac{۱}{۱۰}s\ ,\ I = ?$

گام دوم

برای به دست آوردن جریان الکتریکی پیچه از رابطهٔ $I = -\frac{N}{R}\frac{d\varphi}{dt}$ باید استفاده کنیم. پس کافی است φ و تغییرات آن را در لحظهٔ $\frac{۱}{۱۰}$ به دست بیاوریم.

$$\varphi = \varphi_m \sin(\omega t + \theta_۰)$$

باتوجه‌به نمودار $\varphi_m = ۴ \times ۱۰^{-۳} wb$ و $\theta_۰ = \frac{\pi}{۲}$ و $\frac{T}{۲} = ۰/۰۲s$ است. حال کافی است ω را محاسبه کنیم.



$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{\pi}{۰/۰۲} = ۵۰\pi\, rad/s$$

به این ترتیب داریم:

$$\varphi = \varphi_m \sin(\omega t + \theta_۰) \Rightarrow \varphi = ۴ \times ۱۰^{-۳} \sin(۵۰\pi t + \frac{\pi}{۲})$$

بنابراین جریان در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۱۰}s$ برابر است با:

$$I = -\frac{N}{R}\frac{d\varphi}{dt} \Rightarrow I = -\frac{N}{R}\frac{d\left(۴\times۱۰^{-۳}\sin(۵۰\pi t+\frac{\pi}{۲})\right)}{dt} \Rightarrow I = +\frac{۲۰۰}{۲\pi} \times ۴ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\times ۵۰\pi \times \cos(۵۰\pi \times \frac{۱}{۱۰} + \frac{\pi}{۲}) = ۰$$

۱۸ **گزینه ۳**

جریان القایی طبق قانون لنز درجهتی است که با تغییر شار مخالفت می‌کند.

باتوجه‌به جهت جریان القایی (C به D)، $\boldsymbol{B_B}$ به‌سمت راست است.

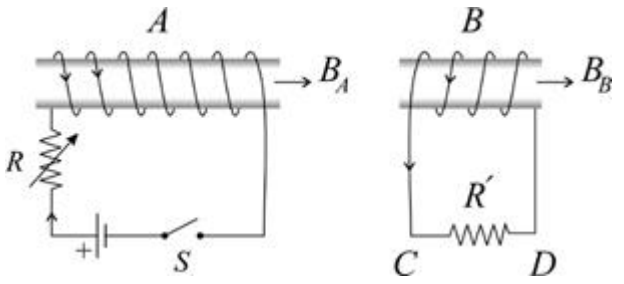
اگر کلید s در مدار سیملولهٔ A بسته باشد، جریان از قطب مثبت باتری به‌سمت قطب منفی آن است؛ بنابراین میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیملولهٔ $\boldsymbol{A}$ $(\boldsymbol{B_A})$ به‌سمت راست است. بنا بر قانون لنز، برای ایجادشدن $\boldsymbol{B_B}$ باید $\boldsymbol{B_A}$ کاهش یابد؛ پس گزینه‌های سؤال را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ "۱": در این وضعیت لزوماً باید جریانی در مدار سیملولهٔ B ایجاد می‌شد که با افزایش میدان $\boldsymbol{B_A}$ و درنتیجه افزایش شار عبوری در مدار سیملولهٔ B، مخالفت کند که در این صورت انتظار داشتیم جریان القایی در مدار سیملولهٔ B از D به‌طرف C باشد که با صورت سؤال در تناقض است. پس گزینهٔ "۱" نادرست است.

گزینهٔ "۲": تأثیر این وضعیت مشابه گزینهٔ "۱" خواهد بود؛ زیرا در این حالت نیز با کاهش مقاومت، شدت‌جریان مدار سیملولهٔ A افزایش یافته و درنتیجه میدان $\boldsymbol{B_A}$ و شار عبوری در محل سیملولهٔ B افزایش می‌یابد و درنهایت جهت جریان القایی در مدار سیملولهٔ B از D به‌طرف C خواهد شد. پس گزینهٔ "۲" نادرست است.

گزینهٔ "۳": در این حالت با قطع کلید جریان و درنتیجه میدان سیملولهٔ A رو به کاهش است؛ بنابراین میدان $\boldsymbol{B_A}$ و شار عبوری در مدار سیملولهٔ B کاهش می‌یابد. به این ترتیب طبق قانون لنز جریان القایی در مدار سیملولهٔ B باید به گونه‌ای باشد که با این کاهش میدان و شار مخالفت کند؛ یعنی میدان $\boldsymbol{B_A}$ را تقویت کند پس $\boldsymbol{B_B}$ نیز هم‌جهت با $\boldsymbol{B_A}$ خواهد بود و لذا جریان در مدار سیملولهٔ B از C به‌طرف D خواهد بود. پس گزینهٔ "۳" صحیح است.

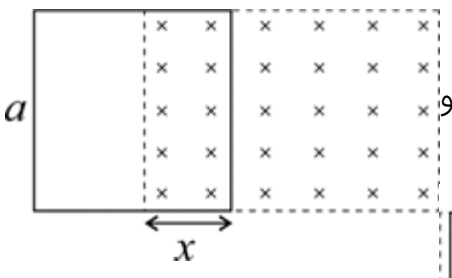
گزینهٔ "۴": این حالت معکوس حالت گزینهٔ "۳" است. با وصل کلید میدان $\boldsymbol{B_A}$ و شار گذرنده از مدار سیملولهٔ B افزایش می‌یابد و مشابه گزینه‌های ۱ و ۲ درنهایت جهت جریان القایی در مدار سیملولهٔ B از D به‌طرف C خواهد شد. پس گزینهٔ "۴" نادرست است.



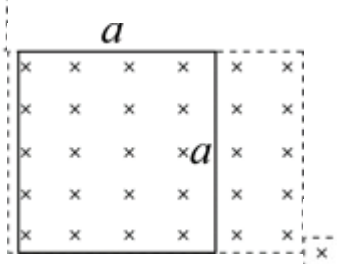
۱۹ **گزینه ۱**

جریان الکتریکی را در هریک از بازه‌های داده‌شده به دست می‌آوریم.

در بازهٔ ۰ تا T (زمان رسیدن حلقه به ابتدای ناحیه تا لحظه‌ای که تمام حلقه وارد آن می‌شود): در مدت ورود حلقه به میدان، شار گذرا از حلقه افزایش می‌یابد، بنابراین لازم است جهت جریان القایی پادساعت گرد و در جهت مثبت مثلثاتی باشد تا میدانی برونسو القا کردهو با آثار مغناطیسی‌اي که تولید می‌کند، با تغییر شار مغناطیسی یعنی عامل به‌وجود آورندهٔ جریان مخالفت کند، بنابراین جریان در این بازه ثابت و مثبت است.

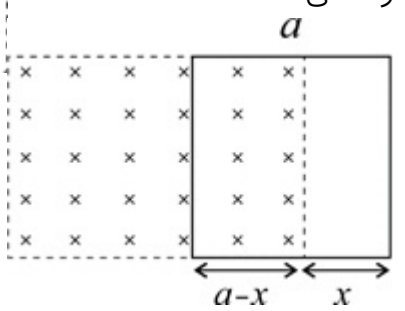


از طرفی در بازهٔ T تا $2T$ (زمان رسیدن حلقه از ابتدای ناحیه تا انتهای آن) میدان مغناطیسی ثابت است و تغییرات شار برابر با صفر می‌باشد؛ بنابراین جریان القایی نیز برابر با صفر است.



بازهٔ $2T$ تا $3T$:

این بازه برعکس بازهٔ اول است و جریان در آن ثابت و منفی است.



بازهٔ $3T$ تا $4T$ (لحظه‌ای که حلقه به‌صورت کامل از ناحیه خارج‌شده):

در این بازه تغییرات شار برابر با صفر است و جریانی القایی در آن ایجاد نمی‌شود.

بنابراین گزینهٔ ۱ صحیح است.

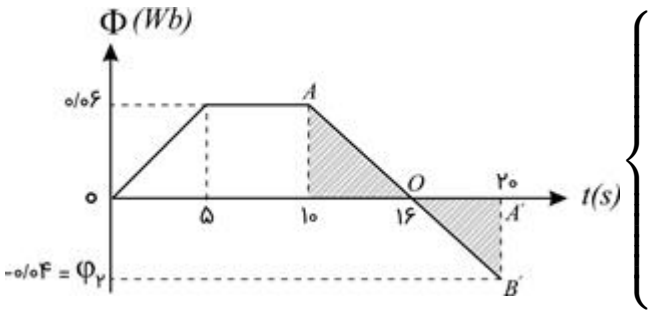
۲۰ **گزینه ۴**

گام اول

بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ چند میلی‌ولت است $\leftarrow N = ۱, \Delta t = ۲۰ - ۱۰ = ۱۰s, |\bar{\varepsilon}| = ?mV$

گام دوم

برای به دست آوردن بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط از رابطهٔ $|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|$ استفاده می‌کنیم که در آن $\Delta\varphi = \varphi_۲ - \varphi_۱$. باتوجه‌به نمودار $\varphi_۱ = ۰/۰۶(wb)$ است؛ ولی $\varphi_۲$ را باید باتوجه‌به تشابه مثلثاتی به دست بیاوریم؛ بنابراین:



$$\begin{cases} \overset{\Delta}{OAB} \sim \overset{\Delta}{OA'B'} \\ AB = ۰/۰۶ \\ A'B' = |\varphi_۲| \\ OB = ۱۶ - ۱۰ = ۶ \\ OA' = ۲۰ - ۱۶ = ۴ \end{cases} \Rightarrow \frac{AB}{A'B'} = \frac{OB}{OA} \Rightarrow \frac{۰/۰۶}{|\varphi_۲|} = \frac{۶}{۴} \Rightarrow |\varphi_۲|$$

$$= ۰/۰۴Wb \Rightarrow \varphi_۲ = -۰/۰۴Wb$$

بنابراین نیروی محرکهٔ القایی متوسط برابر است با:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\varphi_۲ - \varphi_۱}{\Delta t}\right| = \left|\frac{-۰/۰۴ - ۰/۰۶}{۱۰}\right| = ۱۰^{-۲}V = ۱۰mV$$

۲۱ **گزینه ۱**

میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 که درهرصورت در نقطهٔ O صفر است و تنها باید بارهای q_3 و q_4 را بررسی نماییم.
اگر دو ذره با بارهای ناهمنام داشته باشیم، برآیند حاصل از آن‌ها در نقطه‌ای خارج از دو بار روی امتداد خط واصل آن‌ها و نزدیک بار کوچک‌تر و در فاصلهٔ x از آن می‌تواند صفر باشد که x از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\frac{q_3}{x^2} = \frac{q_4}{(d+x)^2}$$

که d فاصلهٔ دو ذرهٔ q_3 و q_4 است و $x = 6\,cm$ می‌باشد..

$$\frac{\cancel{3}}{6^2} = \frac{\cancel{27}^{9}}{(d+6)^2} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{3}{d+6} \Rightarrow 18 = d + 6 \Rightarrow d = 12\,cm$$

درحالی‌که در شکل فاصلهٔ q_3 از q_4 برابر $8\,cm$ است؛ یعنی باید ۴ سانتی‌متر به سمت راست q_4 را منتقل نماییم.

۲۲ **گزینه ۳**

باتوجه‌به آنکه میله یکنواخت است، طبق رابطهٔ $R = \frac{\rho \ell}{A}$، مقاومت الکتریکی هر قطعه متناسب با طول آن است.

$$\begin{cases} V_{AB} = R_{AB} I \\ V_{AM} = R_{AM} I \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{AB}}{V_{AM}} = \frac{R_{AB} I}{R_{AM} I} = \frac{AB}{AM} \Rightarrow \frac{180-20}{180-V_M} = \frac{80}{50} \Rightarrow V_M = 80V$$

۲۳ **گزینه ۲**

در فرآینـد هم‌فشار، مقـداری از گرما صـرف انبساط گاز می‌شود و برای افزایش دمای آن به‌اندازهٔ یک واحد باید گرمای بیشتری به گاز داده شود، بنابراین $C_P > C_V$ است.

۲۴ **گزینه ۲**

فرآیندی که گاز طی کرده هم‌فشار است و چون دما کم شده و سیستم گرما از دست‌داده است.

$$\left.\begin{matrix} |Q| = a \\ Q < 0 \end{matrix}\right\} \Rightarrow Q = -a$$

$$\left.\begin{matrix} \text{در تمام فرآیندها} : \Delta U = nC_V \Delta T \\ \text{هم‌فشار} : Q = nC_P \Delta T \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{C_V}{C_P} \Rightarrow \Delta U = \frac{C_V}{C_P}(-a) = -\frac{C_V}{C_P} \times a$$

باتوجه‌به علامت منفی معلوم می‌شود که انرژی درونی کم می‌شود و چون $\frac{C_V}{C_P} < 1$ است، مقدار کاهش کمتر از a است.

۲۵ **گزینه ۱**

اگر توان حرارتی را با a نمایش دهیم، می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{matrix} Q = nC_P \Delta T = \frac{5}{2} P \Delta V \\ Q = at \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{5}{2} P \times \Delta V = at \Rightarrow \Delta V = \frac{2at}{5P} \Rightarrow A \times \Delta h = \frac{2at}{5P} \Rightarrow \Delta h = \frac{2at}{5P \times A}$$

$$\Rightarrow h = h_0 + \frac{2at}{5PA} \Rightarrow h = 0/2 + \frac{2 \times 4000}{5 \times 10^5 \times 0/08} t \Rightarrow h = 0/2 + 0/2t$$

۲۶ **گزینه ۱**

فرآیندهای CD و AB هم‌حجم هستند، پس در طول این فرآیندها حجم ثابت می‌ماند و جملهٔ b نادرست است.

چون $V_C = V_D$ و $V_A = V_B$ است، پس $|\Delta V_{BC}| = |\Delta V_{DA}|$ و لذا گزارهٔ a درست است.

ازطرفی شیب نمودار $P - T$ در فرآیند هم‌حجم برابر $\frac{nR}{V}$ است، پس فرآیندی که شیب کمتری دارد حجم بیشتری دارد، بنابراین حجم گاز در حالت D بیشتر از حجم گاز در حالت B است، درنتیجه گزارهٔ c نیز نادرست است.

۲۷ **گزینه ۱**

$$|W_۱| = ۱$$

مساحت داخل چرخه $= a \times (P_۲ - P_۱) = ab$

$$Q_{H_۱} = Q_{AB} + Q_{BC} = \frac{C_V}{R} V_A (P_B - P_A) + \frac{C_P}{R} P_B \times (V_C - V_B) = \frac{C_V}{R} V_۰ \times (P_۲ - P_۱) + \frac{C_P}{R} P_۲ \times a$$

$$\eta_۱ = \frac{|W_۱|}{Q_{H_۱}} = \frac{ab}{\frac{۳}{۲} V_۰ b + \frac{۵}{۲} P_۲ a}$$

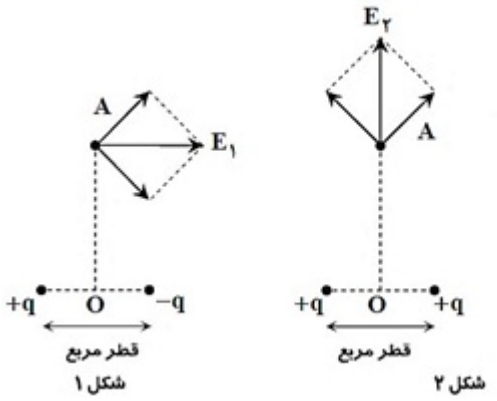
به طریق مشابه در مورد ماشین ۲ : $\eta_۲ = \frac{۲ab}{\frac{۳}{۲} V_۰ b + \frac{۵}{۲} P_۲ \times ۲a}$

$$\frac{\eta_۲}{\eta_۱} = ۲ \times \frac{\frac{۳}{۲} V_۰ b + \frac{۵}{۲} P_۲ \times a}{\frac{۳}{۲} V_۰ b + \frac{۵}{۲} P_۲ \times ۲a}$$

درنتیجه: (عددی کمتر از ۱) $\frac{\eta_۲}{\eta_۱} = ۲\times$، پس $\frac{\eta_۲}{\eta_۱} < ۲$، پس $\eta_۲ < ۲\eta_۱$

۲۸ **گزینه ۴**

در نقطهٔ A چهار بردار میدان وجود دارد. برای محاسبهٔ برآیند این چهار بردار، میدان‌های حاصل از بارهای دو سر هر قطر را دوبه‌دو باهم برآیند می‌گیریم. بردارهای $E_۱$ و $E_۲$ حاصل این برآیندها است؛ همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است؛ بردار $E_۱$ موازی صفحهٔ مربع و موازی قطر مربع است و بردار $E_۲$ در راستای محور OA است. برآیند $E_۱$ و $E_۲$ بردار E_T است که باتوجه‌به تساوی فاصلهٔ بارها از نقطهٔ A و تساوی اندازهٔ بارها می‌توان گفت $|E_۱| = |E_۲|$ و درنتیجه زاویهٔ E_T با OA برابر ۴۵° است.



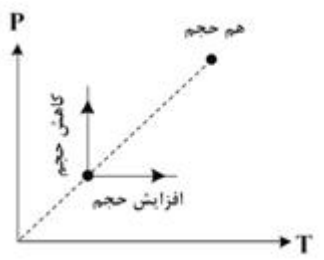
۲۹ **گزینه ۴**

اولاً دما افزایش می‌یابد پس $\Delta U > ۰$

ثانیاً حجم در حال افزایش است، زیرا $V = \frac{nRT}{P}$ و باتوجه‌به شکل، نسبت $\frac{T}{P}$ در حال افزایش است.

باتوجه‌به اینکه فرآیند انبساط است، گاز کار انجام می‌دهد، یعنی $W < ۰$.

ثالثاً با در نظر گرفتن $Q + W = \Delta U$ و توجه به اینکه $W < ۰$ و $\Delta U > ۰$ ، پس $Q > ۰$ گاز گرما دریافت می‌کند و روی محیط کار انجام می‌دهد.



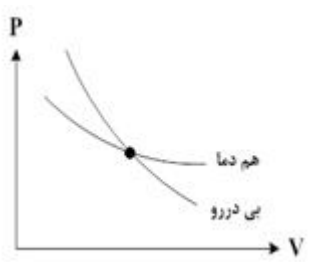
۳۰ **گزینه ۱**

به خاطر داشته باشید که موقعیت دو نمودار هم‌دما و بی‌دررو نسبت به هم به شکل زیر است. به‌عبارت‌دیگر، شیب نمودار $P-V$ بی‌دررو تندتر است (مثال ۱-۷ کتاب فیزیک۳). پس در این مسئله AB هم‌دما و CA بی‌دررو است. BC هم که هم‌حجم است.

چرخه: $\Delta U = ۰ \Rightarrow \underset{\text{(هم‌حجم)}}{W_{BC}} + Q_{BC} + W_{CA} + \underset{\text{(بی‌دررو)}}{Q_{CA}} + \underset{\text{(هم‌دما)}}{\Delta U_{AB}} = ۰$

$$\Rightarrow Q_{BC} + W_{CA} = ۰ \Rightarrow |W_{CA}| = |Q_{BC}|$$

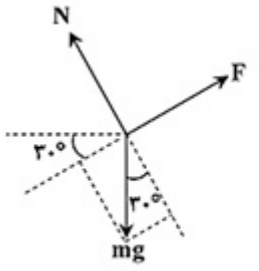
CA یک فرآیند انبساط است، پس در جریان این فرآیند، گاز کار انجام می‌دهد.

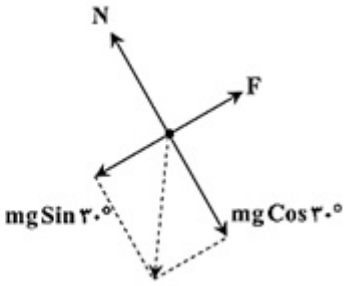


۳۱ **گزینه ۳**

شکل زیر نیروهای وارد بر ذرهٔ ۲ را نمایش می‌دهد:

باتوجه‌به تعادل ذره می‌توان نوشت:





$$\begin{cases} F = mg\sin ۳۰^\circ \\ F = k\dfrac{|q_۱q_۲|}{r^۲} \end{cases} \Rightarrow k\frac{|q_۱q_۲|}{r^۲} = mg\sin ۳۰^\circ \Rightarrow ۹\times ۱۰^۹ \times \frac{q^۲}{۴^۲\times ۱۰^{-۲}} = \frac{۲۰}{۱۰۰۰}\times ۱۰ \times \frac{۱}{۲}$$

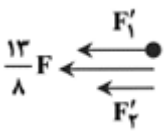
$$\Rightarrow q^۲ = \frac{۱۶\times ۱۰^{-۲}\times ۱۰^{-۱}}{۹\times ۱۰^۹} = \frac{۱۶}{۹}\times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow |q| = \frac{۴}{۳}\times ۱۰^{-۶}\,C = \frac{۴}{۳}\,\mu C$$

۳۲ **گزینه ۳**

اگر نیروی بار $q_۱$ و $q_۲$ در شکل ۱ به ترتیب $F_۱$ و $F_۲$ باشد می‌توان نوشت:

$$F_۱ - F_۲ = F$$

و اگر نیروهای بار $q_۱$ و $q_۲$ در شکل ۲ به ترتیب $F'_۱$ و $F'_۲$ باشد، می‌توان نوشت:



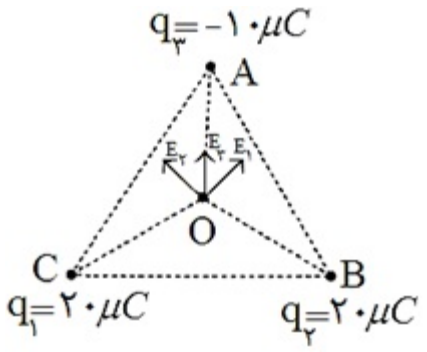
$$F'_۱ + F'_۲ = \frac{۱۳}{۸}F$$

ازطرفی چون فاصلهٔ بار $q_۱$ ثابت است، $F_۱ = F'_۱$ ولی چون فاصلهٔ بار $q_۲$ در شکل ۲ نسبت به ۱ دو برابر شده، نیروی آن $\frac{۱}{۴}$ برابر می‌شود. $(F'_۲ = \frac{۱}{۴}F_۲)$ پس:

$$F_۱ + \frac{۱}{۴}F_۲ = \frac{۱۳}{۸}F \Rightarrow \begin{cases} F_۱ - F_۲ = F \\ F_۱ + \dfrac{۱}{۴}F_۲ = \dfrac{۱۳}{۸}F \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_۱ = \dfrac{۳}{۲}F \\ F_۲ = \dfrac{۱}{۲}F \end{cases} \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = ۳ \Rightarrow \left|\frac{q_۱}{q_۲}\right| \times \left(\frac{a}{a}\right)^۲ = ۳ \Rightarrow \left|\frac{q_۱}{q_۲}\right| = ۳$$

۳۳ گزینه ۱



$$OA = OB = OC = \frac{\sqrt{۳}}{۳}AB = \sqrt{۳}\ m$$

$$E = \frac{k|q|}{r^۲} \Rightarrow E_۳ = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۱۰^{-۵}}{۳} = ۳ \times ۱۰^۴\ N/C$$

$$E_۲ = E_۱ = ۲E_۳ = ۶ \times ۱۰^۴\ N/C \quad , \quad E_{۱,۲} = |\vec{E}_۱ + \vec{E}_۲| = E_۱ = ۶ \times ۱۰^۴\ N/C$$

$$E = E_{۱,۲} + E_۳ = ۹ \times ۱۰^۴\ N/C$$

۳۴ گزینه ۲

$C_۱$ و $C_۲$ موازی هستند $: V_۱ = V_۲$, $U = \frac{۱}{۲}CV^۲$, $C_۲ = ۲C_۱ \Rightarrow U_۲ = ۲U_۱ \Rightarrow U_{۱,۲} = U_۱ + U_۲ = \frac{۳}{۲}U_۲$

$U_۳ = ۳U_۲ = ۲U_{۱,۲}$

$C_{۱,۲}$ با $C_۳$ متوالی است $: q_۳ = q_{۱,۲}$, $U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C} \Rightarrow \frac{U_{۱,۲}}{U_۳} = \frac{C_۳}{C_{۱,۲}} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{C_۳}{C_{۱,۲}} \Rightarrow C_۳ = \frac{۱}{۲}C_{۱,۲} = \frac{۱}{۲}(۶ + ۱۲)$

$= ۹\ \mu F$

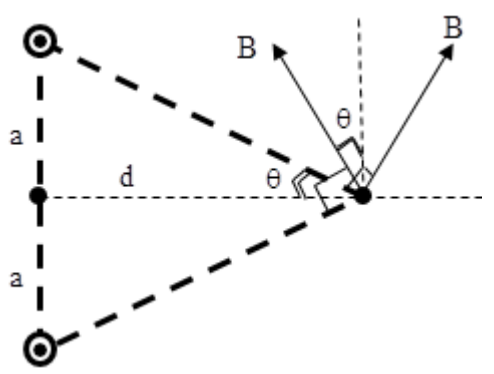
۳۵ گزینه ۱

اگر یک حلقـهٔ فلزی در این محل باشد جهت جریان الکتریکی القایی در آن همان جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ خواهد بود و جهت جریان الکتریکی در آن حلقه هم بنا بر قانون لنز به ترتیب زیر معین می‌شود:

اگر میدان $\odot\vec{B}$ کم شود، شار گذرنـده از حلقه هم کاهش می‌یابـد، پس بایـد جریان الکتریکی در حلقه در جهتی القا شود که میـدانهم‌سو با $\vec{B}$ ایجاد کنـد تا مانع کاهش شار شود؛ بنابراین طبق قانون دست راست بایـد جریان الکتریکی به‌صورت پادساعتگرد باشـد تا میـدان مغناطیسـی برون‌سو تولید شود.

۳۶ گزینه ۳

میدان حاصل از هر سیم $B = \frac{\mu_۰ I}{۲\pi r} = \frac{\mu_۰ I}{۲\pi\sqrt{d^۲ + a^۲}}$



$$B_t = ۲B\cos\theta = ۲B\frac{d}{\sqrt{d^۲ + a^۲}} = \frac{۲\mu_۰ Id}{۲\pi\left(d^۲ + a^۲\right)} = \frac{\mu_۰ Id}{\pi\left(d^۲ + a^۲\right)}$$

۳۷ گزینه ۴

$$\begin{cases} N = \dfrac{\text{طول سیم}}{\text{محیط هر دور}} \Rightarrow N_۲ = ۲N_۱ \\ A = \pi r^۲ \Rightarrow A_۲ = \dfrac{۱}{۴}A_۱ \\ L = \dfrac{k\mu_۰ N^۲ A}{\ell} \end{cases} \Rightarrow L_۲ = L_۱$$

$$B = \frac{k\mu_۰ NI}{\ell} \xrightarrow{N_۲=۲N_۱} B_۲ = ۲B_۱$$

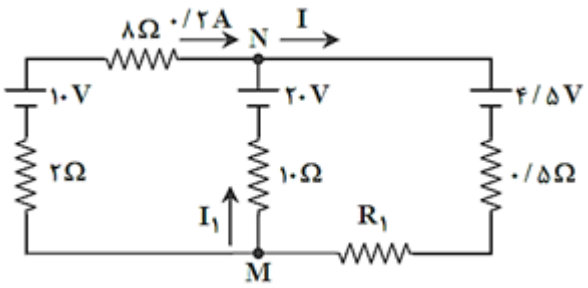
۳۸ گزینه ۴

$$R_۴I_۴ = R_۳I_۳ \Rightarrow I_۳ = I_۴ = ۰/۴\,A$$

$$I_۲ = I_{۳,۴} = I_۳ + I_۴ = ۰/۸\,A$$

$$V_{AB} = (R_۲ + R_{۳,۴})\,I_۲ = (۳۰ + \frac{۳۰}{۲}) \times ۰/۸ = ۴۵ \times ۰/۸ = ۳۶\ V$$

۳۹ گزینه ۲



$$V_M - ۲ \times ۰/۲ + ۱۰ - ۸ \times ۰/۲ = V_N \Rightarrow V_N - V_M = ۱۰ - ۲ = ۸\ V$$

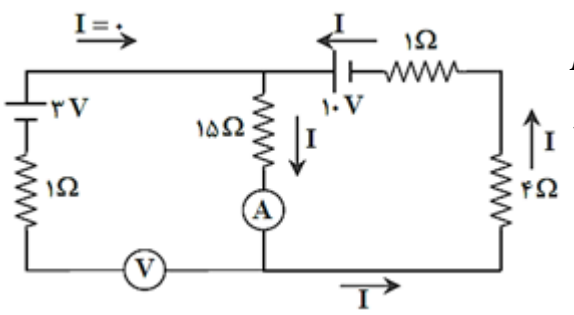
$$V_M - ۱۰I_۱ + ۲۰ = V_N \Rightarrow V_N - V_M = ۲۰ - ۱۰I_۱ \Rightarrow ۲۰ - ۱۰I_۱ = ۸ \Rightarrow I_۱ = ۱/۲\,A$$

$$I = ۰/۲ + ۱/۲ = ۱/۴\,A$$

$$V_N - ۴/۵ - (۰/۵ + R_۱) \times ۱/۴ = V_M \Rightarrow ۸ = ۴/۵ + (۰/۵ + R_۱) \times ۱/۴ \Rightarrow R_۱ = ۲\,\Omega$$

۴۰ گزینه ۳

مقاومت درونی آمپرسنج ایده‌آل بسیار کم (صفر) است و مقاومت درونی ولت‌سنج ایده‌آل بسیار زیاد (بی‌نهایت) است؛ یعنی از ولت‌سنج ایده‌آل جریانی نمی‌گذرد.



$$I = \frac{۱۰}{۱ + ۴ + ۱۵} = ۰/۵\,A$$

$$۱۵ \times ۰/۵ = ۳ + V \Rightarrow V = ۴/۵\ V$$

۴۱ **گزینه ۴**

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_1 + \left(R_2 \text{موازی} R_3\right)}$$

با افزایش R_3، مقدار I (جریان گذرنده از باتری و R_1) کم می‌شود.

$$V_1 = R_1 I \Rightarrow V_1 \text{کم می‌شود}$$

$$V_1 + V_2 + rI = \varepsilon \xrightarrow[\varepsilon \text{ ثابت است}]{rI \text{ , } V_1 \text{ کم می‌شود}} V_2 \text{ زیاد می‌شود}$$

۴۲ **گزینه ۱**

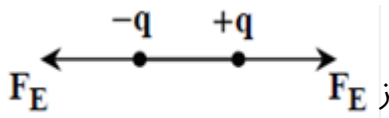
$$\begin{cases} P^2 V = \alpha \\ PV = nRT \Rightarrow P = \dfrac{nRT}{V} \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{nRT}{V}\right)^2 V = \alpha \Rightarrow \frac{n^2 R^2 T^2 V}{V^2} = \alpha$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{\alpha}{n^2 R^2} V \Rightarrow T = \sqrt{\frac{\alpha}{n^2 R^2} V}$$

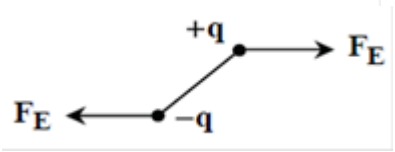
طبق رابطهٔ فوق، اگر V زیاد شود، T نیز الزاماً افزایش خواهد یافت.

۴۳ **گزینه ۴**

در وضعیت ۱ نیروهای وارد بر ذره‌ها به‌صورت زیر است و چون میـدان یکنواخت است، اندازهٔ نیروی وارد بر قطب مثبت و منفی یکسان بوده و برآیند آن‌ها صفر و لذا دوقطبی ثابت است.

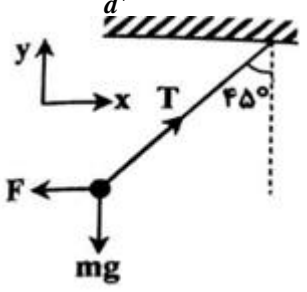


در وضعیت ۲ نیروهـای وارد بر ذره‌هـا به‌صـورت زیر است و انـدازهٔ نیروهـای وارد بر بارهـای مثبت و منفی نیز یکسان است ولی باتوجه‌به محل اثر نیروها این دوقطبی ساعت‌گرد می‌چرخد.



۴۴ **گزینه ۱**

$$F = \frac{k|q_1 q_2|}{d^2} \text{ , } q_1 = q_2 = \frac{q}{2} \text{ , } d = 50\sqrt{2}\,cm = \frac{\sqrt{2}}{2}\,m$$



برای هر گلوله:

$$\left.\begin{aligned} \sum F_x = 0 \Rightarrow T \sin ۴۵^\circ = F \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow T \cos ۴۵^\circ = mg \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{F}{mg} = 1 \Rightarrow F = mg \Rightarrow \frac{۹\times۱۰^۹}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} \times \left(\frac{q}{2}\right)^2 = ۱۰^{-۳} \Rightarrow q^2 = \frac{2}{9} \times ۱۰^{-۱۲}$$

$$\Rightarrow q = \frac{\sqrt{2}}{3} \times ۱۰^{-۶}\,C$$

۴۵ **گزینه ۱**

حالت اول : $C_{eq} = C_۱$ سری $\left[۲C_۱ + C_۱\right] = \frac{C_۱ \times ۳C_۱}{C_۱ + ۳C_۱} = \frac{۳}{۴} C_۱$

طبق رابطهٔ $C = \frac{k\epsilon_۰ A}{d}$، وقتی فاصلهٔ بین دو صفحه نصف شود، ظرفیت دو برابر می‌شود.

حالت دوم : $C'_{eq} = ۲C_۱$ سری $۳C_۱ = \frac{۲C_۱ \times ۳C_۱}{۲C_۱ + ۳C_۱} = \frac{۶}{۵} C_۱$

$$q = C_{eq}.V \Rightarrow \frac{q'}{q} = \frac{C'_{eq}}{C_{eq}} = \frac{\frac{۶}{۵}}{\frac{۳}{۴}} = \frac{۸}{۵}$$

بار کلِ مجموعه در هر دو حالت به همان نسبت ظرفیت‌ها (۲ به ۱) بین $C_۲$ و $C_۳$ تقسیم می‌شود، پس $\frac{q'_۳}{q_۳}$ با $\frac{q'}{q}$ برابر است.

۴۶ **گزینه ۴**

$$q_۱ = q_{۲,۳} \ , \ V_۲ = V_۳ \Rightarrow C_۱ V_۱ = C_{۲,۳} V_۳ \Rightarrow ۱۰V_۱ = \left(۱۰ + C_۳\right) V_۳ \Rightarrow V_۱ = \frac{۱۰ + C_۳}{۱۰} V_۳$$

$$U = \frac{۱}{۲} C V^۲ \ , \ U_۳ = \frac{۲}{۹} U_۱ \Rightarrow C_۳ V_۳^۲ = \frac{۲}{۹} \times ۱۰ V_۱^۲ \Rightarrow C_۳ V_۳^۲ = \frac{۲}{۹} \times ۱۰ \times \frac{\left(۱۰ + C_۳\right)^۲}{۱۰۰} V_۳^۲$$

$$\Rightarrow ۱۰C_۳ = \frac{۲}{۹}\left(۱۰ + C_۳\right)^۲ \Rightarrow ۲۰۰ + ۴۰C_۳ + ۲C_۳^۲ = ۹۰C_۳ \Rightarrow ۲C_۳^۲ - ۵۰C_۳ + ۲۰۰ = ۰ \Rightarrow C_۳ = ۲۰\mu F \text{ یا } C_۳ = ۵\mu f$$

۴۷ **گزینه ۲**

چرخه $\Rightarrow \Delta U_{\text{کل}} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = ۰$

$\Delta U_{\text{هم‌دما}} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{AB} = ۰$

$Q_{\text{بی‌دررو}} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{BC} = W_{BC}$

در فرآیند BC گاز منقبض می‌شود، یعنی کار انجام‌شده روی گاز مثبت است $(W_{BC} = +۳۰۰۰J)$.

فرآیند CA هم‌فشار است:

هم فشار :
$$\begin{cases} Q = nC_P \Delta T = \frac{۵}{۲} nR\Delta T = \frac{۵}{۲} P\Delta V = -\frac{۵}{۲} W \\ \Delta U = Q + W = Q - \frac{۲}{۵} Q = \frac{۳}{۵} Q \Rightarrow Q = \frac{۵}{۳} \Delta V \end{cases}$$

$$\Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = ۰ + W_{BC} + \Delta U_{CA} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{CA} = -۳۰۰۰J \Rightarrow Q_{CA} = \frac{۵}{۳} \times (-۳۰۰۰) = -۵۰۰۰J$$

۴۸ **گزینه ۲**

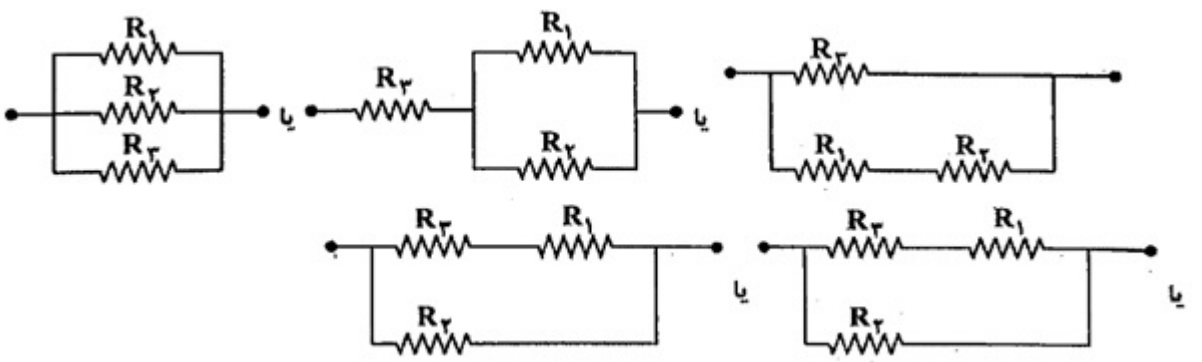
$$V_t = \frac{C_۱ V_۱ + C_{۲,۳} V_{۲,۳}}{C_۱ + C_{۲,۳}} = \frac{۲۰C_۱ + ۰}{C_۱ + \frac{C_۱}{۲}} = \frac{۴۰}{۳} V$$

$$V_۳ = \frac{۱}{۲} V_{۲,۳} = \frac{۱}{۲} \times \frac{۴۰}{۳} = \frac{۲۰}{۳} V$$

۴۹ **گزینه ۱**

مقاومت معادل مجموعهٔ سه مقاومت $V = IR \Rightarrow ۱۲ = R \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow R = ۲۴\,\Omega$

چون $R_۱$, $R_۲$ برابر ۳۰ اهم هستند $(۳۰\,\Omega > ۲۴\,\Omega)$ فقط یکی از شکل‌هایی قابل‌قبول است که $R_۱$ یا $R_۲$ با کل بقیه سری نباشد؛
یعنی (یکی از حالت‌های شکل زیر):

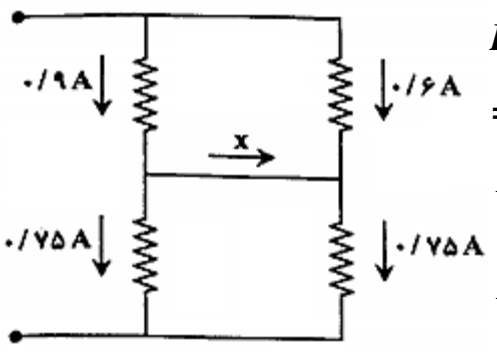


و چون گفته‌شده که $P_۱$, $P_۲$ نابرابر هستند، فقط یک شکل قابل‌قبول است.

توجه کنید که $R_۱$, $R_۲$ برابر هستند و از تعویض جای $R_۱$, $R_۲$ حالت جدید به دست نمی‌آید.

$$\frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{R_{۱,۳}} = \frac{۱}{۲۴} \Rightarrow \frac{۱}{R_{۱,۳}} = \frac{۱}{۲۴} - \frac{۱}{۳۰} = \frac{۱}{۱۲۰} \Rightarrow R_۱ + R_۳ = ۱۲۰ \Rightarrow R_۳ = ۹۰\,\Omega$$

۵۰ **گزینه ۴**



$$R_{eq} = \left[\left(R_۱ \text{ سری } R_۲\right) \text{ موازی } R_۴\right] \text{ سری } \left(R_۵ \text{ موازی } R_۳\right) = \frac{۱۰\times۱۵}{۱۰+۱۵} + \frac{۱۰}{۲}$$

$$= ۶ + ۵ = ۱۱\,\Omega$$

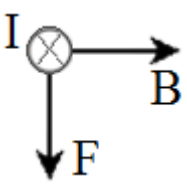
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۱۸}{۱ + ۱۱} = ۱/۵\,A$$

$$R_{۱,۲} I_{۱,۲} = R_۴ I_۴ \Rightarrow \frac{I_۴}{I_{۱,۲}} = \frac{۳}{۲} \xrightarrow{I_۴ + I_{۱,۲} = I} I_۴ = \frac{۳}{۵} I = ۰/۹\,A$$

$$R_۵ I_۵ = R_۳ I_۳ \Rightarrow I_۳ = I_۵ \xrightarrow{I_۳ + I_۵ = I} I_۳ = \frac{۱}{۲} I = ۰/۷۵\,A$$

$$x + ۰/۶ = ۰/۷۵ \Rightarrow x = ۰/۱۵\,A$$

۵۱ **گزینه ۲**



$$F = k.\Delta\ell \Rightarrow F = ۵۰ \times ۴ \times ۱۰^{-۴} = ۲ \times ۱۰^{-۲}\,N$$

$$F = BI\ell \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۲} = B \times ۱۰۰ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۲} \Rightarrow B = ۱۰^{-۳}\,T$$

آهنربا به‌طرف بالا کشیده شده است، پس نیروی وارد بر سیم روبه‌پایین است.

۵۲ **گزینه ۴**

در ابتدا جریانی از سیملوله نمی‌گذرد:

$$I_۱ = \frac{\varepsilon}{r+R_۲} = \frac{۱۲}{۱۲} = ۱A$$

بعد از گذشتن مدت طولانی، سیملوله مثل یک سیم می‌شود؛ یعنی مقاومت‌های $R_۱$, $R_۲$ موازی می‌شوند.

$$I_۲ = \frac{۱}{۲} \times \frac{\varepsilon}{r+(R_۱ \text{ موازی } R_۲)} = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱۲}{۲+۵} = \frac{۶}{۷}A$$

۵۳ **گزینه ۳**

در فرآیند CD حجم گاز کاهش می‌یابد، $(W > ۰)$ و فرآیند هم‌دما است $(W = -Q)$:

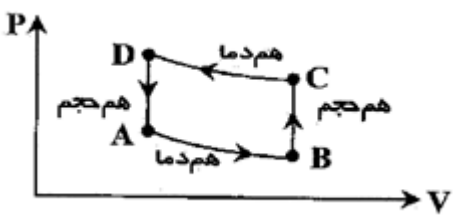
$$W > ۰, Q < ۰, |Q| = ۵۰۰ \Rightarrow Q_{CD} - ۵۰۰J, W_{CD} = +۵۰۰J$$

در فرآیند AB حجم گاز زیاد می‌شود $(W < ۰)$ و فرآیند هم‌دما است $(Q = -W)$:

$$W < ۰, Q > ۰, |Q| = ۳۰۰ \Rightarrow W_{AB} = -۳۰۰J, Q_{AB} = +۳۰۰J$$

فرآیندهای BC و DA هم‌حجم هستند $(W = ۰)$:

$$W_{\text{کل}} = W_{DA} + W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} = ۰ + (-۳۰۰) + ۰ + ۵۰۰ = +۲۰۰J$$



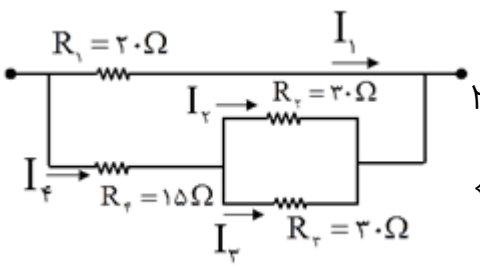
۵۴ **گزینه ۳**

با افزایش $R_۳$ مقدار R_t زیاد می‌شود، پس I_t کم می‌شود و $I_۱$ هم برابر I_t است، پس $I_۱$ کاهش می‌یابد $\left(I_t = \frac{\varepsilon}{r+R_t}\right)$.

$$\varepsilon = (r+R_۱)I_۱ + R_۲I_۲ \xrightarrow[\varepsilon \text{ ثابت است}]{I_۱ \text{ کاهش‌یافته}} I_۲ \text{ افزایش می‌یابد}$$

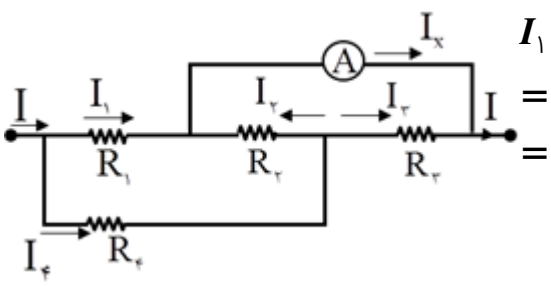
۵۵ **گزینه ۱**

آمپرسنج ایده‌آل مقاومت ندارد و می‌توان در مدار به‌جای آن یک سیم در نظر گرفت.



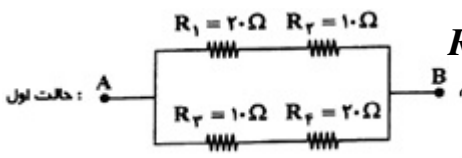
$$۲۰I_۱ = (۱۵ + \frac{۳۰}{۲})I_۴ \Rightarrow ۲۰ \times ۰/۶ = ۳۰I_۴ \Rightarrow I_۴ = ۰/۴\,A$$

$$\begin{cases} I_۲ + I_۳ = I_۴ \\ ۳۰I_۲ = ۳۰I_۳ \end{cases} \Rightarrow I_۲ = I_۳ = ۰/۲A$$

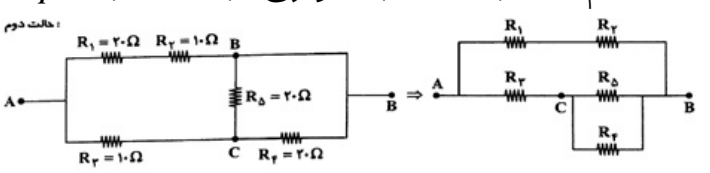


$$I_۱ + I_۴ = I \;,\; I_۳ + I_x = I \Rightarrow I$$
$$= ۰/۶ + ۰/۴ = ۰/۲ + I_x \Rightarrow I_x$$
$$= ۰/۸\,A$$

۵۶ **گزینه ۴**



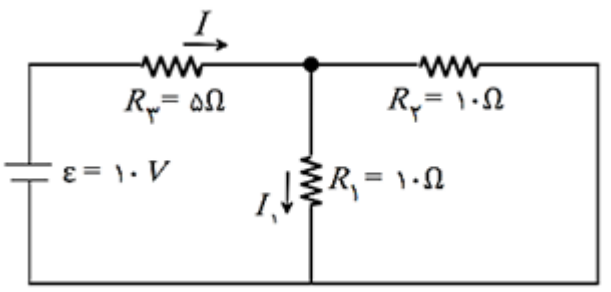
$$R_{eq} = (۲۰ + ۱۰) \text{ موازی } (۱۰ + ۲۰) = \frac{۳۰}{۲} = ۱۵\,\Omega$$



$$R'_{eq} = (R_۱ + R_۲)$$
$$\text{موازی } \left[R_۳ + \left(R_۵ \text{ موازی } R_۴\right)\right]$$
$$= ۲۰ \text{ موازی } ۳۰ = \frac{۳۰ \times ۲۰}{۵۰}$$
$$= ۱۲\,\Omega$$
$$\Rightarrow \frac{R'_{rq}}{R_{eq}} = \frac{۱۲}{۱۵} = \frac{۴}{۵}$$

۵۷ **گزینه ۴**

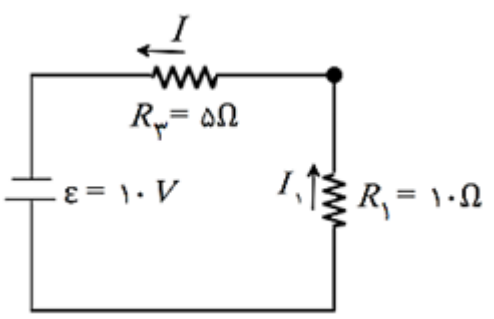
در لحظهٔ $t_۱$ ولتاژ V مثبت است و دیود وصل است: بنابراین وضعیت مدار به شکل زیر است:



$$I = \frac{۱۰}{۵ + \frac{۱۰}{۲}} = ۱A$$

$$I_۱ = \frac{۱}{۲}I = \frac{۱}{۲}A$$

در لحظهٔ $t_۲$ ولتاژ V منفی است و دیود قطع است؛ بنابراین وضعیت مدار به شکل زیر است:

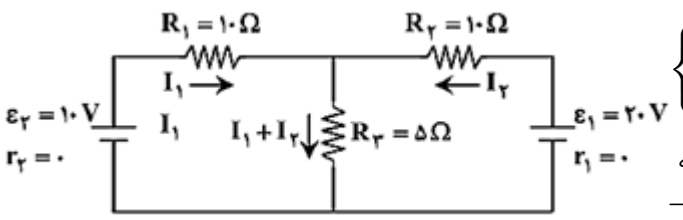


$$I'_۱ = I = \frac{۱۰}{۵ + ۱۰} = \frac{۲}{۳}A$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{I'_۱}{I_۱} = \frac{\frac{۲}{۳}}{\frac{۱}{۲}} = \frac{۴}{۳}$$

۵۸ **گزینه ۳**



$$\begin{cases} -۱۰I_۱ - ۵(I_۱ + I_۲) + ۱۰ = ۰ \\ -۱۰I_۲ - ۵(I_۱ + I_۲) + ۲۰ = ۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۱۵I_۱ + ۵I_۲ = ۱۰ \\ ۵I_۱ + ۱۵I_۲ = ۲۰ \end{cases}$$

جمع دو رابطه

$$\longrightarrow ۲۰(I_۱ + I_۲) = ۳۰ \Rightarrow I_۱ + I_۲ = \frac{۳}{۲}A$$

۵۹ **گزینه ۱**

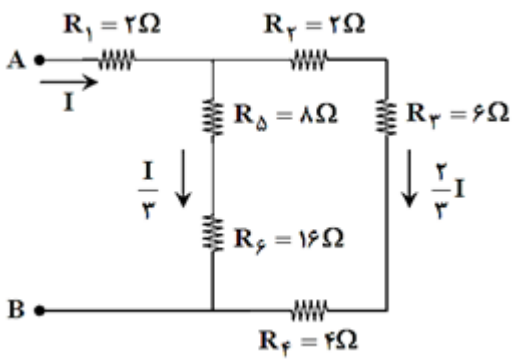
هم‌فشار $\begin{cases} Q = nC_P\Delta T \quad , \quad C_P = C_V + R = \frac{۵}{۲}R \\ W = -P\Delta V = -nR\Delta T \end{cases}$

$$Q = -\frac{۵}{۲}W \Rightarrow ۲۰۰۰ = -\frac{۵}{۲}W \Rightarrow W = -۸۰۰J$$

$$\Delta U = Q + W = +۲۰۰۰ + (-۸۰۰) = +۱۲۰۰J \Rightarrow$$ انرژی درونی گاز ۱۲۰۰ ژول زیاد می‌شود

۶۰ **گزینه ۳**

توان مصرفی در مقاومت از رابطهٔ $P = RI^2$ حساب می‌شود. پس $P_5 > P_6$ و $P_2 > P_4 > P_3$. برای پیدا کردن بیشترین توان مصرفی باید بین R_1، R_6 و R_3 مقایسه کنیم.



$$R_{5,6}I_{5,6} = R_{2,3,4}I_{2,3,4} \Rightarrow 24I_{5,6} = 12I_{2,3,4} \Rightarrow \frac{I_{5,6}}{I_{2,3,4}} = \frac{1}{2}$$

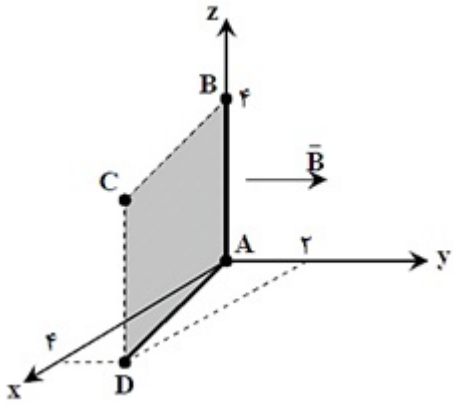
شدت‌جریان I به نسبت ۱ به ۲ تقسیم می‌شود.

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= 2I^2 \\ P_6 &= 16\left(\frac{I}{3}\right)^2 = \frac{16}{9}I^2 \\ P_3 &= 6\left(\frac{2}{3}I\right)^2 = \frac{24I^2}{9} \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_3 \text{ از همه بیشتر است}$$

$$\Rightarrow P_3 = 24 \Rightarrow \frac{24}{9}I^2 = 24 \Rightarrow I = 3A \Rightarrow V_{AB} = R_{eq}I$$

$$= \left(2 + \frac{24\times12}{36}\right) \times 3 = 30\,V$$

۶۱ **گزینه ۲**



$$\Phi = B.A.\cos\alpha = \overbrace{(B\cos\alpha)}^{\text{مؤلفه‌ای از میدان که عمود بر سطح است}} \times \underbrace{A}_{\text{مساحت سطح}} = \underbrace{B}_{\text{اندازهٔ میدان}} \times \overbrace{(A\cos\alpha)}^{\text{مساحت تصویر سطح موردنظر بر صفحهٔ عمود بر } B}$$

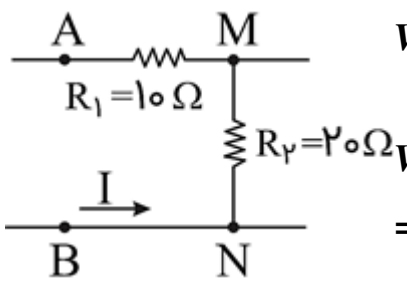
در اینجا صفحهٔ عمود بر B همان صفحهٔ xoz است.

$$\Phi = B.(A\cos\alpha) = 5 \times 10^{-3} \times (4 \times 4) = 8 \times 10^{-2}\,Wb$$

۶۲ **گزینه ۴**

با عبور جریان و نزدیک‌شدن اندازهٔ بار دو گلوله به هم اختلاف‌پتانسیل دو سر مقاومت R کاهش و درنتیجه جریان نیز به‌تدریج کاهش می‌یابد. جهت جریان نیز جهت حرکت بارهای مثبت و از B به A است.

۶۳ **گزینه ۲**



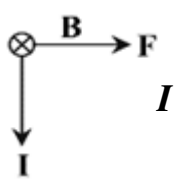
در مدتی که $V_A - V_B$ مثبت است جریان در مـدار از A به B و دیود وصل است. در مـدتی که $V_A - V_B$ منفی است. جریان از B به A و دیود قطع است؛ پس در لحظهٔ t_1 دیود قطع است.

$$V_A - V_B = -۱۲V \Rightarrow V_B - V_A = ۱۲V$$

$$\Rightarrow I = \frac{۱۲}{۱۰+۲۰} = ۰/۴A \Rightarrow V_N - V_M = ۰/۴ \times ۲۰ = ۸ \Rightarrow V_M - V_N = -۸\,V$$

۶۴ **گزینه ۲**

جریان عبوری از سیم برابر است با:



$$I = \frac{V}{R} = \frac{۱۰}{۲} = ۵A$$

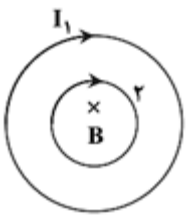
در اثر این جریان، نیرویی به سیم به سمت راست وارد می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$F = ILB = ۵ \times ۰/۵ \times ۰/۰۲ = ۰/۰۵N$$

عکس‌العمل این نیرو به سمت چپ از سیم به آهنربا وارد شده، پس فنر نیروسنج کشیده می‌شود و عدد $۰/۰۵N$ را نشان می‌دهد.

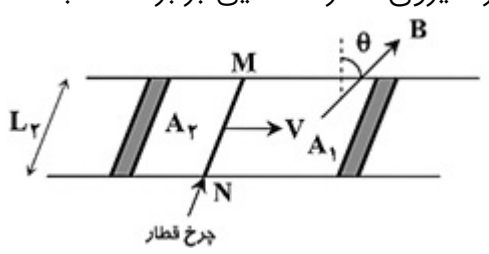
۶۵ **گزینه ۲**

جهت جریان در حلقهٔ ۱ ساعت‌گرد و در حال کاهش است؛ پس میدان در محل حلقهٔ ۲ درون‌سو و در حال کاهش خواهد بود.
طبق قانون لنز، جهت جریان القایی به‌گونه‌ای است که با این کاهش مخالفت کند؛ پس در همان جهت ساعت‌گرد، جریان القا می‌شود تا میدان القایی حاصل از آن با کاهش شار مخالفت کند.



۶۶ **گزینه ۲**

حرکت قطار روی ریل شبیه حرکت یک میله روی ریلی است که درون میدان قرار دارد. در این صورت اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی برابر است با:



$$|\varepsilon| = BLv\cos\theta$$

درنتیجه نیروی محرکهٔ القایی با فاصلهٔ بین دو طرف موازی ریل یعنی با $L_۲$ متناسب است.

۶۷ **گزینه ۱**

اولاً باید $q_۳$ در جایی قرار بگیرد که برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از $q_۱$ و $q_۲$ صفر شود. باتوجه‌به اینکه $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام هستند جواب در امتداد AB است و بین A و B نیست.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{r_۱^۲} = \frac{|q_۲|}{r_۲^۲} \Rightarrow \left|\frac{q_۱}{q_۲}\right| = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{۴۵}{۲۰} = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{r_۱}{r_۲} = \sqrt{\frac{۹}{۴}} = \frac{۳}{۲}$$

$r_۱ - r_۲ = AB \Rightarrow \frac{۳}{۲} r_۲ - r_۲ = ۳۰ \Rightarrow r_۲ = ۶۰\,cm \Rightarrow$ (C نقطهٔ) است B در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر از $q_۳$ محل

میدان حاصل از $q_۳$ و $q_۱$ در محل $q_۲$ باید صفر شود ($q_۱$ و $q_۳$ باید همنام باشند).

$$\frac{q_۱}{AB^۲} = \frac{q_۳}{BC^۲} \Rightarrow \frac{۴۵}{۳۰^۲} = \frac{q_۳}{۶۰^۲} \Rightarrow q_۳ = ۴ \times ۴۵ = ۱۸۰\,\mu C$$

۶۸ **گزینه ۳**

$$q_۱ = \frac{۳}{۲} q_۳ = \frac{۳}{۲}(q_۱ - q_۲) \Rightarrow q_۱ = \frac{۳}{۲} q_۱ - \frac{۳}{۲} q_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲} q_۱ - \frac{۳}{۲} q_۲ = ۰$$

$$\Rightarrow q_۱ = ۳ q_۲ \Rightarrow C_۱ V_۱ = ۳ C_۲ V_۲ \Rightarrow ۲۰ V_۱ = ۳ \times ۱۰ V_۲ \Rightarrow V_۱ = \frac{۳}{۲} V_۲$$

$$\Rightarrow V_۱ + V_۲ = ۳۰ \Rightarrow V_۱ + \frac{۲}{۳} V_۱ = ۳۰ \Rightarrow \frac{۵}{۳} V_۱ = ۳۰ \Rightarrow V_۱ = ۱۸\,V$$

$$\Rightarrow V_{MN} = V_۱ = ۱۸\,V$$

۶۹ **گزینه ۴**

$\varphi = BA\cos\alpha = A \cdot (B\cos\alpha) = A \cdot$ (مؤلفهٔ B در امتداد عمود بر سطح)

($\varphi = A \cdot B_x$) است B_x همان مؤلفهٔ B که بر سطح قاب عمود است

$$\varphi = ۲۵۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۴} \cos ۱۰۰t = ۳/۷۵ \times ۱۰^{-۵} \cos ۱۰۰t$$

$$|\varepsilon| = \left|N\frac{d\varphi}{dt}\right| = ۴۰۰ \times ۱۰۰ \times ۳/۷۵ \times ۱۰^{-۵} |\sin ۱۰۰t| \Rightarrow \varepsilon_{max} = ۱/۵\,V$$

۷۰ **گزینه ۴**

راه حل اول:

$$F = qE = ۴۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۱۰^{۴} = ۴ \times ۱۰^{-۴}\,N$$

$$F = ma \Rightarrow ۴ \times ۱۰^{-۴} = ۰/۲ \times ۱۰^{-۳} a \Rightarrow a = ۲\,m/s^۲$$

برای تغییر جهت حرکت لازم است سرعت ذره یک لحظه صفر شود.

$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲a\Delta x \Rightarrow ۰ - ۱۶ = ۲ \times (-۲)\Delta x \Rightarrow \Delta x = ۴\,m$$

راه حل دوم:

$$W = \Delta K \Rightarrow ۰ - \frac{۱}{۲} m v^۲ = W_{\text{میدان}} = qEd\,Cos\,\alpha$$

$$-۴۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۱۰^{۴} \times d = -\frac{۱}{۲} \times ۰/۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۶ \Rightarrow d = \frac{۱۶ \times ۱۰^{-۴}}{۴ \times ۱۰^{-۴}} = ۴\,m$$

۷۱ **گزینه ۲**

$$q_{۳}=q_{۱,۲}\Rightarrow C_{۳}V_{۳}=C_{۱,۲}V_{۱,۲}\Rightarrow ۱۰V_{۳}=۱۵V_{۱,۲}\Rightarrow V_{۱,۲}=\frac{۲}{۳}V_{۳}\Rightarrow V_{۱,۲,۳,۴}=V_{۱,۲,۳}=V_{۳}+V_{۱,۲}=\frac{۵}{۳}V_{۳}$$

$$q_{۵}=q_{۱,۲,۳,۴}\Rightarrow C_{۵}V_{۵}=C_{۱,۲,۳,۴}V_{۱,۲,۳,۴}\Rightarrow C_{۵}V_{۵}=۱۲\times\frac{۵}{۳}V_{۳}\xrightarrow{V_{۵}=V_{۳}}C_{۵}=۱۲\times\frac{۵}{۳}=۲۰\mu F$$

۷۲ **گزینه ۳**

با افزایش ظرفیت خازن $C_{۳}$، ظرفیت معادل مجموعه زیاد می‌شود ($C_{eq}\uparrow$).

$$q_{eq}=C_{eq}.\varepsilon\Rightarrow q_{eq}\uparrow\xrightarrow{q_{۱}=q_{eq}}q_{۱}\uparrow\xrightarrow{q_{۱}=C_{۱}V_{۱}}V_{۱}\uparrow$$
$$\xrightarrow{\uparrow V_{۱}+V_{۲}=\varepsilon}V_{۲}\downarrow\xrightarrow{q_{۲}=C_{۲}V_{۲}}q_{۲}\downarrow\xrightarrow{q_{۲}+q_{۳}=q_{eq}}q_{۳}\uparrow$$

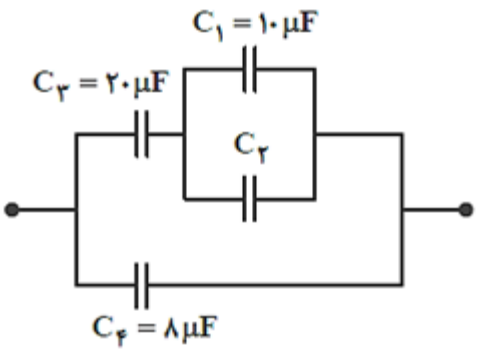
پس گزینه‌های ۱، ۲ و ۴ نادرست و گزینهٔ ۳ درست است.

۷۳ **گزینه ۱**

$$P=RI^{۲}\xrightarrow{R_{۱}\text{در دو شکل یکسان است}}I_{۱}\text{در دو شکل برابر است}\xrightarrow{P_{۱}=P_{۲}}I_{۱}=\frac{۱}{۲}I_{eq}\ ,\ I_{eq}=\frac{\varepsilon}{r+\frac{۱۰}{۲}}\Rightarrow I_{۱}=\frac{\varepsilon}{۲r+۱۰}\ :\text{شکل(الف)}$$

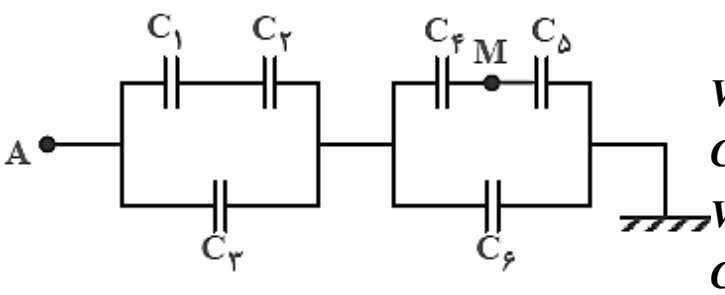
$$I_{۱}=I_{eq}=\frac{\varepsilon}{r+۱۰+۱۰}=\frac{\varepsilon}{r+۲۰}\Rightarrow\frac{\varepsilon}{r+۲۰}=\frac{\varepsilon}{۲r+۱۰}\Rightarrow ۲r+۱۰=r+۲۰\Rightarrow r=۱۰\,\Omega\ :\text{شکل(ب)}$$

۷۴ **گزینه ۲**



$$V_{۴}=V_{۱,۲,۳}\Rightarrow V_{۴}=V_{۳}+V_{۱}\Rightarrow\frac{q_{۴}}{C_{۴}}=\frac{q_{۱}+q_{۲}}{C_{۳}}+\frac{q_{۱}}{C_{۱}}$$
$$\Rightarrow\frac{۲q_{۱}}{۸}=\frac{q_{۱}+q_{۲}}{۲۰}+\frac{q_{۱}}{۱۰}\Rightarrow\frac{q_{۱}}{۴}=\frac{۳q_{۱}+q_{۲}}{۲۰}$$
$$\Rightarrow\frac{q_{۱}}{۱۰}=\frac{q_{۲}}{۲۰}\Rightarrow q_{۲}=۲q_{۱}$$
$$V_{۱}=V_{۲}\Rightarrow\frac{q_{۱}}{C_{۱}}=\frac{q_{۲}}{C_{۲}}\Rightarrow C_{۲}=۲C_{۱}\Rightarrow C_{۲}=۲۰\mu F$$

۷۵ گزینه ۴



$$V_M = V_۵ = ۱۰\,V$$

$$C_۴V_۴ = C_۵V_۵ \Rightarrow ۳۰ \times ۱۰ = ۲۰V_۴ \Rightarrow V_۴ = ۱۵\,V$$

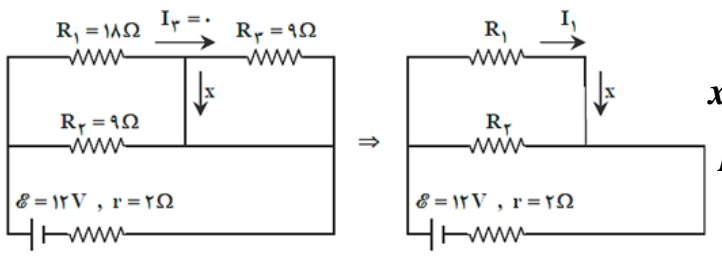
$$V_{۴,۵,۶} = V_{۴,۵} = V_۴ + V_۵ = ۱۵ + ۱۰ = ۲۵\,V$$

$$C_{۴,۵,۶}V_{۴,۵,۶} = V_{۱,۲,۳}C_{۱,۲,۳} \Rightarrow ۲۰ \times ۲۵ = ۱۰V_{۱,۲,۳} \Rightarrow V_{۱,۲,۳} = ۵۰\,V$$

$$V_{\text{کل}} = V_{۱,۲,۳} + V_{۴,۵,۶} = ۲۵ + ۵۰ = ۷۵\,V \Rightarrow V_A = ۷۵\,V$$

۷۶ گزینه ۳

مقاومت درونی آمپرسنج بسیار کم است و در حالت ایده‌آل صفر فرض می‌شود. پس مقاومت $R_۳$ اتصال کوتاه شده و از آن جریانی نمی‌گذرد.



$$x = I_۱$$

$$R_{eq} = R_۱ \text{موازی} R_۲ = \frac{۱۸\times۹}{۲۷} = ۶\,\Omega$$

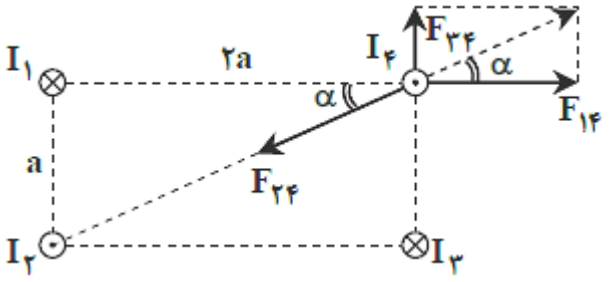
$$I_{\text{کل}} = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۱۲}{۲ + ۶} = ۱/۵\,A$$

$$R_۱I_۱ = R_۲I_۲ \;,\; I_۱ + I_۲ = I_{\text{کل}} \Rightarrow I_۱ = \frac{۱}{۳}I_{\text{کل}} = ۰/۵\,A$$

۷۷ گزینه ۱

نیروی وارد بر واحد طول هریک از دو سیم موازی $\left(F = \frac{\mu_۰ II'}{۲\pi d}\right)$ است.

سیم‌های موازی حامل جریان همسو یکدیگر را جذب و سیم‌های موازی حامل جریان مختلف‌الجهت یکدیگر را دفع می‌کنند. جهت جریان $I_۴$ در نتیجهٔ نهایی تأثیری ندارد. فرض کنید $I_۴$ برون‌سو باشد، پس $I_۲$ باید ⊙ باشد تا وضعیت نیروها به شکل زیر باشد.



$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow F_{۲۴}\cos\alpha = F_{۱۴}$$

$$\frac{I_۲I_۴\cos\alpha}{\sqrt{a^۲ + (۲a)^۲}} = \frac{I_۱I_۴}{۲a}$$

$$\frac{I_۲}{\sqrt{۵}}\cos\alpha = \frac{I_۱}{۲} \xrightarrow{\cos\alpha = \frac{۲}{\sqrt{۵}}} \frac{۲I_۲}{\sqrt{۵}} \times \frac{۲}{\sqrt{۵}} = I_۱ \Rightarrow I_۲ = \frac{۵}{۴}I_۱$$

۷۸ گزینه ۳

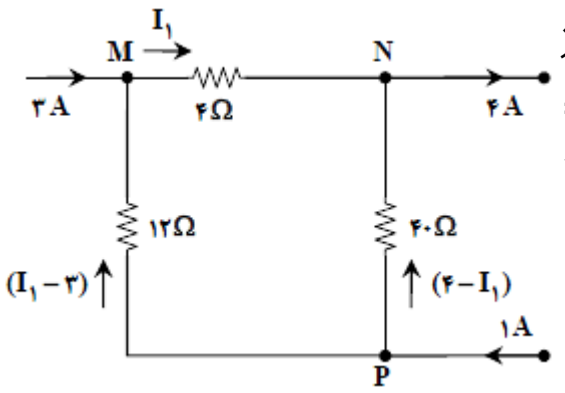
$$A = \pi r^{۲} = \pi \times (۰/۱)^{۲} = \frac{\pi}{۱۰۰} m^{۲}$$

$$\varphi = BA = ۲ \times ۱۰^{-۴} \pi \sin ۱۰\pi t$$

$$\left.\begin{array}{l} \varepsilon = -N\dfrac{d\varphi}{dt} = -۱۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۴} \pi \times ۱۰\pi \cos ۱۰\pi t \simeq -۲\cos(۱۰\pi t) \\ B = ۰/۰۱T \Rightarrow ۰/۰۲ \sin ۱۰\pi t = ۰/۰۱ \Rightarrow \sin ۱۰\pi t = \dfrac{۱}{۲} \Rightarrow |\cos ۱۰\pi t| = \dfrac{\sqrt{۳}}{۲} \end{array}\right\} \Rightarrow |\varepsilon| = ۲ \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} = \sqrt{۳}\,V$$

۷۹ گزینه ۲

باتوجه‌به قاعدهٔ انشعاب کیرشهف در نقاط M و N وضعیت جریان‌های گذرنده از قسمت‌های مختلف مدار به شکل زیر است.



قانون ولتاژ : $-۱۲(I_۱ - ۳) - ۴I_۱ + ۴۰(۴ - I_۱) = ۰ \Rightarrow ۱۹۶ = ۵۶I_۱$

$$\Rightarrow I_۱ = \frac{۱۹۶}{۵۶} = \frac{۴۹}{۱۴} = \frac{۷}{۲} = ۳/۵\,A$$

$$V_M - V_N = ۴I_۱ = ۴ \times ۳/۵ = ۱۴\,V$$

۸۰ گزینه ۱

AB : (T_H همدما) انبساط $Q_{AB} + W_{AB} = \Delta U_{AB} = ۰$

BC : انبساط بی‌دررو $Q_{BC} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{BC} = W_{BC}$

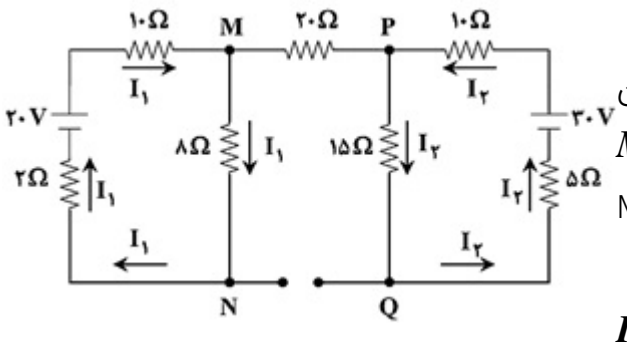
CD : (T_C همدما) تراکم $Q_{CD} + W_{CD} = \Delta U_{CD} = ۰$

DA : تراکم بی‌دررو $Q_{DA} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{DA} = W_{DA}$

$$\Delta U_{\text{کل}} = ۰ \Rightarrow ۰ + W_{BC} + ۰ + W_{DA} = ۰ \Rightarrow W_{BC} = -W_{DA} \Rightarrow |W_{DA}| = ۶۰۰\,J$$

$$۰/۶ = ۱ - \frac{|Q_C|}{Q_H} = ۱ - \frac{|Q_C|}{۲۰۰۰} \Rightarrow |Q_C| = ۸۰۰\,J \Rightarrow |W_{CD}| = ۸۰۰\,J$$

۸۱ گزینه ۱



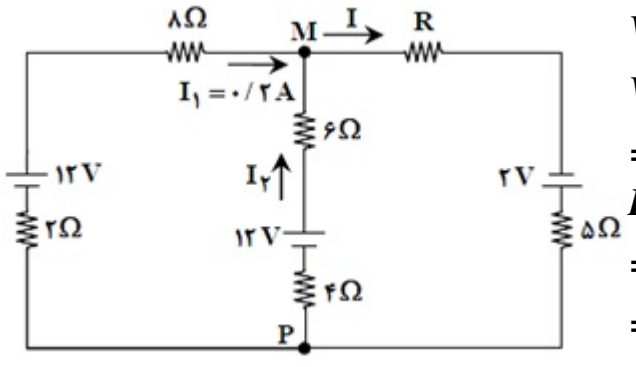
از یک ولت‌سنج ایده‌آل جریانی عبور نمی‌کند (مقاومت الکتریکی آن بی‌نهایت است).

اگر به قاعدهٔ جریان (انشعاب) کیرشهف در نقاط N و Q توجه کنیم معلوم می‌شود که جریان الکتریکی در حلقهٔ سمت چپ $I_۱$ و در حلقهٔ سمت راست $I_۲$ است و باتوجه‌به نقاط P و M معلوم می‌شود که از مقاومت $۲۰\,\Omega$ جریانی نمی‌گذرد؛ پس اختلاف‌پتانسیل میان نقاط P و M صفر است.

$$I_۱ = \frac{۲۰}{۱۰+۸+۲} = ۱A \quad , \quad I_۲ = \frac{۳۰}{۱۰+۱۵+۵} = ۱A$$

$$V_N + (۸ \times ۱) + (۲۰ \times ۰) - (۱۵ \times ۱) = V_Q \Rightarrow V_N - ۷ = V_Q \Rightarrow V_N - V_Q = ۷\,V$$

۸۲ **گزینه ۴**



$$V_P - ۲ \times ۰/۲ + ۱۲ - ۸ \times ۰/۲ = V_M \Rightarrow V_M - V_P = ۱۰\,V$$

$$V_M + ۶I_۲ - ۱۲ + ۴I_۲ = V_P \Rightarrow V_M - V_P = ۱۲ - ۱۰I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰/۲\,A$$

$$I = I_۱ + I_۲ = ۰/۴\,A \Rightarrow V_M - ۰/۴R + ۲ - ۰/۴ \times ۵ = V_P$$

$$\Rightarrow V_M - V_P = ۰/۴(R + ۵) - ۲ \Rightarrow ۱۰ = ۰/۴(R + ۵) - ۲$$

$$\Rightarrow ۱۲ = ۰/۴(R + ۵) \Rightarrow R = ۲۵\,\Omega$$

$$\Rightarrow P = RI^۲ = ۲۵ \times ۰/۴ \times ۰/۴ = ۴\,W$$

۸۳ **گزینه ۴**

$$\left.\begin{aligned}\vec{B}_۱ + \vec{B}_۲ &= \vec{B}\\ \vec{B}_۱ + ۳\vec{B}_۲ &= -\vec{B}\end{aligned}\right\} \xrightarrow{\text{جمع دو رابطه}} ۲\vec{B}_۱ + ۴\vec{B}_۲ = ۰ \Rightarrow \vec{B}_۱ = -۲\vec{B}_۲$$

$$B = \frac{\mu_۰}{۲\pi}\frac{I}{r},\ |\vec{B}_۱| = ۲|\vec{B}_۲|,\ r_۱ = ۲r_۲ \Rightarrow |I_۱| = ۴|I_۲|$$

ضمناً چون در بین دو سیم، $B_۱$ و $B_۲$ در خلاف جهت یکدیگر هستند، $I_۱$ و $I_۲$ همسو خواهند بود.

۸۴ **گزینه ۳**

$$\Delta x = v.\Delta t \Rightarrow ۵ = ۲\Delta t_۱ \Rightarrow \Delta t_۱ = ۲/۵\,s$$

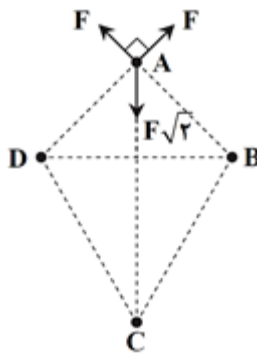
$$۲۵ = ۲\Delta t_۲ \Rightarrow \Delta t_۲ = ۱۲/۵\,s$$

در مدت $t = ۰$ تا $t = ۲/۵\,s$ قاب وارد میـدان می‌شود (و شار عبوری از آن زیاد می‌شود)، در مدت $t = ۲/۵\,s$ تا $t = ۱۵\,s$، داخل محدودهٔ میدان حرکت می‌کند (شار ثابت است) و در مدت $t = ۱۵\,s$ تا $t = ۱۷/۵\,s$ از محدودهٔ میدان خارج می‌شود. در قسمت اول، بنا به قانون لنز جهت جریان القایی طوری است که میـدان درون‌سو $(\otimes)$ تولید کند (ساعت‌گرد) در قسـمت دوم ولتاژ و جریان القایی صـفر است و در قسمت سوم جهت جریان القایی پادساعت‌گرد است.

$$۱۷/۵\,s \geq t \geq ۱۵\,s \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Bvl}{R} = \frac{۰/۵ \times ۰/۰۲ \times ۰/۰۵}{۰/۲} = ۲/۵ \times ۱۰^{-۳}\,A = ۲/۵\,mA$$

۸۵ **گزینه ۳**

باید وضعیت نیروهای وارد بر q_A به ترتیب زیر باشد.



$$F_۱ = F_{DA} = F_{BA} = \frac{k|q_۱q_۱|}{\left(a\sqrt{۲}\right)^۲}$$

$$F_{CA} = \frac{k|q_۱q_C|}{\left(a+a\sqrt{۳}\right)^۲} \Rightarrow \frac{|q_۱q_C|}{\left(a+a\sqrt{۳}\right)^۲} = \frac{|q_۱q_۱|}{\left(a\sqrt{۲}\right)^۲}\sqrt{۲}$$

$$\Rightarrow |q_C| = \frac{q_۱\left(۱+\sqrt{۳}\right)^۲}{\sqrt{۲}} = \frac{q_۱(۴+۲\sqrt{۳})}{\sqrt{۲}} = q_۱(\sqrt{۸} + \sqrt{۶})$$

ضمناً q_C و $q_۱$ ناهمنام هستند، بنابراین $q_C = -q_۱(\sqrt{۸} + \sqrt{۶})$ است.

۸۶ **گزینه ۲**

وقتی بار منفی درجهت خطوط میدان حرکت کند، کار میدان منفی است و انرژی پتانسیل الکتریکی زیاد می‌شود.

قضیهٔ کار و انرژی : $W_{\text{میدان}} = \Delta K$

$$|W| = F d \cos\alpha = |q| E d \cos\theta = |q| E \times BM = ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۳ \times ۱۰^{۴} \times ۴ \times ۱۰^{-۱}$$

$$\Rightarrow |W| = ۶۰ \times ۱۰^{-۳} = ۶ \times ۱۰^{-۲} J \Rightarrow W = -۶ \times ۱۰^{-۲} J$$

$$-۶ \times ۱۰^{-۲} = K_۲ - K_۱ \Rightarrow \frac{۱}{۲} m v_۲^۲ - \frac{۱}{۲} m v_۱^۲ = -۶ \times ۱۰^{-۲} \Rightarrow \frac{۱}{۲} \times ۰/۲ \times (v_۲^۲ - ۱) = -۶ \times ۱۰^{-۲}$$

$$\Rightarrow v_۲^۲ - ۱ = -۰/۶ \Rightarrow v_۲^۲ = ۰/۴ \Rightarrow v_۲ = \sqrt{\frac{۴}{۱۰}} = \frac{۲\sqrt{۱۰}}{۱۰} = \frac{\sqrt{۱۰}}{۵} m/s$$

۸۷ **گزینه ۳**

حالت اول : $C_{eq} = C_۱ \text{سری} [(C_۲ \text{سری} C_۳) \text{موازی} C_۴] = C_۱ \text{سری} [\frac{C_۱}{۲} + C_۱]$

$$\Rightarrow C_{eq} = C_۱ \text{سری} \frac{۳}{۲} C_۱ = \frac{\frac{۳}{۲} \times ۱}{\frac{۳}{۲} + ۱} C_۱ = \frac{۳}{۵} C_۱$$

$$q_{eq} = C_{eq} \cdot E = \frac{۳}{۵} C_۱ \times ۳۰ = ۱۸ C_۱$$

با قطع $S_۱$، مقدار بار الکتریکی مجموعه ($q_{\text{کل}}$) ثابت می‌ماند و $q_۱$ هم که برابر با $q_{\text{کل}}$ است، ثابت می‌ماند.

در حالت دوم $C_۳$ اتصال کوتاه می‌شود و $q_{\text{کل}}$ بین $C_۲$ و $C_۴$ تقسیم می‌شود (هرکدام نصف $q_{\text{کل}}$).

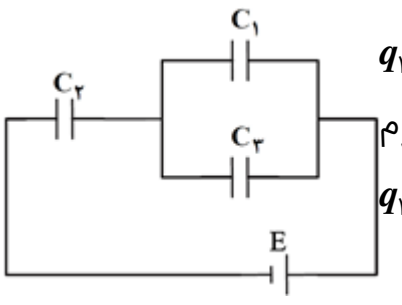
$q_۲$ جدید $= \frac{۱}{۲} q_{\text{کل}} = ۹ C_۱$

$$V_۲ = \frac{q_۲}{C_۲} = \frac{۹ C_۱}{C_۱} = ۹ V$$

۸۸ **گزینه ۴**

حالت اول : $C_۱ = ۱۰ \mu F \Rightarrow C_{۳,۱} = ۱۰ + ۲۰ = ۳۰ \mu F$

$C_{۱,۳}$ با $C_۲$ متوالی است.



$$q_{۳,۱} = q_۲ \Rightarrow C_{۳,۱} V_{۳,۱} = C_۲ V_۲ \Rightarrow ۳۰ V_{۳,۱} = ۲۰ V_۲ \xrightarrow{V_۲ + V_{۳,۱} = E} V_{۳,۱} = \frac{۲}{۵} E$$

حالت دوم : $C'_۱ = ۲ C_۱ = ۲۰ \mu F \Rightarrow C'_{۳,۱} = ۲۰ + ۲۰ = ۴۰ F$

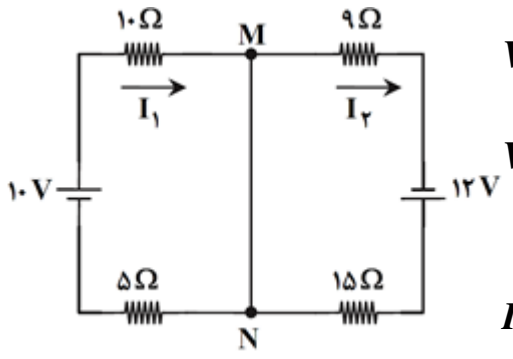
$$q_{۳,۱} = q_۲ \Rightarrow ۴۰ V'_{۳,۱} = ۲۰ V_۲ \Rightarrow V'_{۳,۱} = \frac{۱}{۲} V_۲ \Rightarrow V'_{۳,۱} = \frac{۱}{۳} E$$

باتوجه‌به اینکه ظرفیت $C_۳$ تغییر نکرده است، بار آن متناسب با ولتاژ آن تغییر می‌کند.

$$\frac{q_۳ \text{ جدید}}{q_۳ \text{ اولیه}} = \frac{V_۳ \text{ جدید}}{V_۳ \text{ حالت اول}} = \frac{\frac{۱}{۳} E}{\frac{۲}{۵} E} = \frac{۵}{۶}$$

۸۹ **گزینه ۳**

مقاومت درونی آمپرسنج ناچیز است؛ یعنی نقاط M و N هم‌پتانسیل هستند.



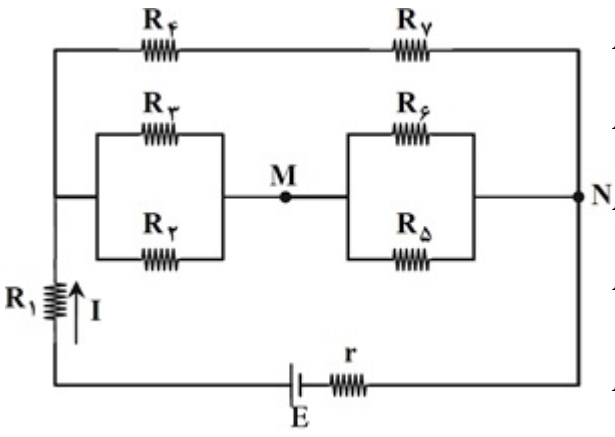
$$V_N - ۵I_۱ + ۱۰ - ۱۰I_۱ = V_M \Rightarrow -۱۵I_۱ + ۱۰ = ۰ \Rightarrow I_۱ = \frac{۲}{۳}A$$

$$V_N + ۱۵I_۲ - ۱۲ + ۹I_۲ = V_M \Rightarrow ۲۴I_۲ = ۱۲ \Rightarrow I_۲ = \frac{۱}{۲}A$$

مقداری که آمپرسنج نشان می‌دهد، $I = I_۱ - I_۲$ است.

$$I = I_۱ - I_۲ = \frac{۲}{۳} - \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۶}A$$

۹۰ **گزینه ۱**



$$R_{۴,۷} = ۱۵ + ۱۵ = ۳۰\,\Omega$$

$$R_{۲,۳} = R_{۵,۶} = \frac{۳۰}{۲} = ۱۵\,\Omega$$

$$R_{۲,۳,۵,۶} = ۱۵ + ۱۵ = ۳۰\,\Omega$$

$$R_{eq} = R_۱ + R_{۲,۳,۵,۶,۷,۴} = ۱۵ + \frac{۳۰}{۲} = ۳۰\,\Omega$$

$$I = \frac{E}{r + R_{eq}} = \frac{۱۲}{۶ + ۳۰} = \frac{۱}{۳}A$$

$$R_{۲\to۶} = R_{۴,۷} \Rightarrow I_{۲\to۶} = I_{۴,۷} = \frac{۱}{۲}I = \frac{۱}{۶}A$$

$$V_M - V_N = R_{۵,۶} \times \frac{I}{۲} = ۱۵ \times \frac{۱}{۶} = ۲/۵\,V$$

۹۱ **گزینه ۳**

حالت ۱ : $R_{eq} = [(R_۱ \text{ موازی } R_۴) \text{ سری } R_۳] \text{ موازی } R_۲ = [\frac{۳۰ \times ۶۰}{۹۰} + ۶۰] \text{ موازی } ۶۰ = \frac{۸۰ \times ۶۰}{۱۴۰} \text{ موازی } ۶۰$

$$= \frac{۲۴۰}{۷}\,\Omega$$

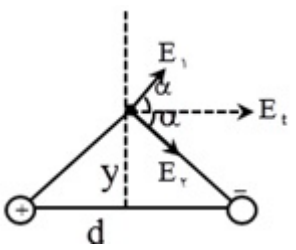
حالت ۲ : $R_{eq} = (R_۱ \text{ سری } R_۳) \text{ موازی } R_۴ \text{ موازی } R_۲ = ۹۰ \text{ موازی } ۶۰ \text{ موازی } ۶۰ = ۳۰ \text{ موازی } ۹۰ = \frac{۹۰ \times ۳۰}{۱۲۰} = \frac{۴۵}{۲}\,\Omega$

V ثابت است $\Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲} = \frac{\frac{۲۴۰}{۷}}{\frac{۴۵}{۲}} = \frac{۲ \times ۲۴۰}{۴۵ \times ۷} = \frac{۳۲}{۲۱}$

$$\frac{I_۲}{۲۱} = \frac{۳۲}{۲۱} \Rightarrow I_۲ = ۳۲\,mA$$

۹۲ **گزینه ۱**

مسیر حرکت ذره بر $\vec{E}_t$ عمود است، پس میدان روی ذره کار انجام نمی‌دهد $(W = ۰)$ و انرژی پتانسیل الکتریکی ذره تغییر نمی‌کند.

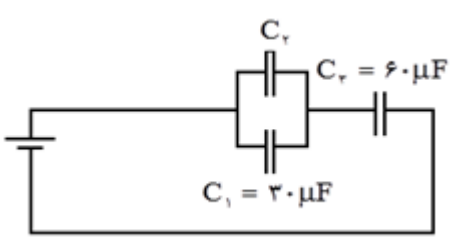


$$E_۱ = E_۲ = \frac{kq}{d^۲ + y^۲}$$

$$E_t = ۲E_۱ \cos\alpha = \frac{۲kq}{d^۲ + y^۲} \cdot \frac{d}{\sqrt{d^۲ + y^۲}}$$

با حرکت از O به‌طرف بالا، y زیاد می‌شود و اندازهٔ میدان کاهش می‌یابد. پس اندازهٔ نیرو هم، کم می‌شود $(F = Eq)$.

۹۳ **گزینه ۳**



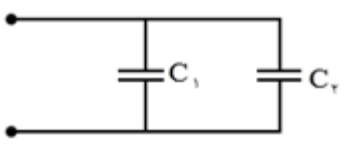
$$q_۳ = q_۱ + q_۲ = ۴q_۲ \Rightarrow q_۱ = ۳q_۲ \Rightarrow \frac{q_۳}{q_۱} = \frac{۴q_۲}{۳q_۲} = \frac{۴}{۳}$$

$$\Rightarrow \frac{C_۳V_۳}{C_۱V_۱} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{۶۰V_۳}{۳۰V_۱} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{V_۳}{V_۱} = \frac{۲}{۳}$$

$$\xrightarrow{V_۱ = V_۲} \frac{V_۳}{V_۲} = \frac{۲}{۳}$$

۹۴ **گزینه ۲**

حالت اول : $q_۱ = q_۲ = q_t = C_tV_t = \frac{۳۰\times۲۰}{۳۰+۲۰} \times ۱۵ = ۱۲ \times ۱۵ = ۱۸۰\mu C$



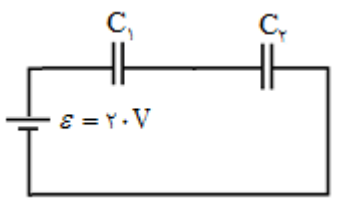
حالت دوم : $q_t = ۱۸۰ + ۱۸۰ = ۳۶۰\mu C$

$$V_t = \frac{q_t}{C_t} = \frac{۳۶۰}{۲۰ + ۳۰} = \frac{۳۶۰}{۵۰} = ۷/۲V$$

$$q_۱ = C_۱V_۱ = ۳۰ \times ۷/۲ = ۲۱۶\mu C$$

۹۵ **گزینه ۳**

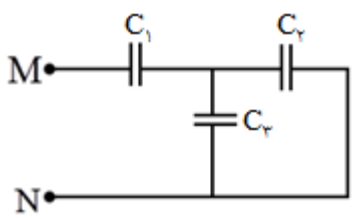
در حالت اول مدار به شکل زیر است:



$$C_t = \frac{C_۱}{۲}$$

$$q_t = C_t V_t = ۲۰\frac{C_۱}{۲} = ۱۰C_۱$$

با قطع $S_۱$ مقدار q_t ثابت می‌ماند و با بستن کلید $S_۲$ مدار به شکل زیر می‌شود:



$$C_t = C_۱ \text{ سری } C_۳ \quad ۲C_۱ = \frac{۲C_۱ \times C_۱}{C_۱ + ۲C_۱} = \frac{۲}{۳}C_۱$$

$$V_t = \frac{q_t}{C_t} = \frac{۱۰C_۱}{\frac{۲}{۳}C_۱} = ۱۵V$$

۹۶ **گزینه ۱**

برای آنکه هیچ‌یک از خازن‌ها آسیب نبینند می‌بایست ولتاژ هیچ‌کدام از ۱۲ ولت بیشتر نشود. پس ولتاژ خازنی که بیشترین ولتاژ به آن می‌رسد، برابر ۱۲ ولت قرار می‌دهیم.

$$q_۱ = q_{۲,۳} \Rightarrow C_۱V_۱ = C_{۲,۳}V_{۲,۳} \Rightarrow ۳۰V_۱ = (۱۰ + ۵)\cdot V_{۲,۳} \Rightarrow V_{۲,۳} = ۲V_۱ \Rightarrow V_۲ = V_۳ = ۲V_۱$$

$$V_۲ = ۱۲V \ , \ V_۳ = ۱۲V \ , \ V_۱ = ۶V$$

$$V_t = V_۱ + V_{۲,۳} = ۱۲ + ۶ = ۱۸V$$

۹۷ **گزینه ۲**

چون دو سیم هم‌جنس هستند، نسبت جرم‌های آن‌ها همان نسبت حجم‌های آن‌ها است.

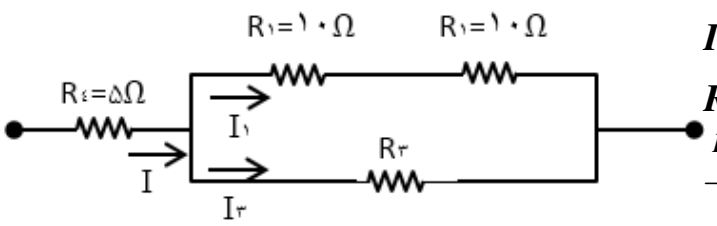
$$\text{(مساحت سطح مقطع} \times \text{طول} = \text{حجم}, \text{حجم} = \frac{\text{جرم}}{\text{چگالی}})$$

$$m_A = \frac{۱}{۲}m_B \Rightarrow \ell_A.A_A = \frac{۱}{۲}\ell_B.A_B \xrightarrow{\ell_A = ۳\ell_B} A_A = \frac{۱}{۶}A_B$$

$$R = \frac{\rho\ell}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\ell_A}{\ell_B}.\frac{A_B}{A_A}.\frac{\rho_A}{\rho_B} = ۳ \times ۶ \times ۱ = ۱۸$$

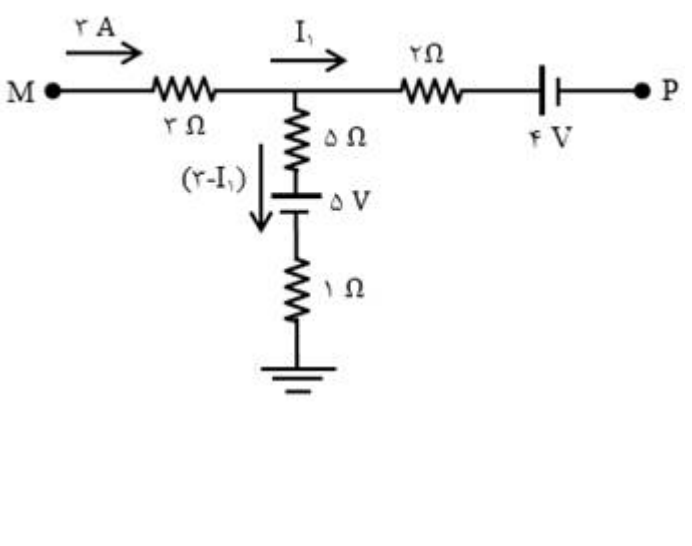
$$P = RI^۲ \ , \ I_A = I_B \ , \ R_A = ۱۸R_B \Rightarrow P_A = ۱۸P_B$$

۹۸ گزینه ۴



$$I_۴ = I_۱ + I_۳ = ۳I_۳ \Rightarrow I_۱ = ۲I_۳$$
$$R_{۱,۲}.I_۱ = R_۳I_۳ \Rightarrow ۲۰I_۱ = R_۳I_۳$$
$$\xrightarrow{I_۱=۲I_۳} R_۳ = ۴۰\Omega$$
$$\left.\begin{aligned} P_۳ &= ۴۰I_۳^۲ \\ P_۲ &= ۱۰I_۲^۲ \end{aligned}\right\} \xrightarrow{I_۱=۲I_۳} P_۳ = P_۲$$

۹۹ گزینه ۳



$$V_P + ۴ + ۲I_۱ - ۵ \times (۳ - I_۱) - ۵ - ۱ \times (۳ - I_۱) = ۰$$
$$\Rightarrow ۱۱ + ۴ + ۲I_۱ - ۱۵ + ۵I_۱ - ۵ - ۳ + I_۱ = ۰ \Rightarrow I_۱ = ۱A$$
$$V_M - ۳ \times ۳ - ۲ \times ۱ - ۴ = V_P$$
$$\Rightarrow V_M - ۹ - ۲ - ۴ = ۱۱ \Rightarrow V_M = ۲۶V$$

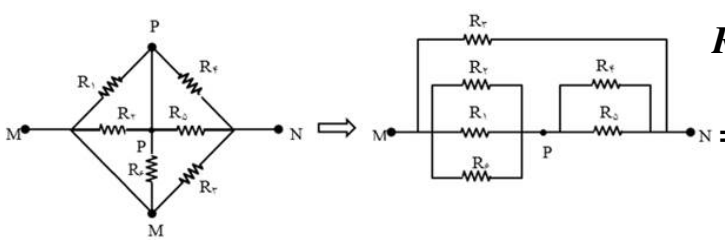
۱۰۰ گزینه ۱

$$۶۰I_۱ = ۳۰I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۲I_۱ \Rightarrow I = ۳I_۱$$
$$P_۱ = ۶۰I_۱^۲$$
$$P_۲ = ۳۰I_۲^۲ = ۱۲۰I_۱^۲$$
$$P_۳ = ۵(۳I_۱)^۲ = ۴۵I_۱^۲$$

بیشترین توان مصرفی در مقاومت ۳۰ اهمی است. اگر این مقـدار برابر ۴۰ وات باشـد، می‌توان اطمینان داشت که توان هیچ‌یک از مقاومت‌ها بیشتر از ۴۰ وات نیست.

$$۱۲۰I_۱^۲ = ۴۰ \Rightarrow I_۱ = \frac{۱}{\sqrt{۳}}A \Rightarrow I = ۳I_۱ = ۳ \times \frac{۱}{\sqrt{۳}} = \sqrt{۳}A$$
$$V = IR_t = \sqrt{۳} \times ۲۵ = ۲۵\sqrt{۳}V$$

۱۰۱ گزینه ۱



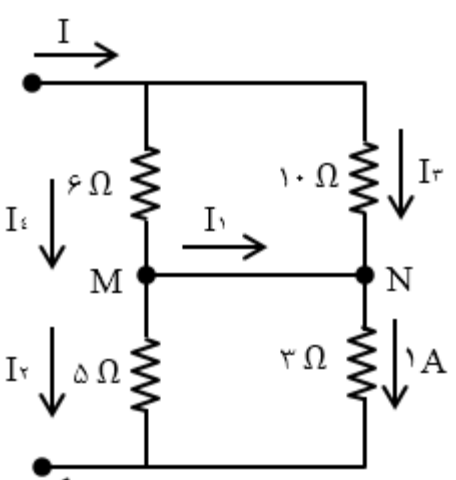
$$R_t = R_۳\text{موازی}[(R_۲\text{موازی}R_۱\text{موازی}R_۶)\text{سری}(R_۴\text{موازی}R_۵)]$$
$$\Rightarrow R_t = ۳۰\text{موازی}(\frac{۳۰}{۳} + \frac{۳۰}{۲})\text{موازی}۲۵ = \frac{۳۰ \times ۲۵}{۵۵}$$
$$= \frac{۱۵۰}{۱۱}\Omega$$

۱۰۲ **گزینه ۲**

$$P = \frac{V^{۲}}{R} \Rightarrow ۶ = \frac{۱۲^{۲}}{R_A}, ۳ = \frac{۱۲^{۲}}{R_B} \Rightarrow R_B = ۲R_A = ۴۸\Omega \Rightarrow R_A = ۲۴\Omega, R_B = ۴۸\Omega$$

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R_t + r} = \frac{۱۸}{۴۸ + ۲۴} = \frac{۱}{۴}A \\ P_A = R_A I^{۲} = ۲۴ \times (\frac{۱}{۴})^{۲} = ۱/۵W \end{cases}$$

۱۰۳ **گزینه ۴**



مقاومت‌های ۳ اهم و ۵ اهم موازی هستند.

$$۳ \times ۱ = ۵I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰/۶A$$
$$I = ۱ + ۰/۶ = ۱/۶A$$

مقاومت‌های ۱۰ اهم و ۶ اهم موازی هستند.

۱۰۴ **گزینه ۲**

بار الکتریکی قطرهٔ بزرگ‌تر،۶۴ برابر بـار هر قطره است و حجم قطرهٔ بزرگ‌تر نیز ۶۴ برابر حجم هریک از قطره‌ها است. اگر شـعاع هر قطره را r و شعاع قطرهٔ بزرگ‌تر را R فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$\frac{\text{حجم قطره بزرگ}}{\text{حجم قطره کوچک}} = (\frac{R}{r})^{۳} \Rightarrow ۶۴ = (\frac{R}{r})^{۳} \Rightarrow \frac{R}{r} = ۴ \Rightarrow R = ۴r$$

اگر مساحت قطره‌های بزرگ و کوچک را به ترتیب A و a بنامیم و بار الکتریکی آن‌ها را هم به ترتیب Q و q فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$\frac{\text{چگالی سطحی قطره بزرگ}}{\text{چگالی سطحی قطره کوچک}} = \frac{\frac{Q}{A}}{\frac{q}{a}} \xrightarrow[A=۱۶a]{Q=۶۴q} \frac{\frac{۶۴q}{۱۶a}}{\frac{q}{a}} = \frac{۶۴}{۱۶} = ۴$$

۱۰۵ **گزینه ۳**

بین این دو صـفحه میدان الکتریکی یکنواخت تشکیل می‌شود که جهت میدان در جهت کاهش پتانسیل الکتریکی است. بین این دو صفحه از صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی، پتانسیل از ۶۰ ولت تا صـفر کاهش می‌یابد. با توجه به فاصـلهٔ بین دو صفحه و اختلاف‌پتانسیل بین دو صفحه، $\frac{۶۰}{۱۲}V/cm = ۵\ V/cm$، پس بـــه ازای ۴ سـانتی‌مـتر، پتانســیل ۲۰ ولـت کـاهش می‌یابـد. بنـابراین پتانســیل نقطــهٔ A برابر بـــا $V = ۴۰V$ (۶۰ − ۲۰) خواهد شد.