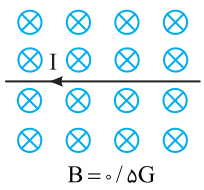
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای کنکور ۱۴۰۱

۴ ۱ B

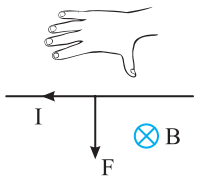
۱ اندازهٔ نیروی مغناطیسی از رابطهٔ $F=I\ell B\sin\alpha$ به‌دست می‌آید. α زاویهٔ بین B و I است.

یادآوری هر گاوس برابر 10^{-4} تسلا است.



$$F=I\ell B\sin\alpha \xrightarrow[I=۲/۵A]{\alpha=۹۰^\circ,\ \ell=۲/۴m} F=۲/۵\times۲/۴\times(۰/۵\times۱۰^{-۴})\Rightarrow F=۳\times۱۰^{-۴}N$$

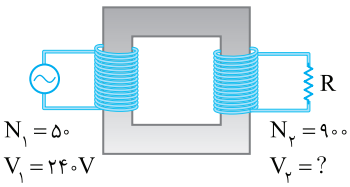
۲ برای به‌دست آوردن جهت، چهار انگشت دست راست را در جهت جریان می‌گیریم به طوری که کف دست در جهت میدان مغناطیسی درونسو باشد، در این حالت شست دست راست جهت نیرو را مشخص می‌کند، بنابراین نیرو به سمت پایین است.



۴ ۲

در یک مبدل تعداد دور با ولتاژ دو سر مبدل رابطهٔ مستقیم دارد:

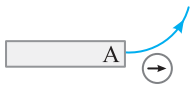
$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow\frac{V_۲}{۲۴۰}=\frac{۹۰۰}{۵۰}\Rightarrow V_۲=۴۳۲۰V$$



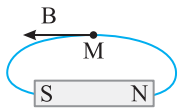
۴ ۳ A

نکته عقربهٔ مغناطیسی جهت میدان در یک نقطه را نشان می‌دهد.

۱ با توجه به شکل جهت میدان مغناطیسی اطراف A با توجه به عقربهٔ مغناطیسی به گونه‌ای است که خط میدان از قطب A خارج می‌شود و این قطب همان N است:



۲ میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خط میدان مماس است:



۲ ۴ A

معادلهٔ جریان متناوب برابر $I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t$ است:

$$\begin{cases}I_{max}=۲A\\T=۰/۰۲s\end{cases}\Rightarrow I=۲\sin\frac{۲\pi}{۰/۰۲}t\Rightarrow I=۲\sin۱۰۰\pi t$$

۲ ۵ A

فاصلهٔ بین دو بار ۲۰٪ افزایش یافته بنابراین: $r_۲=r_۱+۰/۲r_۱\Rightarrow r_۲=۱/۲r_۱$

قانون کولن را در دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

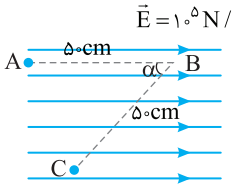
$$\frac{F_۲}{F_۱}=\frac{k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_۲^۲}}{k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_۱^۲}}\Rightarrow\frac{F_۲}{F_۱}=\left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲=\frac{۱}{۱/۴۴}\Rightarrow F_۲=۰/۷F_۱$$

درصد تغییرات نیروی الکتریکی خواهد شد:

$$\frac{\Delta F}{F_۱}\times۱۰۰=\frac{۰/۷F_۱-F_۱}{F_۱}\times۱۰۰=-٪۳۰$$

۱ ۶ B

یادآوری تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار در میدان الکتریکی برابر قرینهٔ کار نیروی میدان وارد بر بار است.



$$\Delta U_E=-W_E\Rightarrow\Delta U_E=-F_E d\cos\alpha \xrightarrow{F_E=qE}\Delta U_E=-qEd\cos\alpha$$

۱ تغییر انرژی پتانسیل از A تا B را حساب می‌کنیم:

$$\Delta U_{E_{AB}}=-(-۵\times۱۰^{-۶})\times۱۰^۵\times۰/۵\Rightarrow\Delta U_{E_{AB}}=۰/۲۵J$$

۲ تغییر انرژی پتانسیل از B تا C را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta U_{E_{BC}}=-(-۵\times۱۰^{-۶})\times۱۰^۵\times۰/۵\times(-۰/۶)\Rightarrow\Delta U_{E_{BC}}=-۰/۱۵J$$

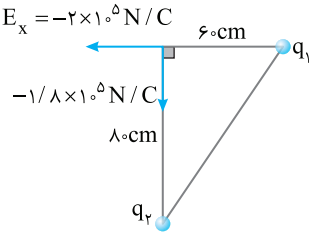
۳ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در کل مسیر ABC خواهد شد:

$$\Delta U_{E_{ABC}}=+۰/۲۵-۰/۱۵=+۰/۱J$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار ۰/۱J افزایش می‌یابد.

۴ ۷ B

هر یک از مؤلفه‌های میدان الکتریکی $\vec{E}=-۲\times۱۰^۵\vec{i}-۱/۸\times۱۰^۵\vec{j}$ میدان الکتریکی یکی از بارها است.



مؤلفهٔ $E_x=-۲\times۱۰^۵N/C$، میدان الکتریکی حاصل از بار $q_۱$ است و چون میدان به سوی خارج بار است این بار مثبت است.

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow۲\times۱۰^۵=۹\times۱۰^۹\frac{|q_۱|}{(۰/۶)^۲}\Rightarrow q_۱=+۸\times۱۰^{-۶}\Rightarrow q_۱=+۸\mu C$$

مؤلفهٔ $E_y=-۱/۸\times۱۰^۵N/C$، میدان الکتریکی حاصل از بار $q_۲$ بوده و چون میدان به سوی بار است، بار $q_۲$ منفی است.

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow۱/۸\times۱۰^۵=۹\times۱۰^۹\frac{|q_۲|}{(۰/۸)^۲}\xrightarrow{q_۲\text{ منفی}}$$

$$q_۲=-۱۲/۸\times۱۰^{-۶}C\Rightarrow q_۲=-۱۲/۸\mu C$$

۲ ۸ B

خط فکری ولتاژ دو سر خازن با عایق و انرژی ذخیره شده در خازن در این حالت داده شده است بنابراین با استفاده از رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}CV^۲$ ظرفیت خازن با عایق را به‌دست آورده سپس ثابت دی‌الکتریک را حساب می‌کنیم.

۱ ظرفیت خازن با دی‌الکتریک خواهد شد:

$$U=\frac{۱}{۲}CV^۲\xrightarrow[V=۲۰V]{U=۲\times۱۰^{-۳}J}۲\times۱۰^{-۳}=\frac{۱}{۲}\times C\times۴۰۰$$

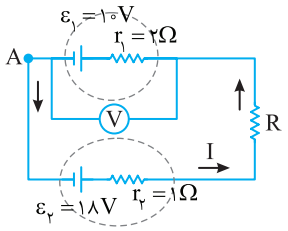
$$\Rightarrow C=۱۰\times۱۰^{-۶}F\Rightarrow C=۱۰\mu F$$

۲ به کمک رابطهٔ ساختمانی ظرفیت خازن، κ را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases} C=\kappa\varepsilon_{\circ}\dfrac{A}{d} \\ C_{\circ}=\varepsilon_{\circ}\dfrac{A}{d} \end{cases} \Rightarrow \frac{C}{C_{\circ}}=\kappa \Rightarrow \kappa=\frac{10}{5}=2$$

۳ ۹ B

خط فکری به مدار نگاه کنید. نیروی محرکهٔ باتری ε_2 از نیروی محرکهٔ باتری ε_1 بیشتر است و جریان دو باتری ناهمسو هستند نتیجه می‌گیریم باتری ε_2، مولد و باتری ε_1 مصرف کننده است. وقتی باتری مصرف کننده است، ولتاژ دو سر آن $V_1=\varepsilon_1+Ir_1$ خواهد شد بنابراین ابتدا جریان مدار را به کمک ولتاژ دو سر باتری ε_1 به‌دست می‌آوریم سپس اختلاف پتانسیل دو سر آن را حساب می‌کنیم.



۱ ولتاژ دو سر باتری ε_1، $14V$ است بنابراین:

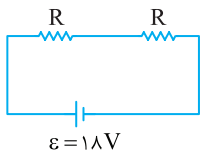
$$V_1=\varepsilon_1+Ir_1 \Rightarrow 14=10+I\times 2 \Rightarrow I=2A$$

۲ از نقطهٔ A در جهت جریان قدم می‌زنیم:

$$V_A+\varepsilon_2-Ir_2-V_R-14=V_A \Rightarrow 18-2-V_R-14=0 \Rightarrow V_R=2V$$

۴ ۱۰ B

وقتی کلید باز است در مدار دو مقاومت وجود دارد و توان مصرفی مدار خواهد شد:



$$P_1=\frac{\varepsilon^2}{2R} \Rightarrow P_1=\frac{(18)^2}{2R}=\frac{9\times 18}{R}$$

وقتی کلید بسته می‌شود مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R_{eq}=R+\frac{R}{2}=\frac{3R}{2}$$

توان در این حالت را به‌دست می‌آوریم:

$$P_2=\frac{\varepsilon^2}{\frac{3R}{2}} \Rightarrow P_2=\frac{2\varepsilon^2}{3R} \Rightarrow P_2=\frac{2\times 18\times 18}{3R} \Rightarrow P_2=\frac{12\times 18}{R}$$

بنا به فرض مسئله اختلاف توان‌ها برابر $9W$ است از این‌رو خواهیم داشت:

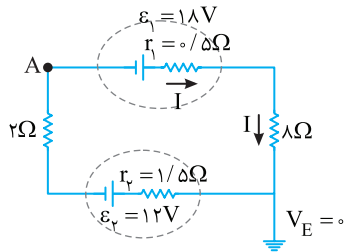
$$P_2-P_1=9 \Rightarrow \frac{12\times 18}{R}-\frac{9\times 18}{R}=9$$

$$\Rightarrow \frac{12-9}{R}\times 18=9 \Rightarrow (12-9)\times 2=R \Rightarrow R=6\Omega$$

۲ ۱۱ B

از مقایسهٔ ε_1 و ε_2 مشخص می‌شود که $\varepsilon_1>\varepsilon_2$ بوده و جریان مدار ساعتگرد است.

در این حالت ε_1 مولد و ε_2 مصرف‌کننده است و جریان مدار خواهد شد:



$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_{eq}+r_1+r_2} \Rightarrow I=\frac{18-12}{10+2} \Rightarrow I=0/5A$$

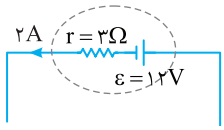
از A در جهت جریان تا نقطهٔ اتصال به زمین قدم می‌زنیم:

$$V_A+\varepsilon_1-Ir_1-8I=0 \Rightarrow V_A+18-0/5\times 0/5-8\times 0/5=0$$

$$\Rightarrow V_A=-13/75V$$

۴ ۱۲ A

توان ورودی به باتری از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

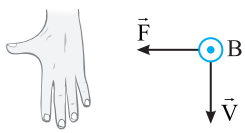


$$P=\varepsilon I+rI^2 \Rightarrow P=12\times 2+3(2)^2$$

$$\Rightarrow P=24+12 \Rightarrow P=36W$$

۳ ۱۳ A

با توجه به قاعدهٔ دست راست، چهار انگشت باز دست راست را در جهت V رو به پایین گرفته به صورتی که انگشت باز شست دست جهت نیرو به سمت چپ را نشان دهد در این صورت کف دست شما رو به بیرون صفحهٔ کاغذ بوده و جهت میدان را نشان می‌دهد یعنی میدان مغناطیسی برونسو است اما بار ذره منفی بوده (بار الکترون) پس جهت به‌دست آمده با قاعدهٔ دست راست را وارون کرده و جهت میدان مغناطیسی درونسو می‌شود.



۱ ۱۴ B

خط فکری برای حل این تست باید تک‌تک گزینه‌ها بررسی شود و اگر شانس بیاوریم گزینهٔ (۱) درست باشد و دیگر نیازی به بررسی بقیهٔ گزینه‌ها نیست.

برای بررسی هر گزینه باید یک رابطهٔ ریاضی که در آن کمیت مورد نظر وجود دارد را به‌کار ببرید.

برای میدان مغناطیسی استفاده از رابطهٔ نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی بهترین انتخاب است.

$$F=I\ell B\sin\theta$$

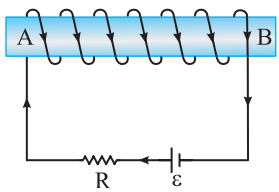
یکای فرعی نیرو kgm/s^2، یکای جریان آمپر (A) یکای طول (m) و نسبت‌های مثلثاتی یکا ندارند از این‌رو:

$$kgm/s^2=A\cdot m[B] \Rightarrow [B]=\frac{kg}{As^2}$$

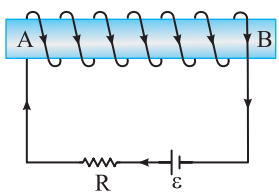
بنابراین نیازی به بررسی گزینه‌های دیگر نیست.

۲ ۱۵ A

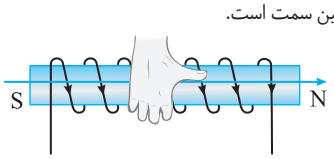
نکته سوی جریان در مدار خارجی یک باتری از پایانهٔ مثبت به سوی پایانهٔ منفی است.



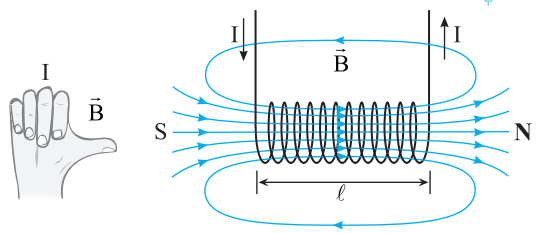
جهت جریان را مشخص می‌کنیم جریان ساعتگرد است.



با توجه قاعدهٔ دست راست جهت میدان درون سیملوله را مشخص می‌کنیم، چهار انگشت دست راست را در سوی جریان سیملوله می‌چرخانیم، در این حالت انگشت باز شست دست راست جهت راست را نشان می‌دهد که جهت میدان مغناطیسی است و قطب N نیز در همین سمت است.



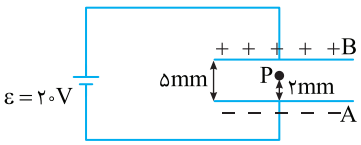
یادآوری قاعدهٔ دست راست برای جهت میدان مغناطیسی در سیملولهٔ حامل جریان.



۱۶ B ۲

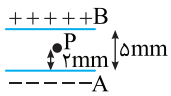
یادآوری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در میدان الکتریکی یکنواخت برابر $\Delta V = Ed$ است که در آن d فاصلهٔ دو نقطه در امتداد خطوط میدان است.

دو صفحهٔ خازن به باتری متصل است و اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت و برابر ۲۰v است. اختلاف پتانسیل بین نقطهٔ P و صفحهٔ منفی A برابر $V_P - V_A = Ed_{AP}$ است. که E میدان الکتریکی بین صفحات است. با دور شدن صفحهٔ B فاصلهٔ P و A از هم تغییر نکرده و ۲mm می‌ماند اما میدان الکتریکی تغییر می‌کند:

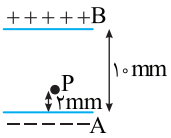


۱ در هر حالت میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

حالت اول: $E_1 = \frac{V}{d_1} \xrightarrow{d_1 = 5mm} E_1 = \frac{20}{5\times10^{-3}} = 4000 \frac{V}{m}$



حالت دوم: $E_2 = \frac{V}{d_2} \xrightarrow{d_2 = 10mm} E_1 = \frac{20}{10\times10^{-3}} = 2000 \frac{V}{m}$



۲ اختلاف پتانسیل بین P و A در هر حالت خواهد شد:

حالت اول: $\Delta V_{AP} = V_P - V_A \rightarrow 4000\times2\times10^{-3} = V_P - V_A \rightarrow V_P = 8 - V_A$

حالت دوم: $\Delta V'_{AP} = V'_P - V_A \rightarrow 2000\times2\times10^{-3} = V'_P - V_A \rightarrow V'_P = 4 + V_A$

بنابراین پتانسیل نقطهٔ P، ۴V کاهش یافته است.

۱۷ B ۱

یادآوری در جابه‌جایی در جهت خطوط میدان پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

با توجه به سؤال از B تا A در خلاف جهت خطوط میدان ذره جابه‌جا شده و $V_A > V_B$ است پس $V_A - V_B$ مثبت است.

یادآوری اختلاف پتانسیل الکتریکی از رابطهٔ $\Delta V = Ed\cos\theta$ به‌دست می‌آید.

یادآوری هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر، اندازهٔ میدان الکتریکی بیشتر بوده و میدان قوی‌تر است. با توجه به شکل تراکم خطوط از A تا B در شکل (۳) بزرگتر از شکل (۲) و در شکل (۲) بزرگتر از شکل (۱) است. بنابراین:

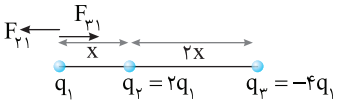
$\Delta V_3 = E_3 d\cos\theta$

$\Delta V_2 = E_2 d\cos\theta \xrightarrow{E_3 > E_2 > E_1} \Delta V_3 > \Delta V_2 > \Delta V_1$

$\Delta V_1 = E_1 d\cos\theta$

۱۸ B ۳

۱ نیروهای وارد بر q_1 را حساب می‌کنیم. بار q_2 و q_1 همنام بوده و یکدیگر را دفع می‌کنند و بارهای q_3 و q_1 ناهمنام بوده و یکدیگر را جذب می‌کنند. به کمک قانون کولن نیروها را به‌دست می‌آوریم.



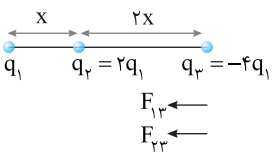
$F_{21} = k\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k\frac{2q_1^2}{x^2}$

$F_{31} = k\frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k\frac{4q_1^2}{9x^2}$

۲ دو نیرو خلاف جهت هم‌اند و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر q_1 برابر تفاضل F_{21} و F_{31} است:

$F_1 = F_{21} - F_{31} = 2k\frac{q_1^2}{x^2} - \frac{4}{9}k\frac{q_1^2}{x^2} = \frac{14}{9}k\frac{q_1^2}{x^2}$

۳ نیروهای وارد بر q_3 را حساب می‌کنیم. بنا به قانون سوم نیوتن نیرویی که q_3 به q_1 وارد می‌کند با نیرویی که q_1 به q_3 وارد کرده برابر است. از این‌رو اندازهٔ F_{13} نیز برابر $\frac{4}{9}k\frac{q_1^2}{x^2}$ است:



$F_{23} = k\times\frac{2q_1\times4q_1}{4x^2} = 2k\frac{q_1^2}{x^2}$

۴ دو نیرو هم‌جهت‌اند:

$F_3 = F_{23} + F_{13} = 2k\frac{q_1^2}{x^2} + \frac{4}{9}k\frac{q_1^2}{x^2} = \frac{22}{9}k\frac{q_1^2}{x^2}$

۵ حال نسبت F_1 به F_3 را حساب می‌کنیم:

$\frac{F_1}{F_3} = \frac{\frac{14}{9}k\frac{q_1^2}{x^2}}{\frac{22}{9}k\frac{q_1^2}{x^2}} = \frac{14}{22} = \frac{7}{11}$

روش دیگر:

در حل این نوع مسائل می‌توانید نیرویی که دو بار الکتریکی یکسان q_1 در فاصلهٔ x بر هم وارد می‌کنند را F فرض کنیم و با توجه به قانون کولن $F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$، نیروهای دیگر را بر حسب F به‌دست آوریم.

۱ نیرویی که بار $q_2 = 2q_1$ بر بار q_1 در فاصلهٔ x وارد می‌کند برابر $F_{21} = 2F$ و نیرویی که بار $q_3 = 4q_1$ در فاصلهٔ 3x وارد می‌کند برابر $F_{31} = \frac{4F}{9}$ و نیروی خالص وارد بر q_1 خواهد شد:

$F_1 = 2F - \frac{4}{9}F \Rightarrow F_1 = \frac{18F - 4F}{9} \Rightarrow F_1 = \frac{14}{9}F$

۲ نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند بنا به قانون سوم نیوتن هم‌اندازهٔ نیرویی است که بار q_3 به بار q_1 وارد می‌کند.

$F_{13} = \frac{4}{9}F$

۳ نیرویی که بار $q_2 = 2q_1$ بر بار $q_3 = 4q_1$ در فاصلهٔ 2x وارد می‌کند $F_{23} = 2F$ و نیروی خالص وارد بر F_3 خواهد شد:

$F_3 = F + \frac{4}{9}F = \frac{13}{9}F$

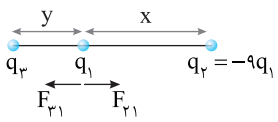
۴ نسبت F_1/F_3 خواهد شد:

$\frac{F_1}{F_3} = \frac{\frac{7}{9}F}{\frac{11}{9}F} = \frac{7}{11}$

۱۹ B **۴**

۱ ابتـدا دقت کنید در هر چهار گزینه، بار q_3 در سـمت چپ بار q_1 قرار می‌گیرد بنابراین طرز قرار گرفتن بارها به شکل زیر است.

۲ با توجه به فرض مسئله نیروهای وارد بـر هـر بـار از جمله بـار q_1 صفر اسـت. از طرفی بار q_1 و q_2 ناهمنام



هستند و نیروی F_{21} جاذبه است. بنابراین نیرویی که q_3 بر q_1 وارد می‌کند نیز باید جاذبه و به سـمت چپ باشـد یعنی q_3 نیز باید با q_1 ناهمنام باشد بنابراین q_3 منفی است در نتیجه گزینه‌های (۱) و (۲) حذف شده و مقدار بار $q_3=-\frac{9}{4}q_1$ خواهد بود.

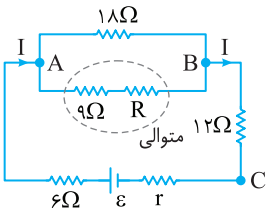
۳ با برابر قرار دادن نیروهای F_{21} و F_{31} ، مقدار y را برحسب x به‌دست می‌آوریم.

$$F_{21}=F_{31}\Rightarrow k\frac{|q_2||q_1|}{x^2}=k\frac{|q_3||q_1|}{y^2}\Rightarrow\frac{|q_2|}{x^2}=\frac{|q_3|}{y^2}=\frac{9q_1}{x^2}=\frac{\frac{9}{4}q_1}{y^2}$$

$$\Rightarrow y^2=\frac{x^2}{4}\Rightarrow y=\frac{x}{2}$$

۲۰ B **۲**

خط فکری به فـرض مسـئله دقت کنیـد اختـلاف پتانسـیل دو سـر مقاومت $18\Omega(V_{AB})$ با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومـت $12\Omega(V_{BC})$ برابـر اسـت. بنابرایـن باید مقاومـت R_{AB} با مقاومت R_{BC} برابر باشد. با توجه به این مطلب مسئله را حل می‌کنیم.



در گام اول مقاومـت معـادل بین دو نقطهٔ AB را حسـاب می‌کنیم. مقاومت R و 9Ω متوالی و معادل آن‌ها با مقاومت 18Ω موازی است. بنابراین:

$$\frac{1}{R_{AB}}=\frac{1}{18}+\frac{1}{R+9}\Rightarrow R_{AB}=\frac{(18)\times(R+9)}{27+R}$$

در گام دوم برای آن که $V_{AB}=V_{BC}$ باشد باید مقاومت R_{AB} با مقاومت R_{BC} برابر باشد از این‌رو:

$$V_{AB}=V_{BC}\Rightarrow IR_{AB}=IR_{BC}\Rightarrow$$

$$R_{AB}=R_{BC}=\frac{18(R+9)}{27+R}=12\Rightarrow\frac{3(R+9)}{27+R}=2$$

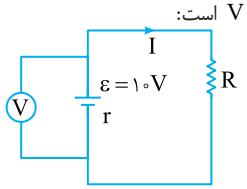
$$\Rightarrow 3R+27=54+2R\Rightarrow R=27\Omega$$

۲۱ B **۳**

۱ اگـر تنهـا یکی از کلیدها بسـته باشـد، فقط یکـی از مقاومت‌های R در مـدار قرار می‌گیرد و مدار به شـکل زیر اسـت. در این حالت ولت‌سـنج ولتاژ دو سر باتری را $6V$ نشان می‌دهد و جریان مدار خواهد شد:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\rightarrow I=\frac{10}{R+r}$$

۲ اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر $V=\varepsilon-rI$ است:

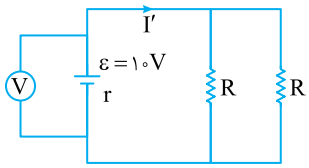


$$v=\varepsilon-rI\xrightarrow{r=6v}6=10-\frac{10r}{R+r}$$

$$\Rightarrow\frac{10r}{R+r}=4\Rightarrow 10r=4R+4r$$

$$\Rightarrow 6r=4R\Rightarrow R=1/5r$$

۳ اگر دو کلید بسته شود هر دو مقاومت R در مدار قرار می‌گیرند و با هم موازی‌اند:



$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R}\rightarrow\frac{1}{R_{eq}}=\frac{2}{R}\rightarrow R_{eq}=\frac{R}{2}$$

$$I'_{مدار}=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}\Rightarrow I'_{مدار}=\frac{10}{r+\frac{R}{2}}\xrightarrow{R=7/5r}I'_{مدار}=\frac{10}{r+7/5r}$$

$$\rightarrow I'_{مدار}=\frac{10}{1/75r}$$

۴ اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر $V'=\varepsilon-rI'_{مدار}$ است:

$$V'=\varepsilon-r'_{مدار}\Rightarrow V'=10-r\frac{10}{1/75r}\Rightarrow V'=10-\frac{10}{1/75}$$

$$\Rightarrow V'=\frac{17/5-10}{1/75}=\frac{7/5}{1/75}\Rightarrow V'=\frac{750}{175}=\frac{30}{7}V$$

میانبر اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب مقاومت خارجی مدار (R_{eq}) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

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

با استفاده از این رابطه نیازی به محاسبهٔ جریان نیست.

۲۲ B **۲**

۱ آمپرسنج جریان اصلی مدار را $0/8A$ نشان داده است از این‌رو جریان گذرنده از سه مقاومت متوالی R ،9Ω و 4Ω برابر $I=0/8A$ است.

۲ ولت‌سـنج به دو سـر مقاومت R بسـته شـده و ولتاژ دو سـر آن را $12V$ نشـان می‌دهیم: مقاومت R را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases}V=12V\\I=0/8A\end{cases}\Rightarrow R=\frac{V}{I}\Rightarrow R=\frac{12}{0/8}\Rightarrow R=\frac{120}{8}=15\Omega$$

۳ مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq}=4+15+9\Rightarrow R_{eq}=28\Omega$$

۴ به کمک جریان مدار نیروی محرکهٔ باتری را به‌دست می‌آوریم.

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow 0/8=\frac{\varepsilon}{28+2}\rightarrow\varepsilon=24V$$

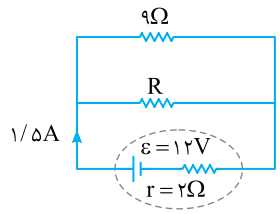
۲۳ B **۱**

خط فکری با توجه به اعداد روی مدار، جریان مدار $1/5A$ است به کمک جریان ابتدا مقاومت معادل مدار را حساب کنید. سپس به کمک مقاومت معادل به سراغ یافتن مقدار مقاومت R بروید با داشتن مقاومت R می‌توانید جریان R (و یا ولتاژ دو سر R) را حساب کرده و توان مصرفی آن را بیابید. البته ما جریان R را به‌دست آورده‌ایم.

۱ جریان مدار $1/5A$ اسـت. با توجه به مدار $I_{مدار}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$ ، مقدار R_{eq} را به‌دست می‌آوریم:

$$1/5=\frac{12}{R_{eq}+2}\rightarrow 1/5R_{eq}+3=12\rightarrow 1/5R_{eq}=9\rightarrow R_{eq}=6\Omega$$

۲ مقاومت R و 9Ω موازی‌اند:



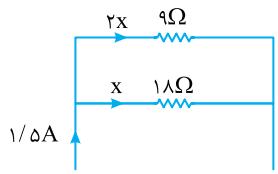
$$\frac{1}{R}+\frac{1}{9}=\frac{1}{6}\Rightarrow\frac{1}{R}=\frac{1}{6}-\frac{1}{9}$$

$$\Rightarrow\frac{1}{R}=\frac{3}{18}-\frac{2}{18}$$

$$\Rightarrow\frac{1}{R}=\frac{1}{18}\Rightarrow R=18\Omega$$

یادآوری جریان در مقاومت‌های موازی به نسبت وارون مقدار مقاومت تقسیم می‌شود.

۳ جریان عبوری از مقاومت 18Ω را x بگیرید، جریان مقاومت 9Ω برابر $2x$ می‌شود:



$$x+2x=1/5\,A\Rightarrow 3x=1/5$$
$$\Rightarrow x=0/5A$$

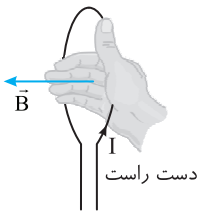
۴ توان مصرفی مقاومت 18Ω برابر است با:

$$P=RI^2\rightarrow P=18\times(0/5)^2\rightarrow P=18\times\frac{1}{4}=4/5W$$

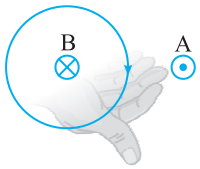
---

۲۴ A **۲**

یادآوری قاعدهٔ دست راست: انگشت شست دست راست را مطابق شکل در جهت جریان قرار می‌دهیم، خم کردن چهار انگشت جهت بردار میدان را نشان می‌دهد.



در نقطهٔ A میدان مغناطیسی برونسو بوده بنابراین جریان الکتریکی حلقه ساعتگرد و میدان مغناطیسی در مرکز حلقه درونسوست.



میانبر در نقطه‌ای مانند A در خارج حلقه جهت میدان خلاف جهت میدان در مرکز حلقه است.

---

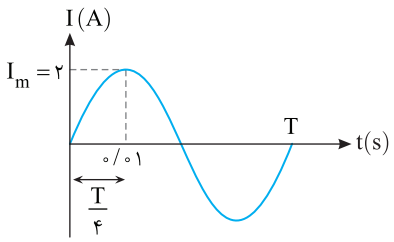
۲۵ B **۲**

با توجه به نمودار جریان بیشینه برابر ۲A بوده و دوره خواهد شد:

$$\frac{T}{4}=0/01s\Rightarrow T=0/04s$$

اکنون معادلهٔ جریان را می‌نویسیم:

$$I=I_m\sin\frac{2\pi}{T}t\Rightarrow I=2\sin\frac{2\pi}{0/04}t\Rightarrow I=2\sin 50\pi t$$



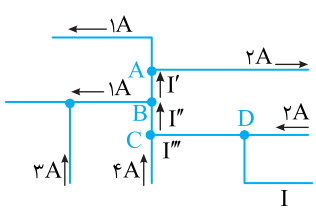
---

۲۶ B **۱**

یادآوری قاعدهٔ انشعاب: مجموع جریان‌هایی که به هر نقطهٔ انشعاب وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطهٔ انشعاب خارج می‌شود.

خط فکری محل اتصال انشعاب‌ها (گره‌ها) را نام‌گذاری می‌کنیم و قانون انشعاب جریان‌ها را برای این گره‌ها می‌نویسیم تا مقدار و سوی جریان I مشخص شود.

جریان‌های ۱A و ۲A از انشعاب A خارج می‌شوند، بنابراین جریان $I'=1+2=3A$ به این انشعاب وارد می‌شود.



جریان‌های $I'=3A$ و ۱A از انشعاب B خارج می‌شوند بنابراین جریان $I''=3+1=4A$ به این انشعاب وارد می‌شود.

برای انشعاب C مشخص است که جریان $I'''=4-4=0$ بوده از این رو برای انشعاب D خواهیم داشت:

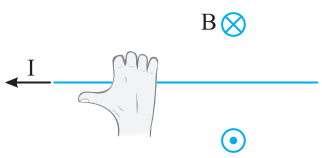
$I=2A$

و I در سوی (۲) است.

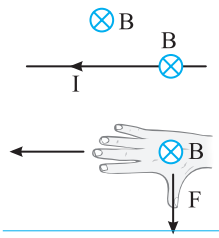
---

۲۷ A **۳**

۱ جهت جریان سیم را مشخص می‌کنیم. چرخش چهار انگشت دست راست را مطابق شکل در سوی چرخش خطوط میدان مغناطیسی حاصل از سیم قرار دهید در این حالت انگشت باز شست شما به سمت چپ خواهد بود که نشان می‌دهد جریان سیم به سوی چپ است $(\xleftarrow{I})$.



۲ چها رانگشت باز دست راست خود را در جهت جریان به گونه‌ای قرار دهید که کف دست شما رو به صفحهٔ کاغذ (درونسو) باشد. در این حالت انگشت باز شست شما رو به پایین خواهد بود. یعنی نیروی وارد بر سیم رو به پایین است. $(F\downarrow)$



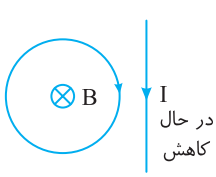
---

۲۸ B **۱**

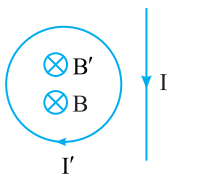
خط فکری باید جهت میدان مغناطیسی سیم راست را در محل حلقه مشخص کنید. سپس با توجه به قانون لنز و چگونگی تغییر میدان مغناطیسی جهت جریان حلقه را به‌دست می‌آوریم.

۱ در گزینهٔ (۱) جریان سیم راست رو به پایین است و با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان درون حلقه درونسو است.

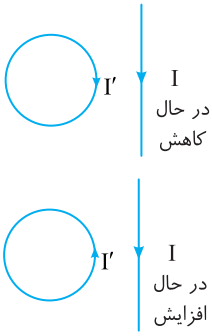
۲ جریان در حال کاهش بوده و میدان B نیز در حال کاهش است. از این رو بنا به قانون لنز جهت میدان مغناطیسی القایی (B') باید هم‌جهت B بوده تا با کاهش میدان مخالفت کند یعنی B' نیز درونسو است.



۳ به کمک قاعدهٔ دست راست مشخص می‌شود که جریان حلقه باید ساعتگرد باشد و گزینهٔ (۱) درست است. بنابراین بررسی سه گزینهٔ دیگر لازم نیست.



میانبر هرگاه جریان سیم راست در حال کاهش باشد جریان القایی (I') مطابق شکل روبه‌رو همسو با آن است و هرگاه جریان در حال افزایش باشد، جریان القایی (I') ناهمسو با آن است.

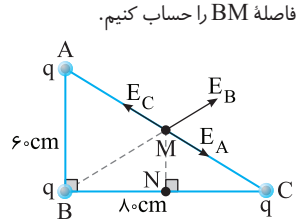


---

۲۹ B **۱**

۱ فاصلهٔ بارهای واقع در رأس‌های A و C تا نقطهٔ M وسط AC برابر بوده و با توجه به مثبت و یکسان بودن بارها، میدان الکتریکی حاصل از بارهای q_A و q_C در نقطهٔ M هم‌اندازه و خلاف جهت هم بوده و یکدیگر را خنثی می‌کنند. $(E_A=E_C)$، بنابراین میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M همان میدان الکتریکی ناشی از بار الکتریکی واقع در نقطهٔ B است. از اینجا به بعد باید به سراغ هندسه برویم و فاصلهٔ BM را حساب کنیم.

۲ طول ضلع AC را حساب می‌کنیم.



$$AC^2=AB^2+BC^2$$
$$\Rightarrow AC^2=60^2+80^2$$
$$\Rightarrow AC=100\,cm$$

۳ فاصلهٔ MC را به‌دست می‌آوریم:

$$MC=\frac{AC}{۲}=۵۰\,cm$$

۴ هرگاه از وسط ضلع AC خطی به موازات ضلع AB رسم کنیم، ضلع BC را نصف می‌کند. یعنی نقطهٔ N وسط BC بوده و طول ضلع $BN=NC=\frac{۸۰}{۲}=۴۰\,cm$ است.

۵ در مثلث قائم‌الزاویه CMN، طول MN را حساب می‌کنیم.

$$MC^۲=MN^۲+NC^۲\Rightarrow ۵۰^۲=MN^۲+۴۰^۲\Rightarrow MN=۳۰\,cm$$

۶ در مثلث قائم‌الزاویهٔ BMN، طول ضلع BM را به‌دست می‌آوریم.

$$BM^۲=BN^۲+MN^۲\Rightarrow BM^۲=۴۰^۲+۳۰^۲\Rightarrow BM=۵۰\,cm$$

۷ اکنون مقدار بار q را حساب می‌کنیم.

$$E=k\frac{q}{r^۲}\Rightarrow ۹\times۱۰^۴=۹\times۱۰^۹\frac{q}{(۰/۵)^۲}\Rightarrow q=۰/۲۵\times۱۰^{-۵}\,C$$

$$\Rightarrow q=۲/۵\times۱۰^{-۶}\Rightarrow q=۲/۵\mu C$$

۳۰ B ۲

۱ نیروی وارد بر الکترون را به‌دست می‌آوریم.

$$E=\frac{F}{q}\Rightarrow F=qE\xrightarrow{E=۱۲۵N/C,q=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C}$$

$$F=۱۲۵\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\Rightarrow F=۲\times۱۰^{-۱۷}\,N$$

۲ شتاب حرکت الکترون را به کمک قانون دوم نیوتون حساب می‌کنیم.

$$F_E=ma\xrightarrow{m=۱۰^{-۳۰}kg}۲\times۱۰^{-۱۷}=۱۰^{-۳۰}a\Rightarrow a=۲\times۱۰^{۱۳}\,m/s^۲$$

۳ زمان جابه‌جایی ۱۰cm را با شتاب $۲\times۱۰^{۱۳}\,m/s^۲$ به کمک معادلهٔ حرکت با شتاب ثابت به دست می‌آوریم:

$$\Delta x=\frac{۱}{۲}at^۲\Rightarrow ۰/۱=\frac{۱}{۲}\times۲\times۱۰^{+۱۳}t^۲\Rightarrow t^۲=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow t=۱۰^{-۷}\,s$$

$$t=۱۰^{-۷}\times\underbrace{۱۰^۹}_{\text{برای تبدیل به نانوثانیه}}\Rightarrow t=۱۰۰\,ns$$

یادآوری تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی قرینهٔ کار نیروی میدان است. $\Delta U_E=-W_E$.

۴ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی خواهد شد:

$$\Delta U_E=-(F_E d)\Rightarrow \Delta U_E=-۲\times۱۰^{-۱۷}\times۰/۱$$

$$\Rightarrow \Delta U_E=-۲\times۱۰^{-۱۸}\,J\Rightarrow \Delta U_E=-۲\times۱۰^{-۱۸}\,J\times\frac{۱\,eV}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,J}$$

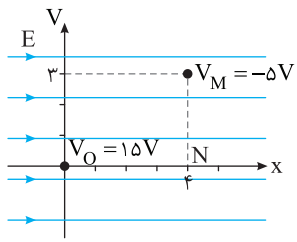
$$\Rightarrow \Delta U_E=-۱۲/۵\,eV$$

ضریب تبدیل ژول به eV

۳۱ B ۳

یادآوری هرگاه در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شویم پتانسیل نقاط فضا کاهش می‌یابد.

در حرکت از مبدأ تا نقطهٔ M(۴,۳)، پتانسیل الکتریکی از ۱۵V به −۵V کاهش یافته بنابراین باید جهت میدان الکتریکی در جهت مثبت محور xها باشد.



نکته نقاط واقع بر خط عمود بر میدان الکتریکی هم‌پتانسیل هستند.

فقط M و N روی خط MN عمود بر خطوط میدان قرار دارند و پتانسیل آن‌ها یکی است. بنابراین: $V_N-V_O=V_M-V_O=-۵-(+۱۵)=-۲۰V$

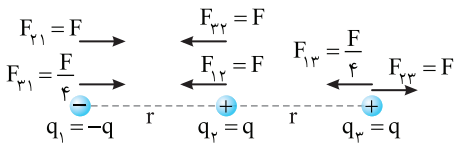
یادآوری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در میدان الکتریکی برابر $|\Delta V|=Ed$ است.

بزرگی میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

$$۲۰=E(d_{NO})\Rightarrow ۲۰=E(۰/۰۴)\Rightarrow E=\frac{۲۰۰۰}{۴}=۵۰۰\,N/C$$

۳۲ B ۴

خط فکری بارها را نامگذاری کنید و بردارهای نیرویی که بر هر بار توسط دو بار دیگر وارد می‌شود را رسم کنید تا بتوانید مشخص کنید بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین نیروی خالص بر کدام بارها وارد می‌شود. اگر نیروی بین دو بار q به فاصلهٔ r را برابر F بگیریم نیروی بین دو بار $-q$ و $+q$ که در فاصلهٔ ۲r از هم قرار دارند برابر $\frac{F}{۴}$ می‌شود. با توجه به این نکات مسئله قابل حل است.



۱ نیروهای وارد بر $q_۲=q$ که در وسط دو بار دیگر است هم‌جهت بوده و نیروی خالص وارد بر $q_۲$ برابر است با:

$$F_۲=F+F=۲F$$

۲ اندازهٔ نیروی خالص وارد بر $q_۱$ خواهد شد:

$$F_۱=F+\frac{F}{۴}=۵\frac{F}{۴}$$

۳ نیروهای وارد بر بار $q_۳$ در خلاف جهت هم بوده و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ خواهد شد:

$$F_۳=F-\frac{F}{۴}=\frac{۳}{۴}F$$

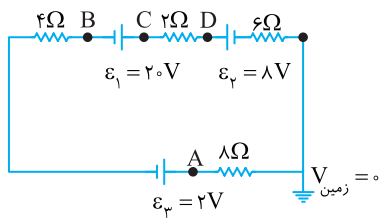
۴ بنابراین بزرگ‌ترین نیرو ۲F و کوچک‌ترین نیرو $\frac{۳}{۴}F$ است از این رو:

$$\frac{۲F}{\frac{۳F}{۴}}=\frac{۸}{۳}$$

۳۳ B ۳

به مدار نگاه کنید. نیروی محرکهٔ $\varepsilon_۱=۲۰V$ از مجموع نیروهای محرکهٔ دو باتری $\varepsilon_۲$ و $\varepsilon_۳$ $(\varepsilon_۲+\varepsilon_۳=۸+۲=۱۰V)$ بزرگ‌تر بوده و جهت جریان ساعتگرد و اندازهٔ جریان الکتریکی مدار خواهد شد:

$$I=\frac{\varepsilon_۱-(\varepsilon_۲+\varepsilon_۳)}{R_{eq}}\Rightarrow I=\frac{۲۰-۱۰}{۴+۲+۶+۸}\Rightarrow I=\frac{۱۰}{۲۰}=۰/۵A$$



یادآوری پتانسیل الکتریکی هر نقطه از مدار یعنی اختلاف پتانسیل بین آن نقطه و اتصال به زمین.

به ترتیب پتانسیل الکتریکی نقاط A، B، C و D را حساب می‌کنیم.

پتانسیل نقطهٔ A: از A تا اتصال زمین در خلاف جهت جریان قدم می‌زنیم.

$$V_A+۸\times۰/۵=۰\Rightarrow V_A=-۴V$$

پتانسیل نقطهٔ B: از B در جهت جریان قدم می‌زنیم.

$$V_B+۲۰-۰/۵\times۲-۸-۰/۵\times۶=۰\Rightarrow V_B=-۸V$$

پتانسیل نقطهٔ C:

$$V_C-۰/۵\times۲-۸-۰/۵\times۶=۰\Rightarrow V_C=۱۲V$$

پتانسیل نقطهٔ D:

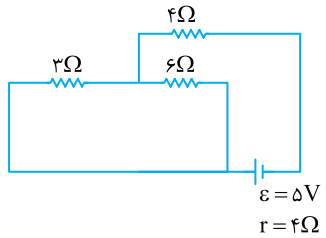
$$V_D-۸-۰/۵\times۶=۰\Rightarrow V_D=۱۱V$$

بنابراین پتانسیل نقطهٔ C از بقیهٔ نقاط بیشتر است.

میانبر باتری $\varepsilon_۱$ مولد بوده و نقطهٔ C از قطب مثبت آن کمترین فاصله را دارد بنابراین پتانسیل آن نسبت به نقاط دیگر بیشتر است.

۳۴ B **۱**

خط فکری برای یافتن توان تولیدی باتری $(P=\varepsilon I)$ ابتدا باید مقاومت معادل را در هر حالت حساب کنید سپس جریان مدار را به‌دست بیاورید تا بتوانید مقدار P در آن حالت را معین کنید.



حالت اول: دو دست مقاومت‌های ۳Ω و ۶Ω در دست هم بوده و این دو مقاومت موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:

$$R_{۳۶}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

مقاومت ۴Ω با مقاومت معادل ۳ و ۶ اهمی متوالی است، بنابراین مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq}=۲+۴=۶\Omega$$

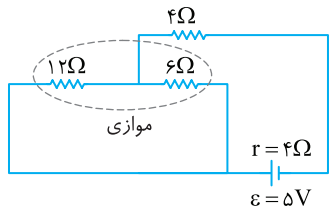
جریان مدار را حساب می‌کنیم.

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

توان تولیدی باتری خواهد شد:

$$P=\varepsilon I_{۱}\Rightarrow P=۵\times۰/۵=۲/۵\,W$$

حالت دوم: با قرار دادن مقاومت ۱۲Ω به جای ۳Ω مقاومت معادل خواهد شد:



$$R'_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}+۴\Rightarrow R'_{eq}=۴+۴=۸\Omega$$

جریان مدار را حساب می‌کنیم

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۵}{۸+۴}\Rightarrow I'=\frac{۵}{۱۲}A$$

توان تولیدی باتری را به‌دست می‌آوریم.

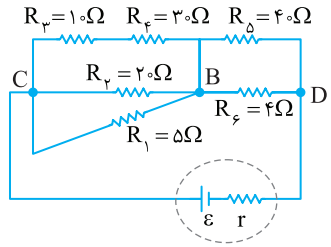
$$P'=\varepsilon I'\Rightarrow P'=۵\times\frac{۵}{۱۲}\Rightarrow P'=\frac{۲۵}{۱۲}W$$

تغییر توان تولیدی باتری را حساب می‌کنیم.

$$P-P'=\frac{۵}{۲}-\frac{۲۵}{۱۲}\Rightarrow\Delta P=\frac{۳۰-۲۵}{۱۲}\Rightarrow\Delta P=\frac{۵}{۱۲}W$$

۳۵ B **۴**

در یک نگاه دقیق به شکل مسئله مشخص است که جریان کل مدار در انشعاب C به سرشاخه و در انشعاب D به دو شاخه تقسیم می‌شود و سهم مقاومت $R_{۶}=۴\Omega$ از جریان کل مدار از بقیهٔ مقاومت‌ها بیشتر بوده و با توجه به رابطهٔ $P=RI^{۲}$ توان این مقاومت از بقیه بیشتر است.



۱ ابتدا مقاومت معادل هر قسمت را حساب می‌کنیم.

مقاومت‌های $R_{۳}$ و $R_{۴}$ متوالی هستند.

$$R_{۳۴}=۱۰+۳۰=۴۰\Omega$$

مقاومت‌های $R_{۳۴}$ و $R_{۲}$ و $R_{۱}$ موازی هستند.

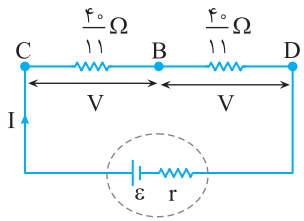
$$\frac{۱}{R_{CB}}=\frac{۱}{۵}+\frac{۱}{۲۰}+\frac{۱}{۴۰}=\frac{۸+۲+۱}{۴۰}\Rightarrow R_{CB}=\frac{۴۰}{۱۱}\Omega$$

مقاومت معادل بین B و D خواهد شد:

$$\frac{۱}{BD}=\frac{۱}{۴۰}+\frac{۱}{۴}=\frac{۱+۱۰}{۴۰}\Rightarrow R_{DB}=\frac{۴۰}{۱۱}\Omega$$

۲ بنابراین شکل مدار به صورت زیر است. مقاومت‌های R_{DB} و R_{CB} با هم برابر بوده از این رو ولتاژ دو سر هر دو مقاومت یکسان است.

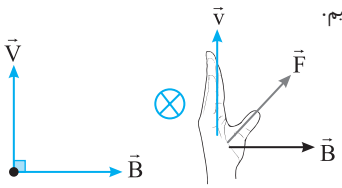
$$V_{CB}=V_{BD}=V$$



وقتی ولتاژ دو سر مقاومت‌ها برابر است با توجه به رابطهٔ $P=\frac{V^{۲}}{R}$، مقاومت کوچک‌تر دارای توان مصرفی بیشتری است، بنابراین توان مصرفی مقاومت $R_{۶}=۴\Omega$ از بقیه بیشتر است.

۳۶ A **۱**

یادآوری برای به دست آوردن جهت نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذرهٔ باردار مثبت ۴ انگشت باز دست راست را در جهت v قرار داده به طوریکه کف دست در جهت میدان مغناطیسی باشد، در این صورت شصت دست راست جهت نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد، البته اگر بار ذره منفی باشد، جهت به دست آورده را قرینه می‌کنیم و یا از دست چپ استفاده می‌کنیم.

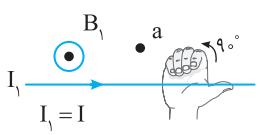


چون بار الکترون منفی است، جهت نیرو قرینه شده و برونسو است.

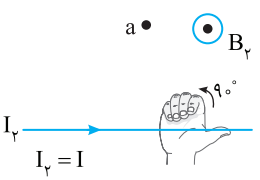
۳۷ B **۲**

یادآوری برای به دست آوردن جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان، انگشت باز شست دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم به گونه‌ای که چهار انگشت دست راست در جهت خط واصل بین سیم و نقطه‌ای که میدان در آن خواسته شده قرار گیرد، حال اگر چهار انگشت دست راست را ۹۰° خم کنیم، جهت میدان مغناطیسی در آن نقطه به دست می‌آید:

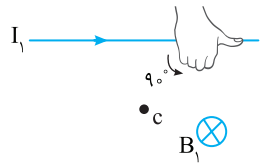
الف) میدان مغناطیسی سیم $I_{۱}$ و $I_{۲}$ در نقطهٔ a:



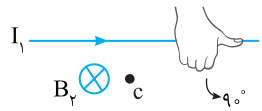
هر دو میدان برونسو بوده بنابراین میدان در نقطهٔ a برونسو است.



ب) میدان مغناطیسی در نقطهٔ c ناشی از I_1 و I_2 :

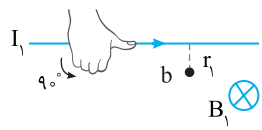


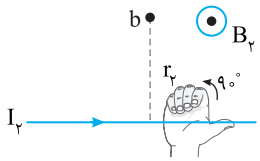
هر دو میدان در نقطهٔ c درونسو بوده بنابراین میدان در نقطهٔ c درونسو است.



نکته میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست با جریان سیم رابطهٔ مستقیم و با فاصله رابطهٔ عکس دارد.

پ) میدان مغناطیسی در نقطهٔ b ناشی از سیم I_1 درونسو و ناشی از سیم I_2 برونسوست.





جریان دو سیم برابر اما نقطهٔ b از سیم (۲) دورتر است، پس $B_1 > B_2$ بوده و میدان خالص در جهت میدان قوی‌تر یعنی درونسو خواهد بود.

۳۸ B **۳**

۱ با توجه به تعریف ظرفیت خازن:

$$C=\frac{q}{V}\Rightarrow q=CV\Rightarrow\begin{cases}q_1=CV_1\\q_2=CV_2\end{cases}\Rightarrow\Delta q=C\Delta V$$

با توجه به فرض مسئله $\Delta V=1V$ و $C=8\mu F$ است بنابراین: $\Delta q=8\times1=8\mu C$

۲ تغییر تعداد الکترون‌های هر صفحه را حساب می‌کنیم:

$$\Delta q=ne\xrightarrow{e=1/6\times10^{-19}}8\times10^{-6}=n\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow n=5\times10^{13}$$

۳۹ B **۱**

خط فکری ابتدا به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی $(W_E=\Delta K)$، کار نیروی میدان الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار را حساب کنید. کار نیروی میدان الکتریکی قرینهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره است. $(W_E=-\Delta U_E)$ بنابراین با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی $(\Delta V=\frac{\Delta U}{q})$ مسئله را حل کنید.

۱ تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی میدان الکتریکی است و کار این نیرو، خواهد شد:

$$W_E=\Delta K\Rightarrow W_E=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2\xrightarrow[v_1=10m/s\,,\,v_2=20m/s]{m=4\times10^{-9}kg}$$

$$W_E=\frac{1}{2}\times4\times10^{-9}(400-100)\Rightarrow W_E=6\times10^{-7}J$$

۲ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره برابر است با:

$$W_E=-\Delta U_E\Rightarrow\Delta U_E=-6\times10^{-7}J$$

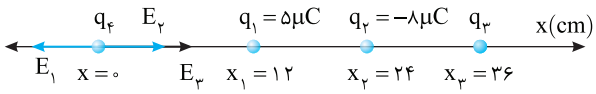
۳ اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B را حساب می‌کنیم.

$$V_B-V_A=\frac{\Delta U}{q}\xrightarrow{q=5\times10^{-9}C}V_B-V_A=\frac{-6\times10^{-7}}{5\times10^{-9}}$$

$$\Rightarrow V_B-V_A=-120V$$

۴۰ B **۲**

میدان الکتریکی بار q_1 در محل q_4 به سمت چپ (خلاف محور xها) و میدان الکتریکی بار q_2 در محل q_4 به سمت راست (در جهت محور xها) بوده و با آنکه $|q_2|>|q_1|$ است اما چون فاصله q_2 تا q_4، دو برابر فاصلهٔ q_1 تا q_4 است بنابراین میدان بار q_2 از بار q_1 ضعیف‌تر است از این رو باید میدان الکتریکی بار q_3 در جهت میدان q_2 یعنی رو به راست باشد. بنابراین بار q_3 باید منفی باشد. از این رو می‌توان نوشت:



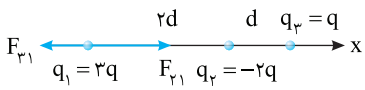
$$E_3=E_1-E_2\xrightarrow{E=k\frac{|q|}{r^2}}\frac{kq_3}{(36)^2}=\frac{k(5)}{(12)^2}-\frac{k(8)}{(24)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{دو طرف را در }(12)^2\text{ ضرب می‌کنیم}}\frac{q_3}{3^2}=\frac{5}{1}-\frac{8}{2^2}\Rightarrow\frac{q_3}{9}=5-2\Rightarrow|q_3|=27$$

$$\Rightarrow q_3=-27\mu C$$

۴۱ B **۳**

۱ نیروی وارد بر بار $q_1=3q$ از طرف دو بار دیگر را رسم کرده و مقدار نیروها را به دست می‌آوریم.



q_3 بار q_1 را می‌راند.

$$F_{31}=k\frac{|q_1||q_3|}{(3d)^2}\Rightarrow F_{31}=k\frac{3q\times q}{9d^2}=k\frac{q^2}{3d^2}$$

q_2 بار q_1 را می‌رباید.

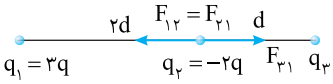
$$F_{21}=k\frac{|q_3||q_2|}{(2d)^2}\Rightarrow F_{21}=k\frac{2q\times3q}{(2d)^2}\Rightarrow F_{21}=\frac{3}{2}k\frac{q^2}{d^2}$$

۲ نیروهای F_{21} و F_{31} در خلاف جهت هم بوده اندازهٔ برآیند آن‌ها از تفاضل آن‌ها به دست می‌آید و بنا به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$F=F_{21}-F_{31}\Rightarrow F=\frac{3}{2}k\frac{q^2}{d^2}-k\frac{q^2}{3d^2}\Rightarrow F=\frac{9-2}{6}k\frac{q^2}{d^2}\Rightarrow F=\frac{7}{6}k\frac{q^2}{d^2}$$

این نیرو در جهت مثبت محور xهاست.

۳ نیروهای وارد بر بار $q_2=-2q$ را رسم کرده، اندازهٔ آن‌ها را به دست آورید. سپس برایند آن‌ها را حساب کنید.



نیرویی که q_1 بر q_2 وارد می‌کند با نیرویی که q_2 بر q_1 وارد می‌کند برابر است.

$$F_{12}=F_{21}=\frac{3}{2}k\frac{q^2}{d^2}$$

نیرویی که q_3 بر q_2 وارد می‌کند خواهد داشت:

$$F_{32}=k\frac{|q_2||q_3|}{d^2}\Rightarrow F_{32}=k\frac{2q\times q}{d^2}=2k\frac{q^2}{d^2}$$

۴ برایند نیروهای وارد بر بار q_2 را به دست می‌آوریم.

$$F'=F_{32}-F_{12}=2\frac{kq^2}{d^2}-\frac{3}{2}k\frac{q^2}{d^2}\Rightarrow F'=\frac{1}{2}k\frac{q^2}{d^2}$$

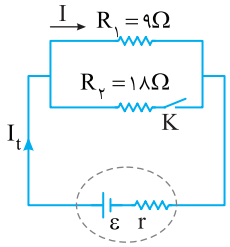
این نیرو در جهت مثبت محور xهاست.

۵ اکنون F' را بر F تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{F'}{F}=\frac{\frac{1}{2}k\frac{q^2}{d^2}}{\frac{7}{6}k\frac{q^2}{d^2}}=\frac{3}{7}\Rightarrow F'=\frac{3}{7}F$$

۴۲ B

۱ کلید K بسته: در این حالت مقاومت‌های $R_1=9\Omega$ و $R_2=18\Omega$ با هم موازی هستند و در مقاومت‌های موازی، جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود بنابراین وقتی جریان مقاومت 9Ω، $I=2A$ است جریان مقاومت 18Ω نصف I یعنی $1A$ بوده و جریان کل مدار برابر خواهد شد با:



$$I_t=2+1=3A$$

۲ مقاومت معادل مدار در این حالت خواهد شد:

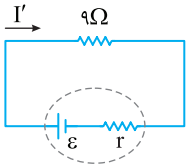
$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{9}+\frac{1}{18}\Rightarrow\frac{1}{R_{eq}}=\frac{2+1}{18}\Rightarrow R_{eq}=6\Omega$$

۳ جریان مدار در این حالت برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow 3=\frac{\varepsilon}{6+r}\qquad (I)$$

۴ کلید K باز: تنها مقاومت مدار $R_1=9\Omega$ است که بنا به فرض مسئله جریان آن $0/25A$ افزایش می‌یابد و برابر $I'=2+0/25=2/25A$ می‌شود.

از این رو می‌توان نوشت:



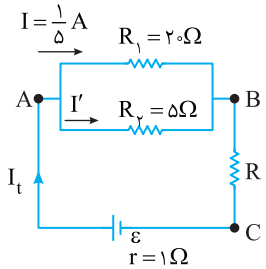
$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}}\Rightarrow 2/25=\frac{\varepsilon}{9+r}\qquad (II)$$

۵ رابطهٔ (I) را بر رابطهٔ (II) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{3}{2/25}=\frac{\frac{\varepsilon}{6+r}}{\frac{\varepsilon}{9+r}}\Rightarrow\frac{4}{3}=\frac{9+r}{6+r}\Rightarrow 24+4r=27+3r\Rightarrow r=3\Omega$$

۴۳ B

به شکل نگاه کنید.



۱ اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 20Ω همان اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B است از این رو:

$$V_{AB}=IR_1\Rightarrow V_{AB}=\frac{1}{5}\times 20=4V$$

۲ ولتاژ دو سر مقاومت 5Ω نیز $4V$ بوده و جریان آن خواهد شد:

$$V=I'R_2\Rightarrow 4=I'\times 5\Rightarrow I'=\frac{4}{5}A$$

۳ جریان مدار را حساب می‌کنیم.

$$I_t=I+I'=\frac{1}{5}+\frac{4}{5}\Rightarrow I=1A$$

۴ اختلاف پتانسیل دو سر باتری خواهد شد:

$$V=V_{AB}+V_{BC}\Rightarrow V=4+3=7V$$

۵ اکنون می‌توان نیروی محرکه باتری را به دست آورد.

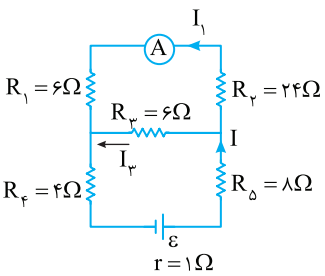
$$V=\varepsilon-Ir\Rightarrow 7=\varepsilon-1\times 1\Rightarrow\varepsilon=8V$$

۴۴ C

خط فکری با مسئله‌ای طولانی سروکار داریم. ابتدا در حالت کلید باز باید مقاومت مدار را بررسی کنید و جریان گذرنده از آمپرسنج را برحسب جریان کل مدار را به دست بیاورید. سپس در حالت کلید بسته، همین مسیر را طی کنید و مسئله را حل کنید. دقت کنید ε (نیروی محرکه باتری) پارامتری است که در محاسبات حذف خواهد شد.

یادآوری آمپرسنج آرمانی شبیه یک سیم بدون مقاومت فرض می‌شود.

۱ کلید باز: در این حالت مدار به شکل روبه‌رو درمی‌آید.



که در آن مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی و با مقاومت R_3 موازی هستند.

$$R_{1,2}=R_1+R_2=6+24\Rightarrow R_{1,2}=30\Omega$$

$$\frac{1}{R_{1,2,3}}=\frac{1}{R_{1,2}}+\frac{1}{R_3}\Rightarrow\frac{1}{R_{1,2,3}}=\frac{1}{30}+\frac{1}{6}=\frac{1+5}{30}\Rightarrow R_{1,2,3}=5\Omega$$

۲ مقاومت معادل $R_{1,2,3}$ با مقاومت‌های R_4 و R_5 متوالی بوده مقاومت کل مدار خواهد شد.

$$R_{eq}=R_{1,2,3}+R_4+R_5\Rightarrow R_{eq}=5+4+8\Rightarrow R_{eq}=17\Omega$$

۳

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{17+1}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{18}$$

۴ در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

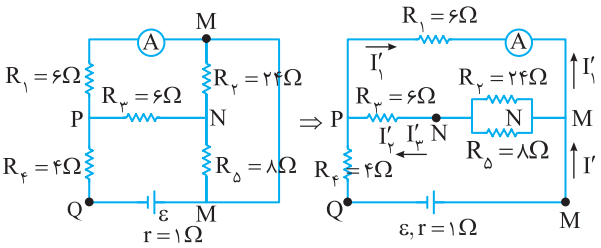
$$\frac{I_1}{I_3}=\frac{R_3}{R_{1,2}}\Rightarrow\frac{I_1}{I_3}=\frac{6}{30}\Rightarrow I_3=5I_1\xrightarrow{I=I_1+I_3}\frac{\varepsilon}{18}=I_1+5I_1$$

$$\Rightarrow I_1=\frac{1}{6}\left(\frac{\varepsilon}{18}\right)$$

نگران نباشید تازه در ابتدای مسیر حل مسئله هستیم.

کلید K بسته:

۵ در این حالت با نام‌گذاری نقاط مدار را باید مجدداً رسم کنیم تا بتوانیم موازی و متوالی بودن مقاومت‌ها را تشخیص بدهیم.



۶ باید مقاومت معادل را حساب کنیم.

R_2 و R_5 موازی هستند.

$$R_{2,5}=\frac{24\times 8}{24+8}\Rightarrow R_{2,5}=6\Omega$$

مقاومت R_3 با $R_{2,5}$ متوالی:

$$R_{2,3,5}=6+6\Rightarrow R_{2,3,5}=12\Omega$$

مقاومت R_1 با $R_{2,3,5}$ موازی:

$$R_{1,2,3,5}=\frac{6\times 12}{6+12}\Rightarrow R_{1,2,3,5}=4\Omega$$

مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R'_{eq}=R_{1,2,3,5}+R_4=4+4\Rightarrow R'_{eq}=8\Omega$$

۷ جریان مدار در این حالت برابر است با:

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}}\Rightarrow I'=\frac{\varepsilon}{8+1}\Rightarrow I'=\frac{\varepsilon}{9}$$

۸ جریان کل مدار به نسبت ۲ به ۱ بین شاخهٔ آمپرسنج و شاخهٔ موازی با آن تقسیم می‌شود یعنی جریان I به سه قسمت تقسیم شده و دو قسمت آن از آمپرسنج می‌گذرد.

$$I'_1 = 2\times\frac{I}{3} \Rightarrow I'_1 = \frac{2}{3}\frac{\varepsilon}{9}$$

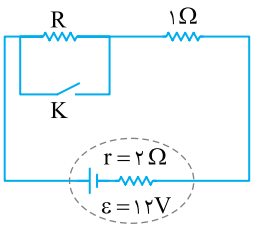
۹ اکنون نسبت $\frac{I'_1}{I_1}$ را به دست می‌آوریم.

$$\frac{I'_1}{I_1} = \frac{\frac{2}{3}\frac{\varepsilon}{9}}{\frac{1}{6}\frac{\varepsilon}{18}} \Rightarrow \frac{I'_1}{I_1} = 8$$

B ۴۵ ۲

یادآوری هرگاه در یک مدار توان خروجی باتری برای R_1 و R_2 یکسان باشد. بین مقاومت درونی باتری (r) و مقاومت‌های R_1 و R_2 رابطه زیر برقرار است:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$



وقتی کلید باز است مقاومت کل مدار $R_1 = R + 1$ است.

وقتی کلید وصل است مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود در این حالت مقاومت کل مدار برابر $R_2 = 1\Omega$ است.

توان خروجی در دو حالت R_1 و R_2 (قطع و وصل کلید) برابر است، از این رو:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \Rightarrow 2 = \sqrt{(R+1)\times 1} \Rightarrow 4 = R + 1 \Rightarrow R = 3\Omega$$