

۴ الف) با توجه به تعریف میدان الکتریکی:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{6 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-8}} \Rightarrow E = 2000 \text{ N/C}$$

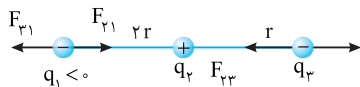
ب) نیروی وارد بر بار خواهد شد:

$$F = qE \Rightarrow F = 12 \times 10^{-8} \times 2000 \Rightarrow F = 24 \times 10^{-6} \text{ N}$$

۵ با توجه به نمودار، اندازه میدان در فاصله ۲m از ذره باردار را داریم:

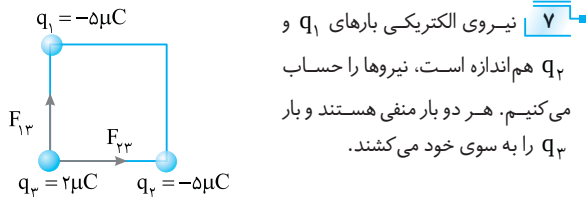
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 4 \times 10^3 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{4} \Rightarrow |q| = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

۶ الف)  $q_3$  منفی و  $q_2$  مثبت است:



برایند نیروهای وارد بر  $q_3$  صفر است، بنابراین جهت نیروهای وارد بر  $q_3$  توسط  $q_1$  و  $q_2$  در خلاف جهت هم است، بنابراین بار  $q_2$  و بار  $q_1$  ناهمنام هستند و در نتیجه  $q_2$  مثبت است. از طرفی نیروی خالص وارد بر  $q_2$  نیز صفر است بنابراین نیرویی که بار  $q_1$  و  $q_3$  بر  $q_2$  وارد می کنند در خلاف جهت هم است. بنابراین باید  $q_3$  یا  $q_1$  همنام بوده و  $q_3$  منفی است.

ب) بار  $q_1$  از دو بار دیگر بزرگتر است.



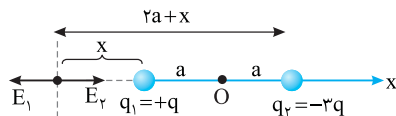
$$F = k \frac{|q||q'|}{r^2} \Rightarrow F_{12} = F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9}$$

$$\Rightarrow F_{12} = F_{13} = 10^{-2} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = 10^{-2} \vec{i} + 10^{-2} \vec{j}$$

۸ الف)

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{x^2} = k \frac{|q_2|}{(2a+x)^2} \Rightarrow \frac{q}{x^2} = \frac{3q}{(2a+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{\sqrt{3}}{x+2a}$$

$$x = \frac{2}{\sqrt{3}-1} a \Rightarrow x = (\sqrt{3}+1)a$$



$$\vec{E} = k \frac{q}{a^2} \vec{i} + k \frac{3q}{a^2} \vec{i} \Rightarrow \vec{E} = 4k \frac{q}{a^2} \vec{i}$$

۹ الف) کاهش ب) افزایش پ) کاهش ت) مثبت

۱۰ خازن به باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر آن ثابت است.

| ظرفیت  | بار  | ولتاژ | خازن |
|--------|------|-------|------|
|        | کاهش |       | الف) |
| افزایش |      | ثابت  | ب)   |

$$\downarrow C = \epsilon_0 \frac{A}{d \uparrow}, \downarrow Q = \downarrow CV \quad \uparrow C = \uparrow \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}, V = \text{ثابت}$$

## پاسخ تشریحی سؤالات بازی با سؤال

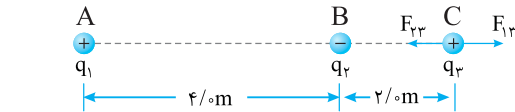
۱ بر بار  $q_3$  از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$  نیرو وارد می شود. در شکل نیروهای وارد بر  $q_3$  را رسم کرده ایم.

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 4 \times 10^{-12}}{36} = 2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 4 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نیروهای  $F_{13}$  و  $F_{23}$  در خلاف جهت هم هستند و اندازه نیروی برآیند وارد بر

$$q_3 \text{ خواهد شد: } F_p = F_{23} - F_{13} = (9 - 2 \times 10^{-3}) \times 10^{-3} \text{ N} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$



۲ هر سه ذره باردار روی محور y قرار گرفته اند، بنابراین راستای نیروی وارد بر بار  $q_2$  در امتداد محور y خواهد بود. بر بار  $q_2$  از طرف بار  $q_3$  نیروی جاذبه و از طرف بار  $q_1$  نیروی دافعه وارد می شود.

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-12}}{25} = 216 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

بردارهای  $\vec{F}_{12}$  و  $\vec{F}_{23}$  را بر حسب بردارهای یک می نویسیم:

$$\vec{F}_{12} = +216 \times 10^{-3} \vec{j}, \vec{F}_{23} = -9 \times 10^{-3} \vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_2 = (216 - 9) \times 10^{-3} \Rightarrow \vec{F}_2 = -6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

۳ بار  $q_1$ ، بار  $q_3$  را جذب می کند و بار  $q_2$ ، بار  $q_3$  را دفع می کند. در شکل بردارهای  $\vec{F}_{13}$  و  $\vec{F}_{23}$  رسم شده اند. بردار  $\vec{F}_{13}$  در راستای  $\vec{i}$  و بردار  $\vec{F}_{23}$  در راستای  $\vec{j}$  و در خلاف جهت آن است.

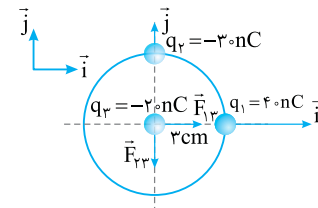
$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 2 \times 10^{-18}}{9 \times 10^{-4}} = 8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{13} = 8 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{13} = 8 \times 10^{-3} \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-18}}{9 \times 10^{-4}} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{23} = 6 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{23} = -6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_3 = 8 \times 10^{-3} \vec{i} - 6 \times 10^{-3} \vec{j}$$



۲۰- شیب نمودار B، بیشتر از شیب نمودار A است.

در نمودار I-V، شیب برابر  $\frac{1}{R}$  است، در نتیجه:

$$\frac{1}{R_B} > \frac{1}{R_A} \Rightarrow R_B < R_A \Rightarrow \rho_B \frac{L_B}{A_B} < \rho_A \frac{L_A}{A_A}$$

$$\frac{\rho_A = \rho_B}{L_A = L_B} \Rightarrow \frac{1}{A_B} < \frac{1}{A_A} \Rightarrow A_B > A_A$$

۲۱- جهت جریان از A به B است. (جهت جریان در جهت حرکت بار مثبت و در خلاف جهت حرکت الکترون‌هاست که از زمین به کره منتقل شده و بار آن

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I = \frac{0.5}{0.2} = 2.5 \text{ A} \quad \text{را خنثی می‌کنند.}$$

$$Q = It \Rightarrow 1000 \times 10^{-3} = 1000 \times 10^{-6} t \Rightarrow t = 10^{-3} \text{ s}$$

$$R = \frac{V}{I_1} \Rightarrow R = \frac{1.5}{0.3} \Rightarrow R = 5 \Omega \quad \text{(الف)}$$

$$I' = \frac{V'}{R} \Rightarrow I' = \frac{1.2}{5} \Rightarrow I' = 0.24 \text{ A} \quad \text{(ب)}$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ A} \quad \text{(الف)}$$

$$Q = It \Rightarrow ne = It \Rightarrow n = \frac{It}{e} = \frac{0.8 \times 30}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.5 \times 10^{21} \text{ الکترون}$$

۲۵- در حالت اول ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

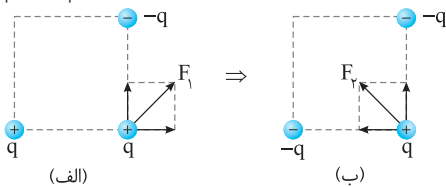
$$\begin{cases} V_1 = \mathcal{E} \\ V_2 = \mathcal{E} - Ir \end{cases} \Rightarrow V_1 > V_2$$

۲۶- در سری الکتریسیته مالشی، ابریشم پایین‌تر از شیشه قرار دارد و اگر شیشه را با ابریشم مالش دهیم شیشه دارای بار مثبت می‌شود و وقتی شیشه را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم، بارهای مثبت شیشه، بارهای مثبت کلاهک را دفع کرده و بار ورقه‌ها بیشتر شده و ورقه‌ها از هم دورتر می‌شوند.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 2/7 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$r^2 = 0.04 \Rightarrow r = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

۲۸- جهت نیرو را در قسمت‌های (الف) و (ب) در زیر رسم کرده‌ایم.



نیروی خالص ۹۰ درجه در خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

۲۹- در شکل (الف) تراکم خطوط میدان بیشتر و میدان قوی‌تر است.

$$\Delta K = W \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 = F_E d \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 = qEd$$

$$\Delta U = q\Delta V \Rightarrow \Delta U = 3 \times 10^{-6} - (10 - (-40)) \Rightarrow \Delta U = 9 \times 10^{-5} \text{ J}$$

۳۱- ثابت (الف) (زیرا خازن از باتری جدا شده است) (ب) افزایش (با خارج کردن دی الکتریک ظرفیت خازن کاهش می‌یابد و  $\uparrow V = \frac{Q}{C \downarrow}$  کاهش

| بار الکتریکی | اختلاف پتانسیل | انرژی خازن | ظرفیت خازن |
|--------------|----------------|------------|------------|
| ثابت         | افزایش         |            | کاهش       |

$$W_E = \Delta K \Rightarrow |q|Ed \cos \theta = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^2 \times 0.1 \times \cos 18^\circ = 0 - \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} \times v^2$$

$$\Rightarrow v_0 = 2\sqrt{10} \times 10^4 \text{ m/s}$$

۱۲- الف)

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 660 \times 10^{-6} \times (330)^2 \Rightarrow U = 35.937 \text{ J} \sim 35.9 \text{ J}$$

$$P = \frac{U}{t} = \frac{35.9}{10^{-3}} = 3.59 \times 10^4 \text{ J/s} \sim 36 \text{ kW} \quad \text{(ب)}$$

۱۳- الف) ظرفیت خازن خواهد شد:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow C = 1.8 \times 10^{-12} \text{ F}$$

(ب) با توجه به میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow 500 = \frac{V}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow V = 1 \text{ V}$$

۱۴- بار هسته اتم  $^{16}_8\text{C}^{2-}$ ، برابر است با ۸e. (هسته اتم کربن، دارای ۸ پروتون است.)  $q_1 = 8e$

$$\text{بار اتم } C^{+} \text{ برابر است با } 1e. \text{ بنابراین } q_2 = 1e. \frac{q_1}{q_2} = \frac{8e}{e} = 8$$

$$\Delta U = q\Delta V_{(0/15)} \Rightarrow \Delta U = (-5)(12) = -60 \text{ J} \quad \text{(الف)}$$

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times (400)^2 \Rightarrow U = 0.8 \text{ J} \quad \text{(الف)}$$

(ب) در اثر فرویزش خازن، ممکن است خازن بسوزد.

۱۷- الف) در مسیر BC کار نیروی الکتریکی صفر است، زیرا عمود بر خطوط

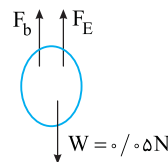
میدان حرکت کرده‌ایم. (ب) کاهش می‌یابد.  $V_A < V_B$

۱۸- نیروی وارد بر بار توسط میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

$$F = |q|E = 4 \times 10^{-6} \times 10^4 \Rightarrow F_E = 0.04 \text{ N}$$

$$W = mg \Rightarrow W = 5 \times 10^{-3} \times 10 = 0.05 \text{ N} \quad \text{نیروی وزن خواهد شد:}$$

$$F_b = W - F_E = 0.05 - 0.04 = 0.01 \text{ N} \quad \text{رو به بالا}$$



۱۹- بار  $-6 \mu\text{C}$  از صفحه منفی جدا شده و به صفحه مثبت اضافه شده است، بنابراین بار روی صفحات خازن کاهش می‌یابد و در نتیجه انرژی ذخیره شده در خازن کاهش می‌یابد. ( $U' < U$ )

$$U - U' = \frac{Q^2}{2C} - \frac{Q'^2}{2C} = 28/5 \Rightarrow \frac{Q^2}{2 \times 12} - \frac{(Q-6)^2}{2 \times 12} = 28/5$$

$$Q^2 - Q'^2 + 12Q - 36 = 2 \times 12 \times 28/5$$

$$12Q = 720 \Rightarrow Q = 60 \mu\text{C}$$

$$C = \frac{Q}{V_1} \Rightarrow 12 = \frac{60}{V_1} \Rightarrow V_1 = 5 \text{ V}$$

۴۱ الف) مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  متوالی هستند، مقاومت‌های  $R_3$  و  $R_4$

$$R_{4,5} = R_{1,2} = 8 + 8 = 16 \Omega \quad R_5 \text{ نیز متوالی هستند.}$$

$$\frac{1}{R_{FH}} = \frac{1}{R_{1,2}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{4,5}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \Rightarrow R_{FH} = 4 \Omega$$

ب) مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  متوالی هستند.

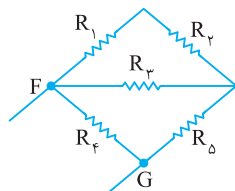
مقاومت  $R_{1,2}$  با مقاومت  $R_3$  موازی است.

$$\frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} \Rightarrow R_{1,2,3} = \frac{16}{3} \Omega$$

مقاومت  $R_{1,2,3}$  با مقاومت  $R_5$  متوالی است.

مقاومت معادل  $R_{1,2,3,5}$  با مقاومت  $R_4$  موازی است و مقاومت معادل بین

$$\frac{1}{R_{FG}} = \frac{3}{40} + \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{1}{R_{FG}} = \frac{3+5}{40} \Rightarrow R_{FG} = 5 \Omega \quad \text{F و G خواهد شد}$$



۴۲ در شکل (الف) متوالی بسته شده‌اند. در شکل (ب) و شکل (پ) دو سر

مقاومت‌ها به پایانه‌های باتری بسته شده و با هم موازی هستند. در شکل (ت) هیچ کدام از مقاومت‌ها با هم متوالی یا موازی نیستند.

۴۳ الف) جهت جریان پادساعتگرد است، بنابراین قطب منفی، پایانه سمت

چپ و قطب مثبت، پایانه سمت راست باتری است. ب) بزرگی جریان در تمام طول سیم و از جمله نقاط a، b و c یکسان است. پ) هرگاه در مدار، همسو با جریان حرکت کنیم، پتانسیل نقاط کاهش می‌یابد، بنابراین:

$$V_b > V_c, \quad V_a < V_c \Rightarrow V_b > V_c > V_a$$

ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل بار با بار q از رابطه  $U = qV$  به دست می‌آید، بنابراین:

$$V_a = V_b = V_c = \varepsilon / 3 \quad \text{۴۴ الف) نادرست. وقتی کلید باز است.}$$

وقتی کلید بسته است، لامپ C اتصال کوتاه می‌شود.

$$V'_C = 0, \quad V'_A = V'_B = \varepsilon / 2$$

یعنی اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌ها تغییر می‌کند.

ب) نادرست. (اختلاف پتانسیل دو سر C صفر می‌شود یعنی ۱۰۰٪ کاهش می‌یابد.) درست. نسبت ولتاژ در دو حالت خواهد شد:

$$\frac{V'_A - V'_B}{V_A} = \frac{\frac{\varepsilon}{2} - \frac{\varepsilon}{2}}{\frac{\varepsilon}{3}} = \frac{0}{\frac{\varepsilon}{3}} = 0 \quad \text{۴۵ ت) درست. (} V'_C = 0 \text{ اتصال کوتاه)}$$

۴۵ طول و جنس دو مقاومت یکسان است، بنابراین مقاومت سیم (۲) که سطح مقطع بزرگ‌تری دارد، کمتر است.

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

دو سیم متوالی هستند و جریان آن‌ها با هم برابر است، از این رو

$$\begin{cases} P_1 = I^2 R_1 \\ P_2 = I^2 R_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} \xrightarrow{R_2 < R_1} P_2 < P_1$$

مقاومت (۱) انرژی بیشتری مصرف می‌کند.

۳۲ رابطه ساختمانی ظرفیت خازن را می‌نویسیم:

$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 18 \times 10^{-9} = 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{6}{d} \Rightarrow d = 1/5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Q = It = 0.18 \times 10^{-3} \times 3600 = Q = 0.64 \text{ C} \quad \text{۳۳ الف)}$$

$$U = QV \Rightarrow U = 0.64 \times 3 \Rightarrow U = 1.92 \text{ J} \quad \text{ب)}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A \frac{L_A}{A_A}}{\rho_B \frac{L_B}{A_B}} \xrightarrow{L_A = L_B, \rho_A = \rho_B} \frac{R_A}{R_B} = \frac{A_B}{A_A}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{\pi(r/5)^2} = \frac{3}{0.25} = 12$$

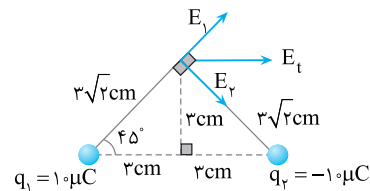
۳۵ آمپرسنج عدد بیشتری نشان داده است بنابراین مقاومت الکتریکی در

اثر افزایش دما، کاهش یافته است، بنابراین میله از جنس نیم‌رسانا است.

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-4}}$$

$$E_1 = E_2 = 5 \times 10^9 \text{ N/C}$$

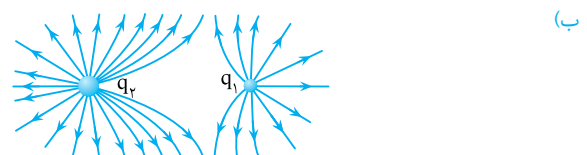
$$E_t = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} E_1 \Rightarrow E_t = 5\sqrt{2} \times 10^9 \text{ N/C}$$



۳۷ الف) میدان در نقطه‌ای بین دو بار و روی خط واصل دو بار صفر می‌شود:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{x^2} = k \frac{|q_2|}{(9-x)^2}$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{4}{(9-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{9-x} \Rightarrow 2x = 9-x \Rightarrow 3x = 9 \Rightarrow x = 3 \text{ cm}$$



۳۸ الف) B تا C ب) کاهش می‌یابد. پ) پتانسیل نقطه A کمتر از پتانسیل

نقطه B است.

۳۹ ظرفیت افزایش می‌یابد و بار الکتریکی روی صفحات ثابت است:

$$\uparrow C = \uparrow \kappa \varepsilon_0 A / d, \quad \downarrow U = \frac{Q^2}{2C \uparrow} \quad \text{الف) انرژی کاهش می‌یابد.}$$

ب) ظرفیت کاهش می‌یابد و بار روی صفحات ثابت است، در نتیجه

$$\downarrow C = \varepsilon_0 \frac{A \downarrow}{d}, \quad \uparrow U = \frac{Q^2}{2C \downarrow} \quad \text{انرژی افزایش می‌یابد.}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1 \times \frac{2L}{L} \times \frac{A}{\frac{A}{2}} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 4 \quad \text{۴۰}$$

۴۶ مقاومت مقاومت معادل خواهد شد:

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

$$R_{eq} = 2 + 4 = 6\Omega \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{6} = 2A$$

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

$$I_3\Omega = 2I_6\Omega \xrightarrow{I_3\Omega + I_6\Omega = 3A} 3I_6\Omega = 3A$$

$$I_6\Omega = 1A, \quad I_3\Omega = 2A, \quad I_4\Omega = 3A$$

۴۷ در ابتدا که کلیدها باز هستند عدد آمپرسنج، صفر و عدد ولت‌سنج برابر

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

نیروی محرکه باتری است. با وصل اولین کلید عدد آمپرسنج

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

افزایش می‌یابد و آمپرسنج عدد بزرگ‌تری نشان می‌دهد. از طرفی با افزایش جریان ولت‌سنج که ولتاژ دو سر باتری را نشان می‌دهد، عدد کمتری را نشان

$$V = \varepsilon - Ir$$

۴۸

$$V_A = IR_A = 0.2 \times 1 = 0.2V$$

$$V_R + V_A = V_V \Rightarrow V_R + 0.2 = 2.4 \Rightarrow V_R = 2.2V$$

$$R = \frac{V_R}{I} \Rightarrow R = \frac{2.2}{0.2} \Rightarrow R = 11\Omega$$

۴۹ الف

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{1/6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{1/6} - \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{R_3} = \frac{10-8}{16} \Rightarrow \frac{1}{R_3} = \frac{2}{16} \Rightarrow R_3 = 8\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{3}{1/6 + 1} \Rightarrow I = \frac{30}{26} = \frac{15}{13}A$$

ب

$$P = RI^2 \Rightarrow P = 1/6 \times \left(\frac{15}{13}\right)^2 \Rightarrow P = 2/13W$$

ب

۵۰ الف آمپرسنج  $A_1$  عدد بیشتری نمایش می‌دهد. زیرا طول مقاومت

مدار آن کمتر است. در نتیجه اندازه مقاومت کوچکتر و جریان مدار بیشتر

$$\downarrow R = \rho \frac{L}{A}, \quad \uparrow I = \frac{V}{R}$$

است.

ب این آزمایش نشان می‌دهد که اندازه مقاومت سیم رسانا با طول آن، رابطه مستقیم دارد.

۵۱

$$\varepsilon = 24V, \quad -r = \frac{-24}{12} \Rightarrow r = 2\Omega$$

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

$$P = RI^2 \Rightarrow P = 10 \times (2)^2 \Rightarrow P = 40W$$

۵۲ ولت‌سنج ایده‌آل مانع عبور جریان از مدار می‌شود، بنابراین آمپرسنج

عدد صفر و ولت‌سنج نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد.

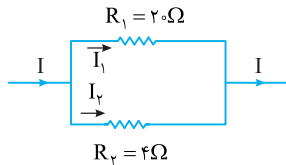
$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \varepsilon$$

۵۳ به کمک رابطه توان جریان  $I_1$  را حساب می‌کنیم.

$$P_1 = R_1 I_1^2 \Rightarrow 5 = 20 I_1^2 \Rightarrow I_1 = 0.5A$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 20 \times 0.5 = 4 I_2 \Rightarrow I_2 = 2.5A$$

$$I = I_1 + I_2 = 0.5 + 2.5 = 3A$$



$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow F = 4 \times 10^{-9} \times 20 \times 120 \times 10^{-3} \sin 60^\circ$$

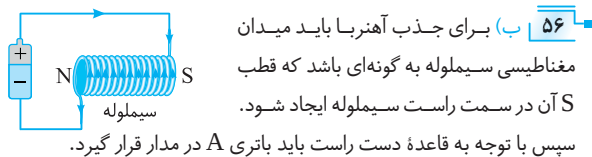
۵۴

$$F = 96 \times 10^{-11} \times 0.8 \Rightarrow F = 8 \times 10^{-11} N$$

۵۵

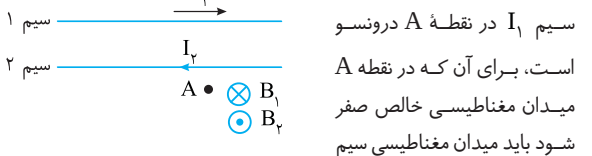
$$F_E = F_B \Rightarrow qE = qvB \sin \theta \Rightarrow 450 = v \times 0.18 \sin 90^\circ$$

$$v = \frac{450}{0.18} \Rightarrow v = \frac{4500}{18} = 250 m/s$$



۵۶ ب

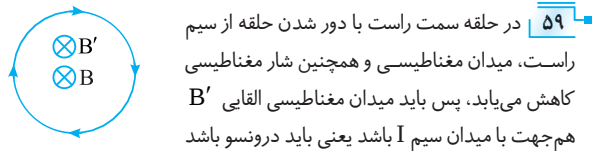
۵۷ ب میدان مغناطیسی



۲ برونسو باشد در نتیجه جریان سیم  $I_2$  به سمت چپ است.

۵۸ برای صفر شدن میدان خالص در نقطه M باید میدان‌ها هم‌اندازه باشند و در خلاف جهت هم.

$$B_Q = B_P \Rightarrow \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{\ell_Q} = \frac{\mu_0 N_P I_P}{\ell_P} \Rightarrow 300 \times 1 = 200 I_P \Rightarrow I_P = 1.5A$$



۵۹

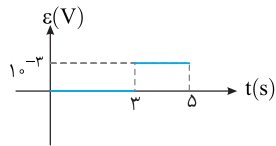
و سوی جریان ساعتگرد است. در حلقه سمت چپ جریان القایی به‌وجود نمی‌آید. زیرا میدان مغناطیسی حاصل از جریان I در مسیری که حلقه در حال حرکت است، تغییر نمی‌کند.

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{(16-8) \times 10^{-4}}{4} \Rightarrow \varepsilon = 2 \times 10^{-4} V$$

۶۰

۶۱

$$|\varepsilon_{av}| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 = N \frac{\Delta BA}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 = 100 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 0.05 \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.2 T/s$$



ب) نمودار  $\varepsilon$ - $t$

$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow \begin{cases} F_1 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 10^{-6} / 165 \times \sin 30^\circ \\ F_1 = 23/3 \times 10^{-9} \text{ N} = 2/33 \times 10^{-8} \text{ N} \\ F_2 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 10^{-6} / 165 \times \sin 90^\circ \\ F_2 = 46/7 \times 10^{-9} \text{ N} = 4/67 \times 10^{-8} \text{ N} \\ F_3 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 10^{-6} / 165 \times \sin 150^\circ \\ \sin 150^\circ = \sin 30^\circ \Rightarrow F_3 = 2/33 \times 10^{-8} \text{ N} \end{cases}$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \Rightarrow 6 \times 10^{-3} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 50 \times 3}{\ell} \Rightarrow \ell = 0.3 \text{ m}$$

$$\varepsilon = -N \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -N \frac{BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{-1000 \times 0.5 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-4} \times (-1)}{0.2} \Rightarrow \varepsilon = 7.5 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$\frac{T}{f} = 0.5 \Rightarrow T = 2s, \quad I_m = 4A$$

$$I = I_m \sin \frac{2\pi t}{T} \Rightarrow I = 4 \sin \frac{2\pi}{2} t \Rightarrow I = 4 \sin \pi t$$

میدان القایی  $B'$  هم جهت بامیدان برونی  $B$   $\Rightarrow \Phi \downarrow \Rightarrow B \downarrow \Rightarrow I \downarrow$   
 (۰/۷۵) جریان القایی پادساعتگرد  $\rightarrow$  لنز

۷۳ الف) حالت (۳) هر دو کلید هم زمان بسته باشند. زیرا در این حالت مقاومت ها موازی می شوند و مقاومت معادل لامپ، به کمترین میزان خود می رسد و طبق رابطه  $P = \frac{V^2}{R}$ ، لامپ بیشترین توان مصرفی را خواهد داشت.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{900} + \frac{1}{450} \Rightarrow R_{eq} = 300 \Omega$$

$$P_{max} = \frac{V^2}{R_{eq}} \Rightarrow P_{max} = \frac{220 \times 220}{300} = \frac{484}{3} \text{ W}$$

$$V_C = V_D \Rightarrow R_C I_1 = R_D I_2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_C}{R_D} = \frac{\rho_C L_C}{\rho_D L_D} \times \frac{A_D}{A_C}$$

$$\frac{\rho_C = \rho_D}{L_C = 2L_D} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 1 \times 2 \times \left(\frac{r_D}{r_C}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 2 \times (2)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 8$$

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi_1 = 0.3 \times 25 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow \Phi_1 = 7.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

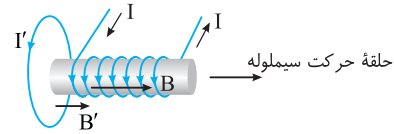
$$\Phi_2 = 0.3 \times 10 \times 10^{-4} \times 1 = 3 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \frac{3 \times 10^{-5} - 7.5 \times 10^{-5}}{0.2} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ Wb/s}$$

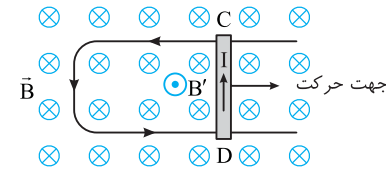
۶۲ طبق قاعده دست راست جهت  $B$  حاصل از  $I$  به سمت چپ است.

$B'$  حلقه با  $B$  هم جهت  $\rightarrow \Phi \downarrow$  بنا به لنز  $\rightarrow$  با دور شدن سیملوله

جهت  $I'$  مطابق شکل است  $\Rightarrow$



۶۳ جریان القایی  $I'$  ساعتگرد  $\Rightarrow B'$  هم جهت  $B$   $\Rightarrow \Phi \downarrow$   
 جریان القایی از  $C$  به  $D$   $\Rightarrow$



۶۴ الف) اندازه میدان خواهد شد:

$$F_{max} = qvB$$

$$\Rightarrow 6/4 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^5 \times B$$

$$B = \frac{6/4}{1/6 \times 2} \Rightarrow B = 0.2 \text{ T}$$

با توجه به قاعده دست راست برای نیروی وارد بر بار منفی، جهت میدان مغناطیسی به سمت غرب است.

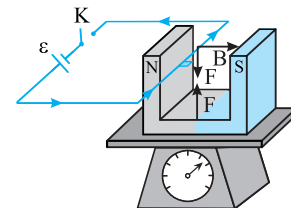
$$F = qE \Rightarrow 6/4 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-19} E$$

$$E = \frac{6/4}{1/6} \times 10^5 \Rightarrow E = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$F = ILB \sin \theta \Rightarrow 1 = I \times 2 \times 0.5 \times \sin 90^\circ \Rightarrow I = 1 \text{ A}$$

با توجه به قاعده دست راست، جریان به سمت چپ است.  
 از  $D$  به  $C$

۶۶ وسایل مورد نیاز: یک سیم راست، باتری، کلید، سیم های رابط، ترازوی دیجیتال و یک آهنربای U شکل. مطابق شکل مدار را می بندیم. وقتی کلید باز است، ترازو وزن آهنربا را نشان می دهد. وقتی کلید را می بندیم، با برقراری جریان در مدار بر قسمتی از سیم که در میدان مغناطیسی آهنربا قرار گرفته از طرف آهنربا، نیروی مغناطیسی وارد می شود. با توجه به جهت جریان و جهت میدان آهنربا، جهت این نیرو رو به پایین است. بنا به قانون سوم نیوتون سیم هم نیروی  $F$  را به آهنربا و رو به بالا وارد می کند که سبب کاهش عدد ترازو نسبت به قبل از بستن کلید می شود. مقدار کاهش عدد ترازو همان اندازه نیروی  $F$  است.



۶۷ الف) در بازه صفر تا ۳s:  $\varepsilon = 0$

در بازه ۳s تا ۵s:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -1 \times \frac{0 - (-2 \times 10^{-3})}{5 - 3} \Rightarrow \varepsilon = +10^{-3} \text{ V}$$