

۴ الف) با توجه به تعریف میدان الکتریکی:

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

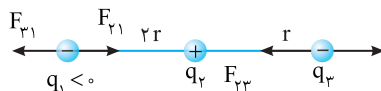
ب) نیروی وارد بر بار خواهد شد:

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

۵) با توجه به نمودار، اندازه میدان در فاصله $2m$ از ذره باردار را داریم:

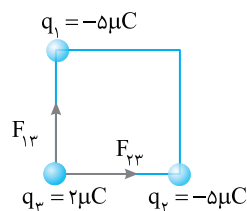
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 4/5 \times 10^2 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{4} \Rightarrow |q| = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

۶ الف) q_2 منفی و q_3 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 بر q_2 وارد می‌کنند در خلاف جهت هم است. بنابراین باید q_3 با q_1 همنام بوده و q_3 منفی است.

ب) بار q_1 از دو بار دیگر بزرگتر است.



۷) نیروی الکتریکی بارهای q_1 و q_2

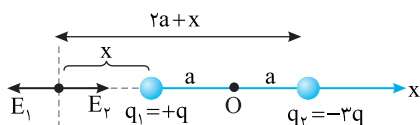
q_2 هم‌اندازه است، نیروها را حساب می‌کنیم. هر دو بار منفی هستند و بار q_3 را به سوی خود می‌کشند.

$$F = k \frac{|q||q'|}{r^2} \Rightarrow F_{12} = F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9} \Rightarrow F_{12} = F_{13} = 10^{-2} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = 10^{-2} \vec{i} + 10^{-2} \vec{j}$$

۸ الف)

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

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



ب)

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

۹ الف) کاهش ب) افزایش ب) 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)

پاسخ تشریحی سؤالات بازی با سؤال

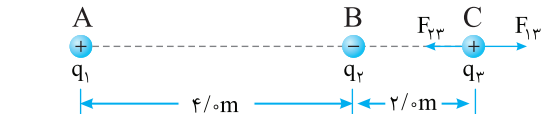
۱) بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 نیرو وارد می‌شود. در شکل نیروهای وارد بر q_3 را رسم کرده‌ایم.

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 4 \times 10^{-12}}{36} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

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

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

$$q_3 \text{ خواهد شد: } F_3 = F_{23} - F_{13} = (9 - 2/5) \times 10^{-3} \text{ N} = 6/5 \times 10^{-3} \text{ N}$$



۲) هر سه ذره باردار روی محور y قرار گرفته‌اند، بنابراین راستای نیروی وارد بر بار q_2 در امتداد محور y خواهد بود. بر بار q_2 از طرف بار q_1 نیروی دافعه وارد می‌شود.

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-12}}{25} = 2/16 \times 10^{-3} \text{ N}$$

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

بردارهای $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{23}$ را برحسب بردارهای یک‌ه می‌نویسیم:

$$\vec{F}_{12} = +2/16 \times 10^{-3} \vec{j}, \vec{F}_{23} = -9 \times 10^{-3} \vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_2 = (2/16 - 9) \times 10^{-3} \Rightarrow \vec{F}_2 = -6/84 \times 10^{-3} \vec{j}$$

۳) بار q_1 ، بار q_3 را جذب می‌کند و بار q_2 ، بار q_3 را دفع می‌کند. در

شکل بردارهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ رسم شده‌اند. بردار $\vec{F}_{13}$ در راستای $\vec{i}$ و بردار $\vec{F}_{23}$ در راستای $\vec{j}$ و در خلاف جهت آن است.

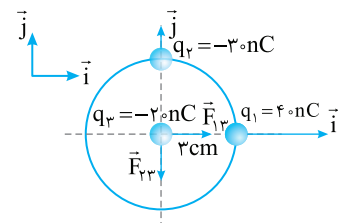
$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 2 \times 10^{-18}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{13} = 8 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{13} = 8 \times 10^{-3} \vec{i}$$

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

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

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

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



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

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

$$12Q = 720 \Rightarrow Q = 60 \mu C$$

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

شیب نمودار B، بیشتر از شیب نمودار A است.

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

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

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

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

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

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

$$R = \frac{V}{I_1} \Rightarrow R = \frac{1/5}{0.3} \Rightarrow R = 5 \Omega \quad \text{(الف)}$$

$$I' = \frac{V'}{R} \Rightarrow I' = \frac{1/2}{5} \Rightarrow I' = 0.24A \quad \text{(ب)}$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{4}{5} = 0.8A$$

$$Q = It \Rightarrow ne = It \Rightarrow n = \frac{It}{e} = \frac{0.8 \times 300}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.5 \times 10^{21} \text{ الکترون}$$

در حالت اول ولتسنج عدد بزرگتری را نشان می دهد.

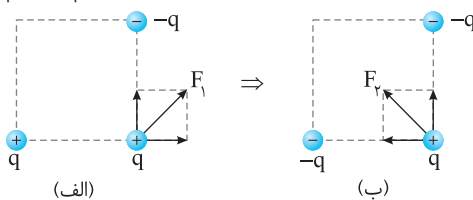
$$\begin{cases} V_1 = \mathcal{E} & \text{عدد ولت سنج قبل از بستن کلید} \\ V_2 = \mathcal{E} - Ir & \text{عدد ولت سنج بعد از بستن کلید} \end{cases} \Rightarrow V_1 > V_2$$

در سری الکتریسیته مالشی، ابریشم پایین تر از شیشه قرار دارد و اگر شیشه را با ابریشم مالش دهیم شیشه دارای بار مثبت می شود و وقتی شیشه را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم، بارهای مثبت شیشه، بارهای مثبت کلاهک را دفع کرده و بار ورقه ها بیشتر شده و ورقه ها از هم دورتر می شوند.

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

$$r^2 = 0.4 \Rightarrow r = 0.2m = 20cm$$

جهت نیرو را در قسمت های (الف) و (ب) در زیر رسم کرده ایم.



نیروی خالص ۹۰ درجه در خلاف جهت عقربه های ساعت می چرخد.

در شکل (الف) تراکم خطوط میدان بیشتر و میدان قوی تر است.

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

$$\downarrow C = \epsilon_0 \frac{A}{d \uparrow}, \downarrow Q = \downarrow CV$$

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

۱۱

$$W_E = \Delta K \Rightarrow |q|Ed \cos \theta = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^2 \times 0.1 \times \cos 180^\circ = 0 - \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times v^2$$

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

۱۲ (الف)

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

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

ظرفیت خازن خواهد شد:

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

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

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

۱۴ بار هسته اتم $^{16}_8C^{2-}$ برابر است با ۸e. (هسته اتم کربن، دارای ۸ پروتون است.) $q_1 = 8e$

$$\text{بار اتم } ^{12}_6C^{+} \text{ برابر است با } 12e. \text{ بنابراین } q_1 = 8e, q_2 = 12e$$

$$\Delta U = q\Delta V (0.75) \Rightarrow \Delta U = (-5)(12) = -60J (0.5) \quad \text{۱۵}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times (400)^2 \Rightarrow U = 0.8J \quad \text{(الف) ۱۶}$$

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

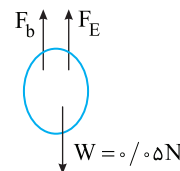
۱۷ (الف) در مسیر BC کار نیروی الکتریکی صفر است، زیرا عمود بر خطوط میدان حرکت کرده ایم. (ب) کاهش می یابد. $V_A < V_B$

۱۸ نیروی وارد بر بار توسط میدان الکتریکی را حساب می کنیم.

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

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

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



۱۹ بار $-6\mu C$ از صفحه منفی جدا شده و به صفحه مثبت اضافه شده

است. بنابراین بار روی صفحات خازن کاهش می یابد و در نتیجه انرژی ذخیره شده در خازن کاهش می یابد. ($U' < U$)

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

(الف) انرژی کاهش می‌یابد. $\uparrow C = \uparrow \kappa \epsilon_0 A/d$, $\downarrow U = \frac{Q^2}{2C\uparrow}$

(ب) ظرفیت کاهش می‌یابد و بار روی صفحات خازن ثابت است. در نتیجه

انرژی افزایش می‌یابد. $\downarrow C = \epsilon_0 \frac{A\downarrow}{d}$, $U\uparrow = \frac{Q^2}{2C\downarrow}$

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

۴۱ (الف) مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی هستند. مقاومت‌های R_3 و R_4 نیز متوالی هستند.

$R_{F,5} = R_{1,2} = 8 + 8 = 16 \Omega$

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

(ب) مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی هستند.

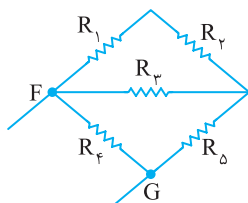
مقاومت $R_{1,2}$ با مقاومت R_3 موازی است.

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

مقاومت $R_{1,2,3}$ با مقاومت R_4 متوالی است.

مقاومت معادل $R_{1,2,3,4}$ با مقاومت R_5 موازی است و مقاومت معادل بین

$\frac{1}{R_{FG}} = \frac{3}{40} + \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{1}{R_{FG}} = \frac{3+5}{40} \Rightarrow R_{FG} = 5 \Omega$ 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:

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

(ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل بار با بار q از رابطه $U=qV$ به دست

می‌آید، بنابراین: $U_b > U_c > U_a$

۴۴ (الف) نادرست. وقتی کلید باز است.

$V_A = V_B = V_C = \epsilon/3$

وقتی کلید بسته است، لامپ C اتصال کوتاه می‌شود.

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

یعنی اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌ها تغییر می‌کند.

(ب) نادرست. (اختلاف پتانسیل دو سر C صفر می‌شود یعنی ۱۰۰٪ کاهش

می‌یابد.) (پ) درست. نسبت ولتاژ در دو حالت خواهد شد:

۳۰

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

۳۱ (الف) ثابت (زیرا خازن از باتری جدا شده است) (ب) افزایش (با خارج کردن

دی‌الکتریک ظرفیت خازن کاهش می‌یابد و $\uparrow V = \frac{Q}{C\downarrow}$ ولتاژ افزایش می‌یابد)

(پ) کاهش

بار الکتریکی	اختلاف پتانسیل	انرژی خازن	ظرفیت خازن
ثابت	افزایش		کاهش

۳۲ رابطه ساختمانی ظرفیت خازن را می‌نویسیم:

$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 18 \times 10^{-9} = 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{6}{d} \Rightarrow d = 1/5 \times 10^{-3} m$

$Q = It = 0.18 \times 10^{-3} \times 3600 \Rightarrow Q = 0.648 C$ (الف) ۳۳

$U = QV \Rightarrow U = 0.648 \times 3 \Rightarrow U = 1.944 J$ (ب)

۳۴

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

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\pi(2^2-1^2)}{\pi(0.5)^2} = \frac{3}{0.25} = 12$

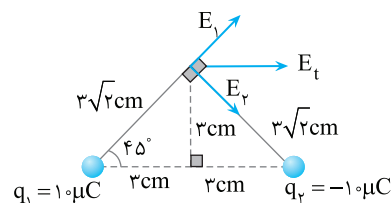
۳۵ آمپرسنج عدد بیشتری نشان داده است بنابراین مقاومت الکتریکی در اثر افزایش دما، کاهش یافته است. بنابراین میله از جنس نیم‌رسانا است.

۳۶

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

$E_1 = E_2 = 5 \times 10^5 N/C$

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

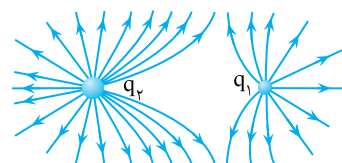


۳۷ (الف) میدان در نقطه‌ای بین دو بار و روی خط واصل دو بار صفر می‌شود:

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

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

(ب)



۳۸ (الف) B تا C (ب) پتانسیل نقطه A کمتر از پتانسیل نقطه B است.

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

(پ)

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

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

است.

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

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

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

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

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

عدد صفر و ولت‌سنج نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد.

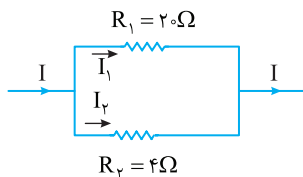
$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \varepsilon$$

۵۳ به کمک رابطه توان جریان I_1 را حساب می‌کنیم.

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

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

$$I = I_1 + I_2 = 0.5 + 2.5 = 3 \text{ A}$$



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

۵۴

$$F = 96 \times 10^{-11} \times 0.85 \Rightarrow F = 8.16 \times 10^{-11} \text{ N}$$

۵۵

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

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

۵۶ الف)

$$F = ILB \sin \theta \Rightarrow F = 1/6 \times 10 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 1 \Rightarrow F = 8.33 \times 10^{-5} \text{ N}$$

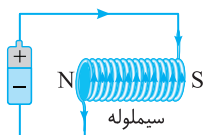
$$F_B = W \Rightarrow ILB = mg \Rightarrow I \times 10 \times 0.5 \times 10^{-5} = 8 \times 10^{-3} \times 9/8$$

(ب)

$$I = \frac{8 \times 9/8 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-5}} \Rightarrow I = 15/68 \times 10^2 \text{ A}$$

جهت نیروی F_B باید رو به بالا باشد تا نیروی وزن را خنثی کند. بنا به قاعده

دست راست جهت جریان باید از غرب به شرق باشد.



۵۷ ب) برای جذب آهنربا باید میدان

مغناطیسی سیملوله به گونه‌ای باشد که قطب

S آن در سمت راست سیملوله ایجاد شود.

سپس با توجه به قاعده دست راست باید

باتری A در مدار قرار گیرد.

$$\frac{V'_A - V_A}{V_A} = \frac{\frac{\varepsilon}{3} - \frac{\varepsilon}{3}}{\frac{\varepsilon}{3}} = \frac{\frac{\varepsilon}{3} - \frac{\varepsilon}{3}}{\frac{\varepsilon}{3}} = 0.5\%$$

ت) درست. ($V'_C = 0$ اتصال کوتاه)

۴۵ طول و جنس دو مقاومت یکسان است. بنابراین مقاومت سیم (۲) که

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

سطح مقطع بزرگ‌تری دارد، کمتر است.

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.

۴۶ مقاومت مقاومت معادل خواهد شد:

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

$$R_{eq} = 2 + 4 = 6 \Omega \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{18}{6} = 3 \text{ A}$$

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

$$I_{3\Omega} = 2 I_{6\Omega} \xrightarrow{I_{3\Omega} + I_{6\Omega} = 3 \text{ A}} 3 I_{6\Omega} = 3 \text{ A}$$

$$I_{6\Omega} = 1 \text{ A}, \quad I_{3\Omega} = 2 \text{ A}, \quad I_{4\Omega} = 3 \text{ A}$$

پاسخ تشریحی سؤالات بازی با سؤال

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

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \quad (\downarrow R_{eq} = \frac{R}{n \uparrow}) \quad \text{و جریان مدار}$$

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

$$\text{می‌دهد. } (\downarrow V = \varepsilon - \uparrow Ir)$$

۴۸

$$V_A = IR_A = 0/2 \times 1 = 0/2 \text{ V}$$

$$V_R + V_A = V_V \Rightarrow V_R + 0/2 = 24 \Rightarrow V_R = 23/8 \text{ V}$$

$$R = \frac{V_R}{I} \Rightarrow R = \frac{23/8}{0/2} \Rightarrow R = 119 \Omega$$

۴۹ الف)

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

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

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

(ب)

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

(ب)

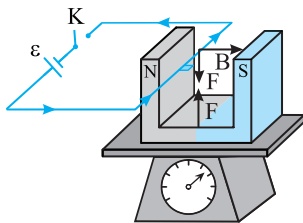
$$E = \frac{6/4}{1/6} \times 10^{-5} \Rightarrow E = 4 \times 10^{-5} \text{ N/C}$$

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

۶۶

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

۶۷ وسایل مورد نیاز: یک سیم راست، باتری، کلید، سیم‌های رابط، ترازوی دیجیتال و یک آهن‌ربای U شکل. مطابق شکل مدار را می‌بندیم. وقتی کلید باز است، ترازو وزن آهن‌ربا را نشان می‌دهد. وقتی کلید را می‌بندیم، با برقراری جریان در مدار بر قسمتی از سیم که در میدان مغناطیسی آهن‌ربا قرار گرفته از طرف آهن‌ربا، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود. 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 می‌کند که سبب کاهش عدد ترازو نسبت به قبل از بستن کلید می‌شود. مقدار کاهش عدد ترازو همان اندازه نیروی F است.

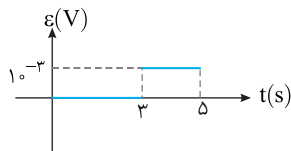


۶۸ الف) در بازه صفر تا ۳s : $\varepsilon = 0$

در بازه ۳s تا ۵s :

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

(ب) نمودار $\varepsilon - t$



۶۹

$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow \begin{cases} F_1 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 0.165 \times \sin 30^\circ \\ F_1 = 23/3 \times 10^{-9} \text{ N} = 2/33 \times 10^{-8} \text{ N} \\ F_2 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 0.165 \times \sin 90^\circ \\ F_2 = 46/7 \times 10^{-9} \text{ N} = 4/67 \times 10^{-8} \text{ N} \\ F_3 = 6/15 \times 10^{-9} \times 46 \times 0.165 \times \sin 150^\circ \\ \sin 150^\circ = \sin 30^\circ = 0.5 \rightarrow F_3 = 2/33 \times 10^{-8} \text{ N} \end{cases}$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \Rightarrow 6 \times 10^{-3} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 500 \times 3}{\ell} \Rightarrow \ell = 0.3 \text{ m}$$

۷۰

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

$$\varepsilon = \frac{-1000 \times 0.5 \times 10^{-4} \times 30 \times 10^{-4} \times (-1)}{0.2} \Rightarrow \varepsilon = 7.5 \times 10^{-3} \text{ V}$$

۷۱

۵۸ پ) میدان مغناطیسی سیم ۱ در نقطه A درونسو است، برای آن که در نقطه A میدان مغناطیسی خالص صفر شود باید میدان مغناطیسی سیم ۲ برونسو باشد در نتیجه جریان سیم ۲ به سمت چپ است.

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

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

۶۰ در حلقه سمت راست با دور شدن حلقه از سیم راست، میدان مغناطیسی و همچنین شار مغناطیسی کاهش می‌یابد، پس باید میدان مغناطیسی القایی B' هم‌جهت با میدان سیم I باشد یعنی باید درونسو باشد و سوی جریان ساعتگرد است. در حلقه سمت چپ جریان القایی به وجود نمی‌آید. زیرا میدان مغناطیسی حاصل از جریان I در مسیری که حلقه در حال حرکت است، تغییر نمی‌کند.

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

۶۱

۶۲

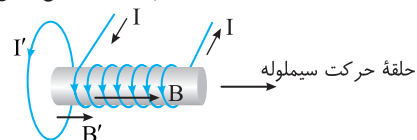
$$|\varepsilon_{av}| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 = N \frac{\Delta B A}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow 0.1 = 100 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 0.005 \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.2 \text{ T/s}$$

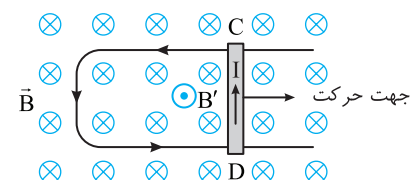
۶۳ طبق قاعده دست راست جهت B حاصل از I به سمت چپ است.

B' حلقه با B هم‌جهت $\xrightarrow{\text{بنا به لنز}} \Phi \downarrow \rightarrow$ با دور شدن سیم‌لوله

جهت I' مطابق شکل است



۶۴ جریان القایی I' ساعتگرد $\Rightarrow B' \Rightarrow$ هم‌جهت B $\Rightarrow \Phi \downarrow \Rightarrow A \downarrow \Rightarrow$ جریان القایی از C به D

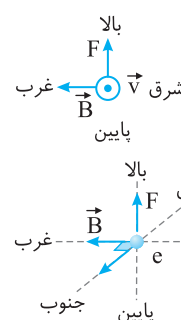


۶۵ الف) اندازه میدان خواهد شد:

$$F_{\max} = qvB$$

$$\Rightarrow 6/4 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-19} \times 20 \times 10^5 \times B$$

$$B = \frac{6/4}{1/6 \times 20} \Rightarrow B = 0.2 \text{ T}$$



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



۷۲

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

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

۷۳

میدان القایی B' هم جهت با میدان برونسوی $B \downarrow \Rightarrow \Phi \downarrow \Rightarrow B \uparrow \Rightarrow I \downarrow \Rightarrow R \uparrow$

لنز
(۰/۲۵) جریان القایی پاد ساعتگرد $\rightarrow$

۷۴ الف

حالت (۳) هر دو کلید هم زمان بسته باشند. زیرا در این حالت مقاومت‌ها موازی می‌شوند و مقاومت معادل لامپ، به کمترین میزان خود

می‌رسد و طبق رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، لامپ بیشترین توان مصرفی را خواهد داشت.

(ب)

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

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

۷۵

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

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

۷۶ الف

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi_1 = 0.3 \times 2.5 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow \Phi_1 = 7.5 \times 10^{-5} Wb$$

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

(ب)

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

(پ)