

## افشار

نام آزمون: فیزیک یازدهم تجربی تکمیلی تشریحی

زمان برگزاری: ۱۲۰ دقیقه

مرکز مشاوره تحصیلی دکتر  
علیرضا افشار

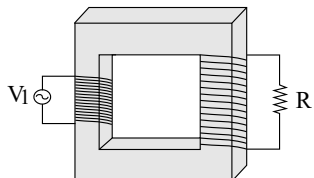
۱) روی هسته‌ی آهنی دو پیچه به تعداد دورهای متفاوت بسته شده است. اگر پیچه‌ی اولیه با  $N_1$  دور به یک مولد جریان متناوب با دوره‌ی  $0.2\text{ s}$  و

و بیشینه‌ی ۴ آمپر که دارای ولتاژ  $V_1$  است، بسته شده باشد:

الف) معادله‌ی جریان متناوب گذرنده از پیچه اولیه را بنویسید.

ب) اگر بخواهیم ولتاژ  $V_1 = 200\text{ V}$  را به ولتاژ  $10$  ولت تبدیل کنیم، نسبت تعداد دورهای پیچه ثانویه به تعداد

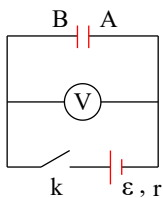
دورهای پیچه‌ی اولیه‌ی این هسته را حساب کنید.



۲) در مدار شکل زیر، پس از بسته شدن کلید  $k$ : (ولت سنج ایده آل است).

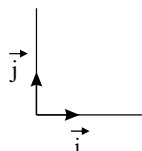
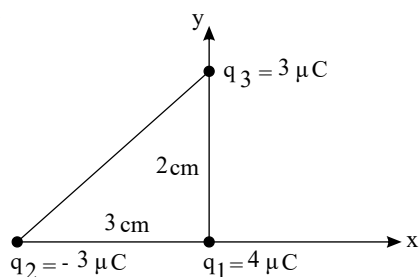
الف) عددی که ولت سنج نشان می‌دهد را با اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد، مقایسه کنید.

ب) با قرار دادن دی‌الکتریک با ضریب  $k$  بین دو صفحه‌ی خازن، ظرفیت خازن و میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن چگونه تغییر می‌کنند؟



۳) مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  را برحسب بردارهای یگه‌ی  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

$$(K = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})$$

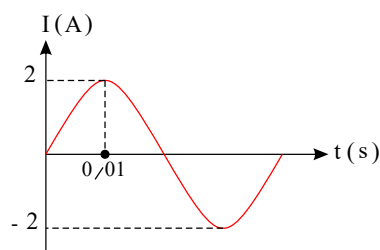


۴) شکل روبه‌رو، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد.

الف) معادله‌ی جریان برحسب زمان را بنویسید.

ب) اگر این جریان از سیملوله‌ای به ضریب خودالقایی  $20\text{ mH}$  بگذرد، بیشینه انرژی ذخیره شده در این

سیملوله چند ژول است؟



۵) دو خازن به ظرفیت‌های  $C_1 = 2\text{ μF}$  و  $C_2$  را به یک دیگر وصل می‌کنیم و یک باتری  $100$  ولت را به دو سر مجموعه‌ی آن‌ها می‌بندیم. اگر انرژی

ذخیره شده در مجموعه‌ی خازن‌ها برابر  $25$  میلی ژول شود:

الف) با محاسبه‌ی ظرفیت معادل، تعیین کنید خازن‌ها چگونه به یک دیگر وصل شده‌اند؟

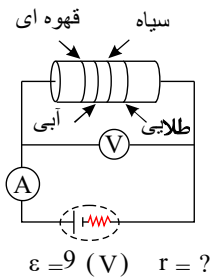
ب) ظرفیت خازن  $C_2$  چند میکروفاراد است؟پ) بار ذخیره شده در خازن  $C_1$  چند میکروکولن است؟

۶ دانش آموزی با یک باتری ۹ ولتی، ولت سنج، آمپرسنج، مقاومت کربنی و سیم‌های رابط مداری مطابق شکل می‌بندد.

الف) با توجه به جدول کدهای رنگی، اندازه مقاومت چند اهم است؟

رنگ حلقه	سیاه	قهوه‌ای	قرمز	زرد	آبی
کد	۰	۱	۲	۴	۶

ب) اگر ولت سنج، عدد ۸ ولت و آمپرسنج عدد ۵٫۵ آمپر را نشان دهد، مقاومت درونی باتری چند اهم است؟

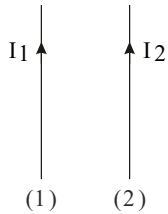


۷ مطابق شکل زیر، دو سیم بلند موازی به فاصله یک متر از هم قرار دارند و از آن‌ها جریان‌های هم سو می‌گذرد.

اگر بزرگی میدان مغناطیسی در محل سیم شماره (۲) برابر  $4 \times 10^{-7} T$  باشد:

الف) شدت جریان عبوری از سیم شماره (۱) چند آمپر است؟

ب) اگر شدت جریان عبوری از سیم شماره (۲) برابر ۴ آمپر باشد، نیرویی را که به یک متر از سیم شماره (۲) وارد می‌شود، محاسبه کنید.



$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

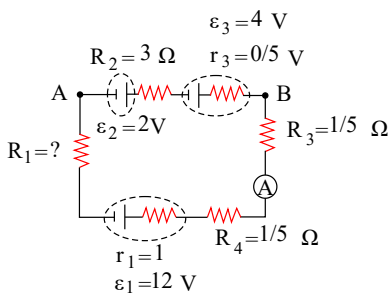
پ) با انتقال شکل به پاسخ برگ جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده را روی هر یک از سیم‌ها نشان دهید.

۸ در مدار شکل مقابل جریانی که از آمپرسنج می‌گذرد، ۵٫۵ آمپر است.

الف) مقاومت  $R_1$  چند اهم است؟

ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B ( $V_B - V_A$ ) چند ولت است؟

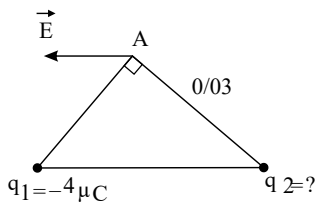
پ) توان خروجی باتری  $\varepsilon_1$  چند وات است؟



۹ در شکل روبه رو ذره‌ی باردار  $q_1$  و  $q_2$  در دو رأس مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند و میدان  $\vec{E}$  حاصل از این دو بار در رأس A است.

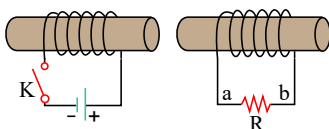
الف) بار  $q_2$  مثبت است یا منفی؟

ب) اندازه‌ی  $q_2$  را طوری تعیین کنید که بزرگی میدان  $\vec{E}$  برابر با  $5 \times 10^7 \frac{N}{C}$  باشد.



۱۰ دو بار  $q_1 = q$  و  $q_2 = -4q$  در فاصله‌ی L از هم قرار دارند. در چه فاصله‌ای بر حسب L از بار  $q_2$  بزرگی میدان الکتریکی صفر است؟

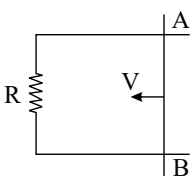
۱۱ در مدار نشان داده شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هر یک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید:



الف) در لحظه‌ی بستن کلید، ب) در لحظه‌ی باز کردن کلید K.

۱۲ مطابق شکل مقابل میله‌ی فلزی AB با سیم‌های رابط و مقاومت R مدار بسته‌ای را تشکیل می‌دهند میله‌ی AB با سرعت  $4 \frac{m}{s}$  در جهت نشان داده شده حرکت می‌کند اگر میدان مغناطیسی یکنواخت برون‌سو با اندازه‌ی  $5T$  در صفحه برقرار باشد، اندازه و جهت جریان القایی در مدار را تعیین کنید

(مقاومت کل مدار  $6 \Omega$  و  $AB = 30 cm$ )



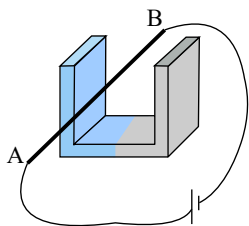
۱۳) از سیم راستی به طول  $90\text{ cm}$  سیملوله‌ای تهیه می‌کنیم که طول آن  $30\text{ cm}$  و شعاع هر حلقه آن  $5\text{ cm}$  باشد وقتی از آن جریان  $20\text{ A}$  عبور کند، انرژی مغناطیسی ذخیره شده در فضای درون آن چقدر است؟ ( $\pi \simeq 3$ )

۱۴) در یک مبدل ولتاژ متناسب ولتاژ طرف اولیه  $220\text{ V}$  و ولتاژ طرف ثانویه (خروجی)  $24\text{ V}$  است.  
الف) اگر تعداد دورهای طرف اولیه (ورودی)  $1000$  دور باشد تعداد دورهای طرف ثانویه چقدر است؟  
ب) اگر بیشینه جریان ورودی  $25\text{ A}$  باشد جریان خروجی حداکثر چقدر می‌تواند باشد؟

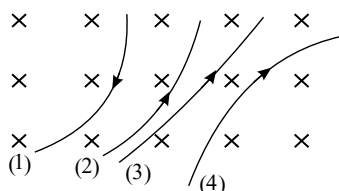
۱۵) سیم  $AB$  در فضای بین دو قطب یک آهنربای نعلی شکل با میدان  $2 \times 10^{-3}\text{ T}$  قرار دارد و اختلاف پتانسیل باتری نیز  $40\text{ V}$  است. اگر جرم سیم  $AB$  برابر با  $20\text{ gr}$  باشد برای اینکه سیم معلق بماند:

الف) قطب‌های  $N$  و  $S$  آهنربا را تعیین کنید.

ب) مقاومت الکتریکی  $AB$  چقدر باید باشد (طول سیم  $AB$  درون میدان را  $20\text{ cm}$  فرض کنید).



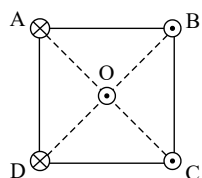
۱۶) شکل مقابل مسیر حرکت ۴ ذره در میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. در هر مورد نوع بار الکتریکی را تعیین کنید.



۱۷) در شکل مقابل در هر یک از رأس‌های مربع جریان  $I$  عمود بر صفحه می‌گذرد و سیمی نیز در مرکز مربع (محل برخورد قطرها) قرار دارد که جریان برون‌سو به اندازه  $I$  از آن عبور می‌کند.

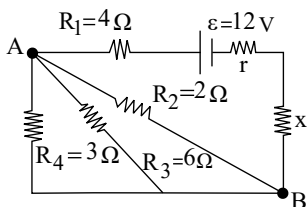
الف) میدان مغناطیسی خالص در نقطه  $O$  به کدام جهت است؟

ب) جهت نیروی وارد شده بر سیم  $O$  را پیدا کنید.



۱۸) الف) در مدار مقابل اگر جریان مقاومت  $R_4$  برابر  $5\text{ A}$  باشد، جریان در بقیه مقاومت‌ها را حساب کنید.

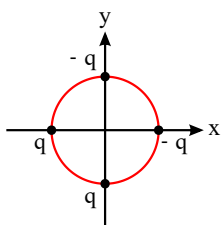
ب) اگر افت پتانسیل در مقاومت درونی مولد  $5\text{ V}$  باشد، مقاومت درونی مولد و مقاومت مجهول  $x$  را حساب کنید.



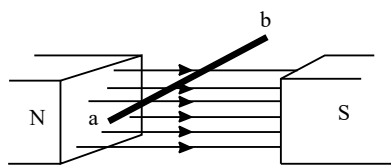
۱۹) اگر یک میله شیشه‌ای باردار را به سرعت به کلاهک یک الکتروسکوپ دارای بار منفی نزدیک کنیم چه رخ می‌دهد؟

۲۰) در شکل مقابل شعاع دایره  $1\text{ m}$  و  $q = 5\text{ μC}$  است بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره (مرکز مختصات) با محاسبه و ترسیم

تعیین کنید و بردار میدان خالص را با بردارهای یکه نشان دهید.  $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

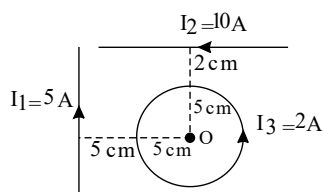


۲۱) در شکل مقابل سیم  $ab$  به طول  $20\text{ cm}$  درون میدان مغناطیسی یکنواخت  $B = 400\text{ G}$  در نقاط  $a$  و  $b$  به مداری وصل شده و جریان  $10\text{ A}$  از آن می‌گذرد طوری که درون میدان معلق مانده است.

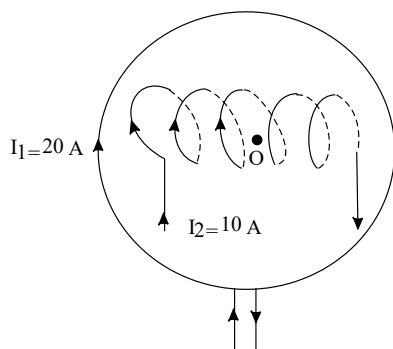


الف) جهت جریان را تعیین کنید.  
ب) جرم سیم چقدر است؟

۲۲) در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی برآیند را در نقطه  $O$  مشخص کنید.

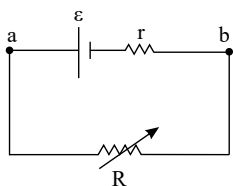


۲۳) مطابق شکل نقطه  $O$  در مرکز یک پیچ به شعاع  $20\text{ cm}$  قرار دارد که دارای  $100$  حلقه است و جریان  $20\text{ A}$  از آن می‌گذرد. ضمناً درون سیم‌لوله‌ای به طول  $10\text{ cm}$  که دارای  $100$  حلقه است و از آن جریان  $10\text{ A}$  عبور می‌کند نیز واقع است. میدان مغناطیسی خالص در نقطه  $O$  چقدر است؟  
( $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$ )



۲۴) اگر بار  $10\text{ }\mu\text{C}$  توسط یک نیروی خارجی در میدان الکتریکی  $E = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  در جهت میدان به اندازه  $10\text{ cm}$  جابه‌جا شود طوری که تغییر انرژی جنبشی آن  $1\text{ J}$  شده باشد، کار نیروی خارجی در این جابه‌جایی چقدر است؟

۲۵) در مدار مقابل با تغییر مقاومت متغیر جریان مدار نمودار  $V-I$  را رسم کنید و توضیح دهید محل برخورد نمودار با محور  $I$  چه جریانی را نشان می‌دهد؟

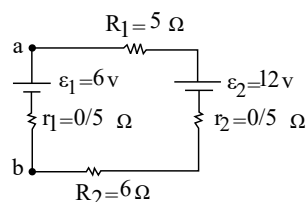


۲۶) در مدار شکل مقابل:

الف) جریان عبوری از مدار چقدر است؟

ب)  $V_b - V_a$  چقدر است؟

ج) در مورد عملکرد مولد  $\epsilon_1$  توضیح دهید.

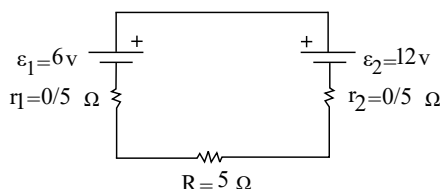


۲۷) در مدار شکل مقابل:

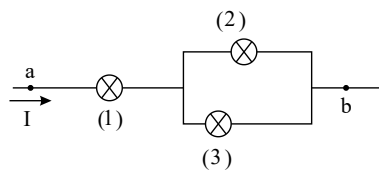
الف) جریان عبوری از مقاومت  $R$  چقدر است؟

ب) توان مصرفی در مقاومت  $R$  چقدر است؟

ج) توان خروجی مولد  $\epsilon_2$  و توان ورودی مولد  $\epsilon_1$  را محاسبه کنید.

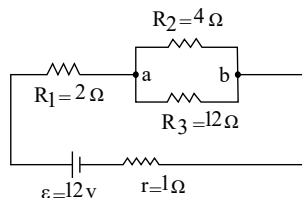


۲۸ در شکل مقابل مقاومت همه لامپ‌ها برابر  $R$  است و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ  $60\text{ W}$  است. حداکثر چه توانی به دو نقطه  $a$  و  $b$  داده شود تا هیچ لامپی نسوزد؟

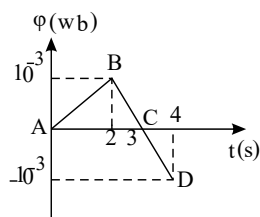


۲۹ در شکل مقابل:

جریان عبوری از هر یک مقاومت های مدار را بدست آورید.



۳۰ در شکل زیر نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان برای یک حلقه رسانا داده شده است. در هر یک از سه مرحله  $AB$  و  $BC$  و  $CD$  نیرو محرکه القایی را محاسبه کنید.



## پاسخنامه تشریحی

۱  
(الف)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0.02} \Rightarrow \omega = 100\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$I = I_m \sin \omega t \Rightarrow I = 4 \sin 100\pi t$$

(ب)

$$\frac{N_r}{N_1} = \frac{V_r}{V_1} \Rightarrow \frac{N_r}{N_1} = \frac{10}{200} \Rightarrow N_r = \frac{1}{20} N_1$$

سخت

(الف) برابر نیروی محرکه مولد است. (ب) ظرفیت افزایش می‌یابد، میدان الکتریکی ثابت می‌ماند.

۲  
سخت

۳

$$F_{r1} = K \frac{|q_1||q_2|}{r_{r1}^2} \rightarrow F_{r1} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 4 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{r1} = 120 N$$

$$F_{r1} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 4 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{r1} = 270 N$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r2} \Rightarrow \vec{F}_T = -120\vec{i} - 270\vec{j}$$

سخت

(الف) ۴

$$\frac{T}{4} = 0.1 s \quad I = I_m \sin \omega t \rightarrow I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow I = 2 \sin 50\pi t$$

$$U_m = \frac{1}{2} L I_m^2 \rightarrow U_m = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-3} \times 2^2 \rightarrow U_m = 0.4 J$$

(ب)

سخت

۵

$$(الف) \quad U_T = \frac{1}{2} C_T V_T^2 \rightarrow 25 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times C_T \times 100^2 \rightarrow C_T = 5 \mu F$$

چون ظرفیت معادل بیش تر از ظرفیت یکی از خازن‌هاست، پس به صورت موازی بسته شده‌اند.

$$(ب) \quad C_T = C_1 + C_2 \rightarrow C_2 = C_T - C_1 = 5 - 2 = 3 \mu F$$

$$(پ) \quad q_1 = C_1 V_1 = C_1 V_T \rightarrow q_1 = 2 \times 100 = 200 \mu C$$

سخت

۶

(الف)

(ب)

$$R = \overline{ab} \times 10^n = 16 \times 10^0 \Rightarrow R = 16 \Omega$$

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 8 = 9 - 0.5r \Rightarrow r = \frac{1}{0.5} = 2 \Omega$$

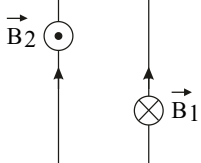
سخت

(الف) ۷

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \Rightarrow 4 \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times I_1}{2\pi(1)} \Rightarrow I_1 = 2 A$$

$$F_{12} = I_1 I_2 B_1 \sin \theta \Rightarrow F_{12} = (4)(1)(4 \times 10^{-5})(\sin 90) \Rightarrow F_{12} = 16 \times 10^{-5} N$$

(1) (2)



سخت

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_1 + r_2} \rightarrow 0.5 = \frac{12 - 2 - 4}{R_1 + 3 + 1.5 + 2 + 1 + 0.5} \rightarrow R_1 = 4\Omega$$

$$\text{ب) } V_A + \varepsilon_2 + IR_2 + Ir_2 + \varepsilon_3 = V_B$$

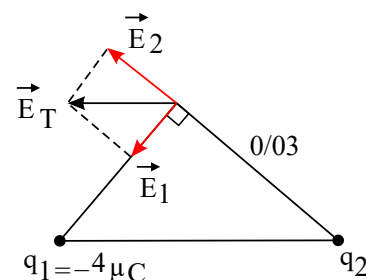
$$V_B - V_A = 2 + (0.5 \times 3) + (0.5 \times 0.5) + 4 \rightarrow V_B - V_A = 7.75V$$

$$\text{پ) } P_1 = \varepsilon_1 I - r_1 I^2 \rightarrow P_1 = (12 \times 0.5) - (1 \times 0.5^2) = 5.75W$$

سخت

۹ الف) با توجه به شکل روبرو  $q_2$  باید مثبت باشد تا  $\vec{E}$  قطر متوازی الاضلاع دو بردار  $\vec{E}_1$  و  $\vec{E}_2$  باشد. (ب)

$$E_1 = K \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.03)^2} = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$



چون زاویه بین دو بردار  $\vec{E}_1$  و  $\vec{E}_2$  برابر با  $90^\circ$  است می توان نوشت:

$$E_T^2 = E_1^2 + E_2^2 \Rightarrow (5 \times 10^7)^2 = (4 \times 10^7)^2 + E_2^2 \Rightarrow E_2^2 = (3 \times 10^7)^2 \Rightarrow E_2 = 3 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = K \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow 3 \times 10^7 = 9 \times 10^9 \frac{q_2}{(0.03)^2} \Rightarrow q_2 = 3 \times 10^{-6} C$$

سخت

چون میدان را در هر نقطه باید روی بار  $+1C$  مورد بررسی قرار داد، ابتدا فرض می کنیم بار  $+1C$  در فاصله بین  $q_1$  و  $q_2$  قرار داشته باشد. واضح است که میدان ها در این صورت هر دو به سمت راست خواهد شد و خنثی شدن رخ نمی دهد. بنابراین نقطه مورد نظر باید خارج از فاصله دو بار باشد و البته نزدیک به بار کوچک تر. این نقطه را  $A$  نامیده ایم.

در نقطه  $A$ ،  $\vec{E}_1$  به سمت چپ و  $\vec{E}_2$  به سمت راست خواهد بود:

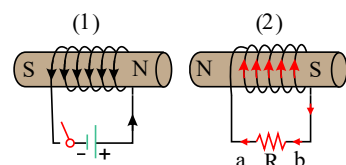
$$E_1 = E_2 \Rightarrow K \frac{|q_1|}{x^2} = K \frac{|q_2|}{(L+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(L+x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر از دو طرف تساوی}} \frac{1}{x} = \frac{2}{L+x} \Rightarrow L+x = 2x \rightarrow x = L$$

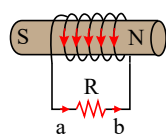
به این ترتیب فاصله نقطه مورد نظر از بار  $q_2$  برابر با  $2L$  خواهد بود.

سخت

الف) در لحظه بستن کلید  $K$  سمت راست سیملوله (۱) می خواهد تبدیل به قطب  $N$  شود پس باید سمت چپ سیملوله (۲) مخالفت کند یعنی باید قطب  $N$  را در سمت چپ خود ایجاد کند پس جریان باید از  $b$  به  $a$  (در مسیر کوتاه تر) باشد.



ب) هنگامیکه کلید باز می شود جریان رو به قطع شدن می رود یعنی  $N$  در آهنربای (۱) در حال کاهش خواهد بود پس باید سمت چپ سیملوله (۲) قطب  $S$  شود تا مخالفت کند پس باید جهت جریان در حلقه های سیملوله رو به پایین باشد یعنی در مسیر کوتاه تر از  $a$  به  $b$  خواهد بود.



سخت

باید توجه کرد که اگر طول میله  $\ell$  باشد مساحت حلقه  $\ell \times \Delta x$  خواهد بود که  $\Delta x = v \cdot \Delta t$  می باشد (در واقع  $\Delta x$  طولی است که  $AB$  در هر لحظه طی خواهد کرد)

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = -B \frac{\Delta A}{\Delta t} = -B \frac{\ell \cdot v \Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -Blv$$

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow |I| = \left| \frac{-Blv}{R} \right| = \left| \frac{0.5 \times 0.3 \times 4}{6} \right| = \frac{0.6}{6} = 0.1 A$$

چون شار مغناطیسی برون سو در حال کاهش است پس جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی طبق قانون لنز باید برون سو باشد تا با کاهش میدان اولیه مخالفت کند پس جریان پاد ساعتگرد است و در میله در مسیر کوتاه تر از  $B$  به  $A$  است.

سخت

۱۳

$$\text{دوره} = 300 \quad N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه}} = \frac{90}{2\pi r} = \frac{90}{2 \times 3 \times 0.05} = 300$$

$$\begin{cases} L = \frac{KA\mu_0 N^2}{\ell} = \frac{1 \times 4 \times \pi \times 10^{-7} \times (9 \times 10^4) \times (75 \times 10^{-4})}{0.3} \Rightarrow L = 2.7 \times 10^{-3} H \\ A = \pi r^2 = 3 \times (0.05)^2 = 75 \times 10^{-4} m^2 \end{cases}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 2.7 \times 10^{-3} \times (400) = 0.54 J$$

سخت

۱۴

$$\text{الف)} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{24}{220} = \frac{N_2}{1000} \Rightarrow N_2 = \frac{2400}{22} \simeq 109 \text{ دور}$$

ب) می دانیم که  $P = VI$  است. به این معنا که ولتاژ و جریان با هم نسبت عکس دارند یعنی می توان نوشت:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

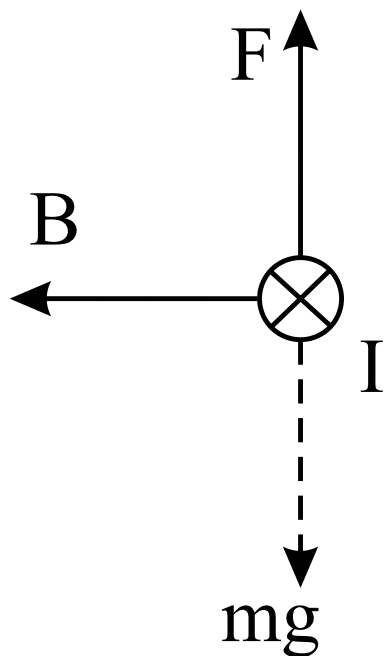
به عبارت دیگر بر اساس اصل پایستگی انرژی توان ورودی به مبدل باید با توان خروجی از آن برابر باشد پس  $V_2 I_2 = V_1 I_1$  خواهیم داشت:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{0.25}{220} = \frac{24}{I_2} \Rightarrow I_2 = 2.3 A$$

سخت

۱۵ الف) برای معلق ماندن سیم باید  $F_B$  خلاف جهت  $mg$  باشد و با آن برابر باشد.

در ضمن جهت جریان از  $A$  به  $B$  یعنی درون سو (رو به شمال) است. پس  $B$  باید به سمت چپ یا غرب باشد یعنی قطب  $N$  سمت راست و قطب  $S$  سمت چپ قرار دارد.



$$F_B = mg \Rightarrow BIl \sin \theta = mg$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-3} \times I \times 0.2 \times 1 = (0.20 \times 10^{-3}) \times 10 \Rightarrow I = 5 A$$

$$v = RI$$

$$\Rightarrow 40 = R \times 5 \Rightarrow R = 8 \Omega$$

بر اساس قانون اهم:

سخت

۱۶

می دانیم که جهت نیروی وارد شده بر ذره باردار مثبت متحرک درون میدان مغناطیسی از قانون دست راست تعیین می شود. پس اگر انحراف هر ذره بر قانون دست راست منطبق بود



(یعنی هم جهت با نیرو بدست آمد) آن ذره مثبت است و اگر انحراف خلاف جهت نیرو بود، آن ذره منفی است و در صورت عدم انحراف خنثی است.

ذره (۱): منفی است. طبق قانون دست راست  $F$  و  $V$  ولی انحراف خلاف جهت  $F$  است.

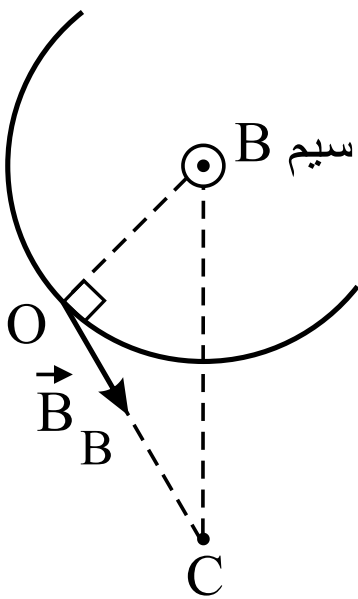
ذره (۲): مثبت است. طبق قانون دست راست  $F$  و  $V$  که انحراف با  $F$  منطبق است.

ذره (۳): منحرف نشده پس خنثی است.

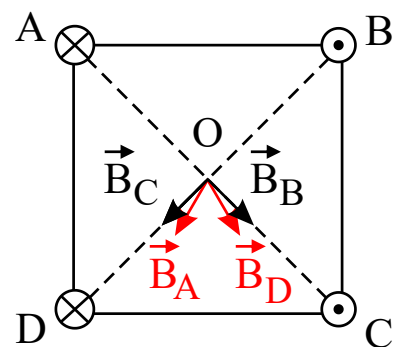
ذره (۴): منفی است. چون  $F$  با انحراف انطباق ندارد.

سخت

(۱۷) الف) جهت جریان هر یک از سیم‌های  $A, B, C, D$  در نقطه  $O$  بر اساس قانون دست راست تعیین می‌شود فقط باید توجه کرد که مثلاً برای سیم  $B$  بردار میدان بر  $OC$  منطبق است و جهت آن به سمت  $C$  است چون بردار میدان بر دایره‌ای که به مرکز  $B$  و به شعاع نصف قطر زده شده باشد مماس است:

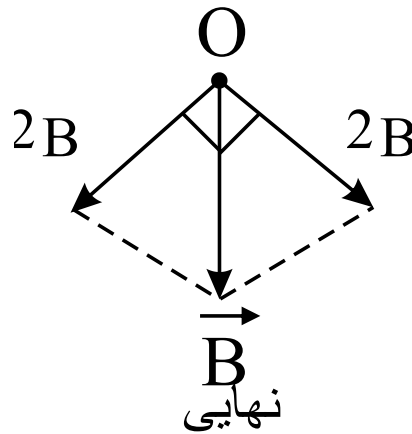


بنابراین داریم:



یعنی میدان‌های ناشی از سیم  $A$  و  $C$  و هم جهت و هم اندازه و میدان‌های ناشی از سیم  $B$  و  $D$  نیز هم جهت و هم اندازه خواهند بود.

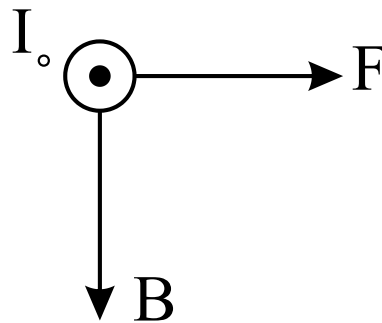
به این ترتیب در نقطه  $O$  داریم:



پس میدان خالص در نقطه  $O$  رو به پایین خواهد بود.

(ب) برای بدست آوردن جهت نیروی وارد شده به سیم  $O$  از قانون دست راست استفاده می‌کنیم:

پس نیرو به سمت راست یا شرق خواهد بود.



سخت

(۱۸) الف) مقاومت‌های  $R_F$ ,  $R_P$ ,  $R_V$  با هم موازیند یعنی ولتاژ دو سر  $R_F$  با ولتاژ دو سر  $R_P$  و  $R_V$  برابر است:

$$V_{R_F} = R_F I_F = 3 \times 0.5 = 1.5V$$

$$V_{R_P} = 1.5V \Rightarrow V_{R_P} = R_P I_P \Rightarrow 1.5 = 6 I_P \Rightarrow I_P = 0.25A$$

$$V_{R_V} = 1.5 \Rightarrow V_{R_V} = R_V I_V \Rightarrow 1.5 = 2 I_V \Rightarrow I_V = 0.75A$$

بر اساس قانون جریان گره، جریان عبوری از مقاومت  $R_1$  برابر با مجموع جریان‌های عبوری از  $R_F$ ,  $R_P$ ,  $R_V$ :

$$I_1 = I_V + I_P + I_F \Rightarrow I_1 = 0.75 + 0.25 + 0.5 = 1.5A$$

(ب) طبق داده مسئله:

$$r I_1 = 1.5V \Rightarrow r_1 \times 1.5 = 1.5 \Rightarrow r_1 = 1\Omega$$

ضمناً ولتاژ دو سر  $B$  و  $A$  برابر است با اختلاف پتانسیل دو سر  $R_F$ ,  $R_P$ ,  $R_V$ :

$$V_{AB} = V_{R_F} = 1.5V$$

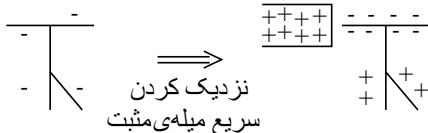
با چرخش از نقطه  $B$  به  $A$  در جهت جریان  $I_1$ :

$$V_B - x I_1 - r I + \varepsilon - R_1 I_1 = V_A \Rightarrow \varepsilon - I_1 (x + r + R_1) = V_A - V_B$$

$$12 - 1.5(x + 1 + 4) = 1.5 \Rightarrow 1.5(5 + x) = 10.5 \Rightarrow 5 + x = 7 \Rightarrow x = 2\Omega$$

سخت

(۱۹)



میله مالش داده شده با پارچه، دارای بار بزرگی است و چون به سرعت به کلاهک الکتروسکوپ منفی نزدیک می‌شود بارهای منفی یا به عبارتی الکترون‌های بسیاری ناگهان به سمت کلاهک حرکت می‌کنند که این از موضوع سبب می‌شود بارهای مثبت زیادی در پایین الکتروسکوپ یعنی روی تیغه و پایین میله الکتروسکوپ بر جای بمانند یعنی تیغه بازتر از قبل می‌شود.

(توجه کنید که اگر میله شیشه‌ای مثبت به آرامی به الکتروسکوپ نزدیک شده بود تیغه ابتدا بسته و سپس باز می‌شد ولی چون میله باردار مثبت سریع نزدیک شده فرصتی برای باز و بسته شدن تیغه وجود نداشته است)

سخت

(۲۰) چون فاصله همه بارها تا مرکز یکسان است و بارها اندازه یکسان دارند بنابراین اندازه میدان الکتریکی همه بارها در مرکز دایره یکسان است:

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{1^2} = 4.5 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

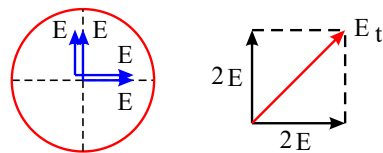
روی محور  $y$  دو میدان  $E$  در جهت مثبت و روی محور  $x$  ها هم دو برابر با اندازه  $E$  هم جهت محور  $x$  ها داریم بنابراین:

$$E_t = \sqrt{(rE)^2 + (rE)^2}$$

$$E_t = r\sqrt{2}E = 9\sqrt{2} \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_t = rE\vec{i} + rE\vec{j}$$

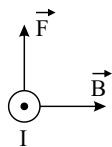
$$\vec{E}_t = 9 \times 10^4 \vec{i} + 9 \times 10^4 \vec{j}$$



سخت

۲۱

الف) چون سیم معلق مانده است پس جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در خلاف جهت وزن سیم یعنی رو به بالاست بنابراین جهت جریان باید از  $b$  به  $a$  (برون سو) باشد:



ب) سیم معلق است:

$$F = BIl \sin \alpha = mg \Rightarrow (400 \times 10^{-4})(10) \times (0.2) \times (1) = m \times 10 \Rightarrow m = 0.08 kg = 8gr$$

سخت

۲۲

اندازه میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان، هم وابسته است به جریانی که از سیم می‌گذرد و هم به فاصله نقطه مورد نظر تا سیم مرتبط است. هر چه جریان سیم بیش‌تر و فاصله نقطه مورد نظر تا سیم کمتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد بود.

با توجه به قانون دست راست، میدان ناشی از  $I_1$  در محل  $O$  درون سو است و میدان ناشی از  $I_2$  در  $O$  برون سو است که چون  $B_1 < B_2$  است (به دلایل بالا) تا اینجا برآیند، برون سو است. بر اساس قانون دست راست میدان ناشی از  $I_2$  نیز برون سو است پس میدان مغناطیسی خالص در نقطه  $O$  برون سو خواهد شد.

سخت

۲۳

میدان ناشی از حلقه درون سو است داریم:

$$B_1 = \frac{\mu_0 NI}{rR} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 20}{2 \times (0.2)} = 6 \times 10^{-3} T = 60 G$$

طبق قانون دست راست میدان ناشی از سیملوله در نقطه  $O$  به سمت چپ است و داریم:

$$B_2 = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 10}{0.1} = 12 \times 10^{-3} T = 120 G$$

بردارهای  $B_1$  و  $B_2$  بر هم عمودند:  $\vec{B}_1 \otimes \vec{B}_2 \leftarrow$  بنابراین میدان خالص از رابطه فیثاغورث بدست می‌آید:

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(6 \times 10^{-3})^2 + (12 \times 10^{-3})^2} = 6\sqrt{5} \times 10^{-3} T$$

سخت

۲۴

$$\Delta K = W_{\text{نیروی خارجی}} + W_E = W_{\text{نیروی خارجی}} - q\Delta V$$

بنابراین ابتدا به محاسبه  $\Delta V$  می‌پردازیم. چون در جهت میدان جابه‌جایی داشته‌ایم پس  $\Delta V < 0$  است:

$$\Delta V = -Ed = -10^5 \times 10 \times 10^{-2} = -10^4 V$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\Delta K = W_{\text{نیروی خارجی}} - q\Delta V$$

$$1 = W_{\text{نیروی خارجی}} - 10 \times 10^{-6} \times (-10^4) \Rightarrow 1 = W_{\text{نیروی خارجی}} + 0.1$$

$$\Rightarrow W_{\text{نیروی خارجی}} = 1 - 0.1 = 0.9 J$$

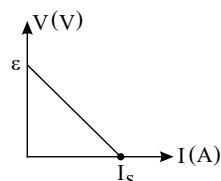
سخت

۲۵

$$\begin{cases} V = \varepsilon - rI \\ V = RI \end{cases}$$

در حالت کلی برای ولتاژ دو سر مولد در چنین مدار می‌توان نوشت:

واضح است که  $\varepsilon$  و  $r$  ثابت هستند پس نمودار  $V - I$  خطی با شیب  $(-r)$  و عرض از مبدأ  $\varepsilon$  خواهد بود.



محل تقاطع این خط با محور  $I$  در واقع نشان‌دهنده جریان در حالتی است که ولتاژ دو سر مولد یا عبارتی  $V_{ab}$  برابر با صفر شده است یعنی مقاومت متغیر مدار دارای مقدار صفر بوده است:

$$v = I = 0$$

بعبارت دیگر این جریان که با  $I_s$  نشان داده شده است جریان اتصال کوتاه یا بیش‌ترین جریان عبوری از مولد است:

$$0 = \varepsilon - rI \Rightarrow I_s = \frac{\varepsilon}{r}$$

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{r_1 + r_2 + R_1 + R_2} = \frac{12 - 6}{0.5 + 0.5 + 5 + 6} = \frac{6}{12} = 0.5A$$

(ب) کافی است در جهت جریان (بصورت پادساعت گرد) از  $a$  تا  $b$  در مدار حرکت کنیم:

$$V_a - \varepsilon_1 - r_1 I = V_b \Rightarrow V_a - 6 - 0.5 \times 0.5 = V_b \Rightarrow V_b - V_a = -6.25V$$

(ج) با توجه به این که جریان از سر مثبت مولد  $\varepsilon_1$  به آن وارد می شود، مولد  $\varepsilon_1$  در حال شارژ است و به همین دلیل اختلاف پتانسیل دو سر آن از  $\varepsilon_1$  بیش تر شده است.

سخت

(۲۷) الف) با توجه به آن که  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$  است پس جهت جریان مدار را  $\varepsilon_2$  تعیین می کند و جریان از سر مثبت  $\varepsilon_2$  خارج می شود و پادساعت گرد است.

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{r_1 + r_2 + R} = \frac{12 - 6}{0.5 + 0.5 + 5} = \frac{6}{6} = 1A$$

$$P = RI^2 = 5 \times (1)^2 = 5W$$

(ب)

(ج)

$$P_{\varepsilon_2 \text{ خروجی}} = (\varepsilon_2 - r_2 I) I = (12 - 0.5 \times 1) \times 1 = 11.5W$$

ولتاژ دو سر مولد  $\varepsilon_2$

$$P_{\varepsilon_1 \text{ ورودی}} = (\varepsilon_1 + r_1 I) I = (6 + 0.5 \times 1) \times 1 = 6.5W$$

ولتاژ دو سر مولد  $\varepsilon_1$

باید توجه کرد مولد  $\varepsilon_2$  در حال شارژ مولد  $\varepsilon_1$  و نیز تأمین توان برای مقاومت  $R$  است یعنی توان مصرفی مقاومت  $R$  (همان  $5W$ ) بعلاوه توان ورودی  $\varepsilon_1$  (همان  $6.5W$ ) برابر با توان خروجی مولد اصلی مدار یعنی همان  $11.5W$  وات خواهد بود.

سخت

(۲۸) باید توجه کرد که تمام جریان، مدار ابتدا باید از لامپ (۱) بگذرد و این جریان  $I$  بین بقیه لامپ ها تقسیم خواهد شد (و چون دو لامپ (۲) و (۳) موازی و یکسان هستند جریان آن ها یکسان و برابر  $\frac{I}{2}$  خواهد بود)

$$P_1 = RI^2, \quad P_2 = P_3 = R\left(\frac{I}{2}\right)^2 = \frac{RI^2}{4}$$

بنابراین باید حداکثر توان قابل تحمل یعنی  $60W$  را به لامپ (۱) نسبت دهیم به این ترتیب داریم:

$$P_1 = RI^2 = 60W$$

$$P_2 = P_3 = \frac{RI^2}{4} = \frac{60}{4} = 15W$$

$$P_{\text{کل}} = 60 + 15 + 15 = 90W$$

در نتیجه:

یعنی می توان  $90W$  به دو سر  $b$  و  $a$  توان منتقل نمود.

سخت

(۲۹) ابتدا مقاومت معادل مدار را محاسبه می کنیم:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_{23} = 2 + 3 = 5\Omega$$

$$I_{\text{کل مدار}} = I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{12}{1 + 5} = 2A$$

این جریان  $R_1$  هم هست.

برای محاسبه جریان عبوری از  $R_2$  و  $R_3$  دو راه داریم:

$$\text{راه اول: } V_{ab} = R_{23} I = 3 \times 2 = 6V$$

$$V_{ab} = R_2 I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{6}{4} = 1.5A$$

$$V_{ab} = R_3 I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{6}{12} = 0.5A$$

راه دوم تقسیم جریان است:

$$I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} I = \frac{12}{4 + 12} \times 2 = 1.5A$$

$$I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I = \frac{4}{4 + 12} \times 2 = 0.5A$$

سخت

$$AB: \bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -1 \times \left( \frac{10^{-3} - 0}{2} \right) \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -\frac{1}{2} \times 10^{-3} V$$

$$BC: \bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -1 \times \left( \frac{0 - 10^{-3}}{1} \right) \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = 10^{-3} V$$

$$CD: \bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -1 \times \left( \frac{-10^{-3} - 0}{1} \right) \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = \frac{1}{2} \times 10^{-3} V$$

سخت