

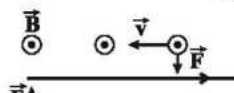
پاسخنامه
فیزیک
فصل ۳
یازدهم



1- گزینه ۳

(شهرام احمدی دارانی)

بنابر قاعده دست راست و با توجه به جهت جریان در سیم، میدان مغناطیسی در بالای سیم برون‌سو و در زیر سیم درون‌سو است. از طرف دیگر بنابر قاعده دست راست برای تعیین جهت نیرو، نیروی وارد بر هر دو بار به طرف سیم است، لذا هر دو بار الکتریکی جذب سیم می‌شوند. دقت کنید که بار q_1 منفی است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۷)

2- گزینه ۳

(عبدالرضا امینی نسب)

اگر طول سیم لوله (طول استوانه) را ℓ ، شعاع آن را r ، طول سیم را L و جریانی الکتریکی آن را I در نظر بگیریم، می‌توان نوشت:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط سیم لوله}} = \frac{L}{2\pi r}$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{\ell} \times \frac{L}{2\pi r} \Rightarrow I = \frac{(2\pi r \ell) B}{\mu_0 L}$$

از طرف دیگر سطح جانبی استوانه برابر حاصل ضرب محیط استوانه در طول آن است. یعنی داریم:

$$S = 2\pi r \ell$$

$$I = \frac{S \cdot B}{\mu_0 L} \quad S = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad L = 40 \text{ m}, B = 2 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\Rightarrow I = \frac{5 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-3}}{12.5 \times 10^{-7} \times 40} = \frac{10^{-5}}{5 \times 10^{-5}} = \frac{1}{5}$$

$$\Rightarrow I = 0.2 \text{ A} \quad 1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} \Rightarrow I = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ mA}$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۱ و ۸۳)

3- گزینه ۳

(امسان ایرانی)

بررسی گزینه‌ها:

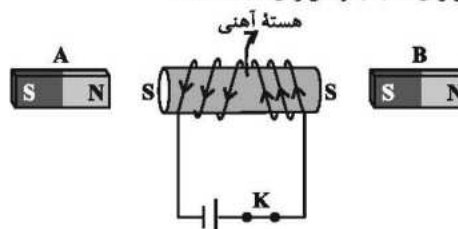
- (۱) آلیاژهای آهن جزو مواد فرومغناطیس سخت می‌باشد که حجم حوزه مغناطیسی آن‌ها به سختی تغییر می‌کند.
- (۲) نیکل جزو مواد فرومغناطیس می‌باشد و دارای حوزه مغناطیسی است.
- (۳) موادی نظیر نقره مس، بیسموت و سرب به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی هستند.
- (۴) مواد دیامغناطیس به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی هستند. این مواد شامل نقره مس و بیسموت است. آلومینیم و سدیم از جمله مواد پارامغناطیس هستند.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۳ و ۸۴)

4- گزینه ۲

(مصطفی کیانی)

بعد از بستن کلید، قطب‌های آهن رآی القایی ایجاد شده مطابق شکل است، لذا نیروی وارد بر آهن رآی A جاذبه و آهن رآی B دافعه است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه ۸۷)

5- گزینه ۴

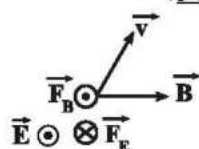
(زهرا آقامردی)

برای اینکه ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد، باید نیروی خالص وارد بر آن صفر شود. بنابراین نیرویی که از طرف میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی بر آن وارد می‌شود باید هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر باشند.

$$\vec{F}_B = \vec{F}_E \Rightarrow |q| v B \sin \theta = |q| E \Rightarrow E = v B \sin \theta$$

$$\Rightarrow E = 5 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2} = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

مطابق شکل زیر و با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون از طرف میدان مغناطیسی، برون‌سو است. بنابراین جهت نیروی الکتریکی باید درون‌سو باشد. چون بر بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود، لذا جهت میدان الکتریکی باید برون‌سو باشد.

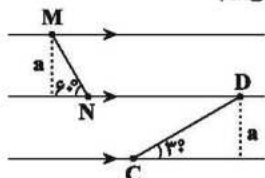


(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۳)

6- گزینه ۴

(امیرمسین برادران)

چون در میدان مغناطیسی یکنواخت خطوط میدان موازی و فاصله بین آن‌ها یکسان است، بنابراین، طول سیم‌ها را می‌یابیم:



$$\begin{cases} \sin 30^\circ = \frac{a}{CD} \\ \sin 60^\circ = \frac{a}{MN} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \\ \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} CD = 2a \\ MN = \frac{2a}{\sqrt{3}} \end{cases}$$

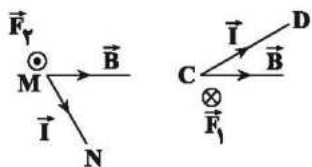
$$\sqrt{3} = \frac{CD}{MN} \Rightarrow CD = \sqrt{3} MN$$

اکنون نیروهای وارد بر هر یک از سیم‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$F = B I \ell \sin \theta \quad \frac{B_1 = B_2}{I_1 = I_2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2} \times \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$\frac{\sin \theta_1 = \frac{1}{2}}{\ell_1 = \sqrt{3} \ell_2, \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{\sqrt{3} \ell_2}{\ell_2} \times \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow F_1 = F_2$$

اکنون با توجه به قاعده دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر هر سیم را به‌دست می‌آوریم:



$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

بنابراین:

نکته: نیروی وارد بر سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی برابر با حاصل ضرب سه مؤلفه جریان عبوری، بزرگی میدان مغناطیسی و مؤلفه‌ای از سیم است که عمود بر میدان مغناطیسی است. بنابراین در این سؤال چون جریان عبوری از دو سیم یکسان است و هم‌چنین مؤلفه‌ای از طول سیم که عمود بر میدان مغناطیسی است هم برای هر دو سیم یکسان است، بنابراین بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌ها نیز یکسان خواهد بود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۳ و ۷۵)

7- گزینه ۱»

(سیرمهرشار موسوی)

چون زاویه بین خطوط میدان مغناطیسی با سطح حلقه 53° درجه است، لذا زاویه بین نیم خط عمود بر سطح حلقه و میدان $\theta_1 = 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$ است. چون با تغییر زاویه، شار مغناطیسی ۲۵ درصد کم می‌شود. بنابراین داریم:

$$\phi_2 = \phi_1 - 0.25\phi_1 = 0.75\phi_1$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{75}{100} \Rightarrow \frac{AB \cos \theta}{AB \cos \theta_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{\cos \theta_2}{\cos 37^\circ} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{\cos \theta_2}{0.8} = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \theta_2 = 0.6 \Rightarrow \theta_2 = 53^\circ$$

زاویه بین خطوط میدان و سطح قاب در حالت دوم $53^\circ - 37^\circ = 16^\circ$ درجه کاهش یافته است. می‌شود یعنی زاویه از 53° به 37° می‌رسد که به اندازه ۱۶ درجه کاهش یافته است. (مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۸۸)

8- گزینه ۲»

(مدرسارقی مام‌سیرده)

ابتدا جریان الکتریکی‌ای که به‌ازای آن انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله $4J$ می‌شود را بدست می‌آوریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow 4 = \frac{1}{2} \times 0.2 I^2 \Rightarrow 4 = 0.1 I^2 \Rightarrow I^2 = 40 \Rightarrow I = 20A$$

اکنون مشخص می‌کنیم در چه لحظه‌ای جریان عبوری از سیم‌لوله برابر $20A$ می‌شود:

$$I = \Delta t^2 - 10t + 20 \Rightarrow 20 = \Delta t^2 - 10t + 20$$

$$\Rightarrow \Delta t^2 - 10t = 0 \Rightarrow \Delta t(t - 10) = 0 \Rightarrow t = 10s$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۵ و ۹۶)

9- گزینه ۲»

(مدرسارقی راست‌پیمان)

در ۵ ثانیه اول و ده ثانیه دوم، شیب‌های نمودار ثابت هستند بنابراین چون شیب نمودار شار-زمان متناسب با نیروی محرکه القایی است، در نتیجه اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در دو ثانیه اول با ۵ ثانیه اول و اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در ۵ ثانیه چهارم با ده ثانیه دوم برابر است. در نتیجه داریم:

$$|\mathcal{E}_1| = \left| -N \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t_1} \right| = \left| -1 \times \frac{(12 - (-8)) \times 10^{-3}}{5} \right| = 4 \times 10^{-3} V$$

$$\Rightarrow |\mathcal{E}_1| = 4mV$$

$$|\mathcal{E}_2| = \left| -N \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t_2} \right| = \left| -1 \times \frac{(-8 - 12) \times 10^{-3}}{10} \right| = 2 \times 10^{-3} V$$

$$\Rightarrow |\mathcal{E}_2| = 2mV$$

بنابراین:

$$\frac{|\mathcal{E}_1|}{|\mathcal{E}_2|} = \frac{4}{2} = 2$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۰)

10- گزینه ۳»

(کاکم منشاری)

ابتدا تعداد دورهای پیچ را می‌یابیم و سپس جریان را پیدا می‌کنیم:

$$N = \frac{L}{2\pi r} \Rightarrow \frac{2\pi r \times 10^{-2} m}{2\pi \times 10^{-2} m} \Rightarrow N = \frac{18}{0.03\pi} = \frac{60}{\pi}$$

$$A = \pi \times (1.5 \times 10^{-2})^2 = 225\pi \times 10^{-6} m^2$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I = \frac{-N \times A \times B \times (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{R \times \Delta t} \quad \theta_1 = 0, \theta_2 = 90^\circ, R = 25\Omega, \Delta t = 0.7s$$

$$I = \frac{-\frac{60}{\pi} \times 225\pi \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-2} \times (-1)}{25 \times 0.7} = 12/5 \times 10^{-3} A = 12/5 mA$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۰)

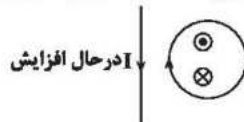
11- گزینه ۱»

(مدرسارقی مام‌سیرده)

با حرکت لغزنده به سمت راست، مقاومت R_P (طبق رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$) کاهش می‌یابد و باعث می‌شود مقاومت معادل مدار نیز کاهش یابد و در نتیجه طبق رابطه

$$I = \frac{V}{R}, \text{ شدت جریان در مدار که از پایانه مثبت به طرف پایانه منفی است، افزایش}$$

می‌یابد و این خود باعث می‌شود میدان مغناطیسی ناشی از جریان مدار در درون حلقه که از نوع برونسو است، نیز افزایش یابد. از طرف دیگر، چون طبق قانون لنز، جهت جریان القایی با تغییر شار مخالفت می‌کند، لذا باید میدان مغناطیسی به صورت درون سو توسط حلقه ایجاد شود و این در صورتی است که جهت جریان القایی آن ساعتگرد باشد.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ و ۹۳)

12- گزینه ۲»

(امسارن مقلبی)

با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر، با کاهش جریان الکتریکی عبوری از القاگر، انرژی ذخیره شده در آن نیز کاهش می‌یابد، بنابراین داریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{16} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{16} U_1$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 \Rightarrow \Delta U = \frac{1}{16} U_1 - U_1 = -\frac{15}{16} U_1$$

$$\Delta U = -15 \times 10^{-6} J \Rightarrow -15 \times 10^{-6} J = -\frac{15}{16} U_1 \Rightarrow U_1 = 16 \times 10^{-6} J$$

$$U_1 = \frac{1}{2} LI_1^2$$

$$L = \frac{2U_1}{I_1^2} = \frac{2 \times 16 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-3}} = \frac{1}{5} \times 10^{-3} H$$

$$I_1^2 = \frac{2U_1}{L} \Rightarrow I_1 = 8 \times 10^{-1} = 0.8 A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۵ و ۹۶)

13 - گزینه «ا»

(امسان ایرانی)

تنها مورد «ت» صحیح است.

الف) در نیروگاه ها برای انتقال برق، ابتدا از مبدل افزایشدهنده و در نهایت از مبدل کاهشدهنده استفاده می شود.

ب) رایج ترین روش برای ایجاد نیروی محرکه القایی تغییر زاویه θ در عبارت $\phi = BA \cos \theta$ است.

پ) در مولدهای صنعتی پیچیدهها ساکن اند و آهنربای الکتریکی در آن ها می چرخد.

ت) با افزایش جریان الکتریکی، انرژی در القاگر ذخیره می شود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه های ۹۵ و ۹۶)

14 - گزینه «ب»

(عابرها گونه)

با توجه به نمودار $I_{\max} = 8A$ است و چون $\frac{1}{f}$ دوره تناوب برابر با $10ms$

است داریم:

$$\frac{1}{f} T = 10 \times 10^{-3} \Rightarrow T = \frac{1}{50} s$$

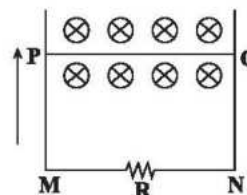
$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow I = 8 \sin\left(\frac{2\pi}{1/50} t\right)$$

$$\Rightarrow I = 8 \sin 100\pi t$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه های ۹۷ و ۹۸)

15 - گزینه «ب»

(معمدها شریانی)



با افزایش سطح قاب، بنابه رابطه $\phi = BA \cos \theta$ ، شار مغناطیسی عبوری از آن نیز

افزایش می یابد، در نتیجه با توجه به قانون لنز چون شار عبوری از حلقه افزایش می یابد،

می بایست میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط جریان القایی در حلقه برونسو شود تا با

افزایش میدان خارجی که درونسو است، مخالفت کند. بنابراین جهت جریان القایی در

مقاومت R از M به N و در سیم PQ از Q به P است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه های ۹۱ و ۹۲)

16 - گزینه «ا»

(امسان ایرانی)

ابتدا مساحت حلقه را حساب می کنیم:

$$A = \pi r^2 = \pi \frac{D^2}{4} = \pi \times \frac{(4)^2}{4} = 12\pi m^2$$

اکنون تغییر شار مغناطیسی را می یابیم. دقت کنید چون جهت میدان مغناطیسی تغییر

کرده است $B_T = -0.7T$ می شود.

$$\Delta\phi = \Delta BA \cos \theta \xrightarrow{B_1 = 0.7T, B_2 = -0.7T, \theta = 0}$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = (-0.7 - 0.7) \times 12\pi = -12\pi Wb$$

در آخر با محاسبه $\bar{\mathcal{E}}$ ، جریان القایی را پیدا می کنیم. دقت کنید چون مقاومت هر متر

سیم برابر 0.4Ω است، برای مقاومت کل سیم، طول آن را که برابر محیط یک حلقه

است، در 0.4 ضرب کنیم:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{-12\pi}{2} = 6\pi V$$

$$\text{محیط حلقه} = 2\pi r = \pi D = \pi \times 4 = 12\pi m \Rightarrow R = 12\pi \times 0.4 = 4.8\Omega$$

$$\Rightarrow \bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{6}{4.8} = 1.25 A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه های ۸۷ و ۹۰)

17 - گزینه «ا»

(مطالعی کانی)

الف) نادرست - قطب N مغناطیسی زمین مجاور قطب جنوب جغرافیایی و قطب S

مغناطیسی زمین مجاور قطب شمال جغرافیایی است.

ب) نادرست - محور چرخش زمین و محور مغناطیسی زمین بر یکدیگر منطبق

نیستند.

پ) نادرست - زمین مانند یک آهنربای بزرگ است، با این تفاوت که قطب های

مغناطیسی آن کاملاً بر قطب های جغرافیایی منطبق نمی باشند، در واقع قطب های

مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند.

ت) درست - عقربه مغناطیسی در محدوده خط استوا به طور افقی قرار می گیرد، اما

در سایر نقاط آن با افق (موازی سطح زمین) زاویه ای می سازد که به این زاویه، شیب

مغناطیسی می گویند.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۶ و ۷۰)

18 - گزینه «ب»

(موردی کزنسب)

می دانیم به بار منفی نیروی الکتریکی در خلاف جهت میدان وارد می شود. بنابراین

نیروی الکتریکی به سمت بالا است. از طرف دیگر، نیروی وزن گلوله به طرف پایین بر

آن وارد می شود. بنابراین ابتدا اندازه این دو نیرو را به دست می آوریم و با هم مقایسه

می کنیم تا جهت حرکت گلوله را بیابیم و مشخص کنیم، نیروی \vec{F}_B به کدام سمت

بر آن وارد شود.

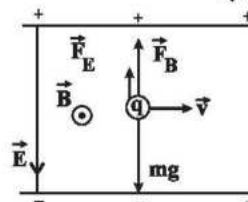
$$F_E = |q| E \xrightarrow{E = \frac{\Delta V}{d}} F_E = |q| \times \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow{\Delta V = 20V, d = 0.02m, |q| = 5 \times 10^{-6} C}$$

$$F_E = 5 \times 10^{-6} \times \frac{20}{0.02} \Rightarrow F_E = 5 \times 10^{-4} N$$

$$W = mg \xrightarrow{m = 200mg = 200 \times 10^{-6} kg, g = 10 \frac{N}{kg}}$$

$$W = 2 \times 10^{-4} \times 10 = 2 \times 10^{-3} N$$

چون $mg > F_E$ است، گلوله به طرف پایین منحرف می‌شود. بنابراین برای جلوگیری از انحراف گلوله، باید نیروی مغناطیسی \vec{F}_B رو به بالا و در جهت \vec{F}_E باشد. در این صورت با توجه به قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی، برونسو است و اندازه آن برابر است با:



$$F_B + F_E = mg \Rightarrow F_B + qv \times 10^{-6} = 20 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow F_B = 12/5 \times 10^{-4} \text{ N}, F_B = |q| v_B \xrightarrow{v=10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}} 12/5 \times 10^{-4}$$

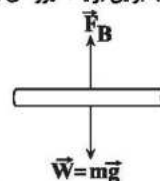
$$= 5 \times 10^{-6} \times 10^{-4} \times B \Rightarrow B = 2/5 \times 10^{-2} \text{ T} \xrightarrow{1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}} B = 250 \text{ G}$$

(ترکیبی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۸ و ۱۷ و ۷۳)

19 - گزینه «۳»

(امیرحسین برادران)

چون سیم در حال تعادل است، بنابراین برآیند نیروهای وارد بر آن برابر صفر است.



$$F_B = W \xrightarrow{F_B = BIl, W = mg, m = \rho V} BIl = \rho A l g$$

$$\Rightarrow I = \frac{\rho A g}{B} \xrightarrow{I = \frac{V}{R}, R = \rho' \frac{l}{A}} \frac{VA}{\rho' l} = \frac{\rho A g}{B}$$

$$\Rightarrow V = \frac{\rho' \rho g l}{B} \xrightarrow{\rho' = 8/4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 8400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho = 5 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, B = 12 \text{ G} = 12 \times 10^{-4} \text{ T}, l = 0.4 \text{ m}}$$

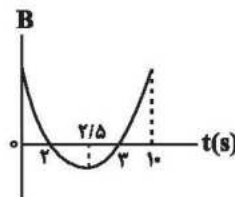
$$V = \frac{8400 \times 5 \times 10^{-7} \times 10 \times 0.4}{12 \times 10^{-4}} = 14 \text{ V}$$

(ترکیبی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۳ و ۳۶ و ۷۵)

20 - گزینه «۲»

(امیر پروفس)

با توجه به معادله $B = t^2 - 5t + 6$ ، نمودار میدان مغناطیسی بر حسب زمان مطابق شکل زیر رسم می‌شود. اگر میدان مغناطیسی برون‌سو را مثبت و درون‌سو را منفی در نظر بگیریم، با توجه به نمودار، در بازه‌های زمانی $(t = 0 \text{ تا } t = 2 \text{ s})$ و $(t = 3 \text{ s} \text{ تا } t = 4 \text{ s})$ میدان مغناطیسی مثبت (یعنی برون‌سو) و برای بازه زمانی $(t = 2 \text{ s} \text{ تا } t = 3 \text{ s})$ میدان مغناطیسی منفی (یعنی درون‌سو) است. بنابراین می‌توان گفت:



I پداستگرد $\Rightarrow \odot$ القایی $B' \Rightarrow$ در حال کاهش $B \Rightarrow (t = 0 \text{ تا } t = 2 \text{ s})$

I پداستگرد $\Rightarrow \odot$ القایی $B' \Rightarrow$ در حال افزایش $B \Rightarrow (t = 2 \text{ s} \text{ تا } t = 3 \text{ s})$

I ساعتگرد $\Rightarrow \otimes$ القایی $B' \Rightarrow$ در حال کاهش $B \Rightarrow (t = 3 \text{ s} \text{ تا } t = 4 \text{ s})$

I ساعتگرد $\Rightarrow \otimes$ القایی $B' \Rightarrow$ در حال افزایش $B \Rightarrow (t = 4 \text{ s} \text{ تا } t = 10 \text{ s})$

با توجه به جهت جریان در بازه‌های زمانی داده شده:

گزینه «۱» درست است.

گزینه «۲» نادرست است. در بازه زمانی $2/5 \text{ s}$ تا $4/5 \text{ s}$ ، جریان القایی همواره ساعتگرد است.

گزینه «۳» درست است. مطابق نمودار شار عبوری از حلقه از لحظه $t = 0$ تا لحظه $t = 2 \text{ s}$ به علت کاهش بزرگی میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.

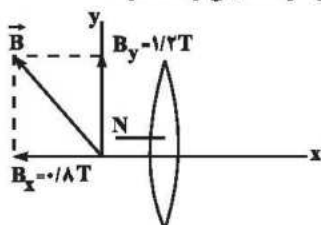
گزینه «۴» درست است. فقط در لحظه $t = 2/5 \text{ s}$ جهت جریان القایی تغییر می‌کند.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۲)

21 - گزینه «۱»

(علیرضا کونه)

با توجه به این که حلقه عمود بر محور x است، بنابراین فقط مؤلفه x بردار میدان مغناطیسی از داخل حلقه عبور می‌کند و مؤلفه y آن به موازات سطح حلقه است و نمی‌تواند باعث عبور شار مغناطیسی از حلقه شود.



در این حالت داریم:

$$\phi_x = B_x A \cos \theta \xrightarrow{B_x = 0.8 \text{ T}, \theta = 0} \xrightarrow{A = 500 \text{ cm}^2 = 500 \times 10^{-4} \text{ m}^2} 5 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\phi = 0.8 \times 500 \times 10^{-4} \times \cos(0) \Rightarrow$$

$$\phi_x = 4 \times 10^{-2} \times 1 = 4 \times 10^{-2} \text{ Wb} \Rightarrow \phi_x = 0.04 \text{ Wb}$$

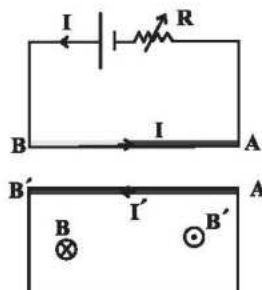
$$\phi_y = B_y A \cos 90 \Rightarrow \phi_y = 0$$

$$\phi = \phi_x + \phi_y = 0.04 + 0$$

$$\Rightarrow \phi = 0.04 \text{ Wb}$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۸۸)

اگر مقاومت روستا را کاهش دهیم، بنا به رابطه $I = \frac{\mathcal{E}_s}{R + R_{AB}}$ ، جریان الکتریکی عبوری از سیم AB افزایش می‌یابد، در نتیجه باعث افزایش میدان مغناطیسی اطراف آن که به صورت درون‌سو از حلقه پایین می‌گذرد، خواهد شد. با افزایش میدان مغناطیسی درون‌سو در حلقه پایین، شار مغناطیسی عبوری از آن نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه طبق قانون لنز، جریان القایی ایجاد شده در سیم $A'B'$ باید به گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی ناشی از آن در درون حلقه برون‌سو باشد تا از افزایش شار مغناطیسی جلوگیری نماید. بنابراین، جریان القایی در حلقه پایین باید پادساعتگرد باشد که از A' به طرف B' خواهد بود. یعنی در سوی مخالف جریان سیم AB است. در این حالت، چون جریان الکتریکی سیم‌های AB و $A'B'$ در دو سوی مخالف هم‌اند، سیم‌ها همدیگر را دفع می‌کنند.



بنابراین:

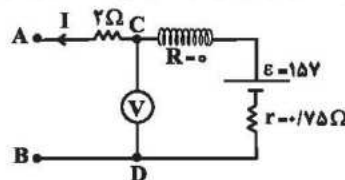
- (۱) اگر R کاهش یابد، جریان در سیم‌های AB و $A'B'$ در سوی مخالف هم‌اند و این دو سیم همدیگر را دفع می‌کنند.
 (۲) اگر R افزایش یابد، جریان در سیم‌های AB و $A'B'$ هم‌جهت‌اند و این دو سیم همدیگر را جذب می‌کنند.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۶۱ و ۶۲)

23- گزینه «۲»

(غلامرضا مری)

ابتدا جریان عبوری از سیموله را محاسبه می‌کنیم: چون سیموله بدون مقاومت است، ولتسنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد. بنابراین داریم:



$$V = \mathcal{E} - rI \Rightarrow 12 = 15 - 0.75 \times I$$

$$\Rightarrow 0.75I = 3 \Rightarrow I = 4 \text{ A}$$

در نتیجه، میدان مغناطیسی درون سیموله برابر است با:

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I = \frac{N}{\ell} I \Rightarrow B = 12 \times 10^{-7} \times 4 = 48 \times 10^{-7} \text{ T}$$

دقت کنید، تعداد حلقه‌ها در یکای طول (۱ متر) همان نسبت $\frac{N}{\ell}$ می‌باشد.

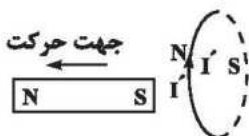
(ترکیبی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۰، ۵۱ و ۵۲)

24- گزینه «۲»

(مصطفی کباتی)

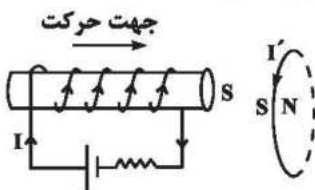
الف) درست - وقتی جریان الکتریکی در سیم در حال افزایش باشد، جریان القایی در سمتی از حلقه که نزدیک سیم راست واقع است در خلاف جهت جریان سیم است. زیرا، میدان مغناطیسی حاصل از سیم در درون حلقه درون‌سو و در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، باید جریان القایی در سویی باشد، که میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط آن با میدان مغناطیسی درون‌سوی حاصل از سیم مخالفت کند. یعنی میدان مغناطیسی القایی درون حلقه برون‌سو باشد که در این صورت جریان القایی در حلقه پادساعتگرد خواهد بود.

ب) درست - چون قطب S آهنربا نزدیک حلقه در حال دور شدن است، سمت چپ آن قطب N ناشی از میدان مغناطیسی القایی ایجاد می‌شود که از دور شدن آن جلوگیری نماید. یعنی باید جریان در حلقه ساعتگرد باشد.



پ) درست - با توجه به قاعده دست راست (چهار انگشت در جهت حرکت میله، کف دست عمود بر صفحه به طرف داخل، انگشت شست جهت جریان القایی) جهت جریان القایی در میله متحرک طرف چپ و یا در حلقه ساعتگرد است.

ت) نادرست - با توجه به جهت جریان مولده که به طرف چپ است، میدان مغناطیسی درون سیموله به گونه‌ای است که سمت راست آن قطب S می‌باشد. بنابراین، با توجه به جهت حرکت سیموله، در طرف چپ حلقه قطب S ایجاد می‌شود تا از نزدیک شدن سیموله به حلقه جلوگیری نماید. در این صورت، جریان در حلقه روبه پایین و پادساعتگرد است.



(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۶۱ و ۶۲)

25- گزینه «۳»

(شورام اعمدی درانی)

چون در لحظه‌ای که شار مغناطیسی بیشینه است، نیروی محرکه القایی صفر می‌باشد و برعکس، لذا گزینه‌های (۱) و (۴) خط می‌خورند. برای بررسی دو گزینه دیگر، ابتدا دوره تناوب جریان متناوب را می‌یابیم:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{t=60s}{n=3600} = \frac{1}{60} s$$

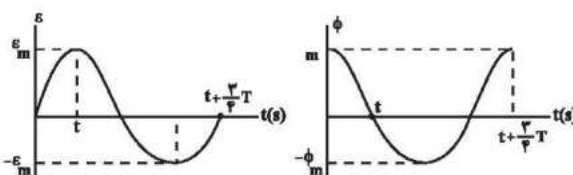
اکنون باید تعیین کنیم، $\frac{1}{80} s$ چه کسری از دوره تناوب (T) است.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{80}}{\frac{1}{60}} \Rightarrow \Delta t = \frac{3}{4} T$$

می‌بینیم، $\frac{1}{80} s$ معادل $\frac{3}{4} T$ است. بنابراین، اگر در لحظه t، جریان الکتریکی

عبوری از قاب بیشینه باشد، در لحظه $t' = t + \frac{1}{80} = t + \frac{3}{4} T$ ، جریان صفر

می‌شود و با توجه به رابطه $\mathcal{E} = RI$ ، نیروی محرکه القایی نیز صفر خواهد شد. در نتیجه، شار مغناطیسی عبوری از قاب بیشینه خواهد بود. نمودارهای زیر، نشان می‌دهد در لحظه‌ای که شار مغناطیسی عبوری از قاب بیشینه است، نیروی محرکه القایی صفر است.

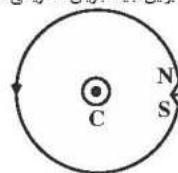


(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۷ و ۹۸)

26- گزینه «۲»

(علیرضا کونه)

با توجه به شکل، اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان الکتریکی قرار دهیم، جهت خم شدن چهار انگشت دست راست جهت N و جهت باز شدن آن‌ها، جهت S را نشان می‌دهد یا به عبارت دیگر، باید انگشت شست دست راست را طوری در امتداد سیم قرار دهیم که چهار انگشت دست راست که جهت خط‌های میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد، وارد قطب S عقربه مغناطیسی شود. بنابراین، باید جریان الکتریکی در سیم برون‌سو باشد.



ادامه:

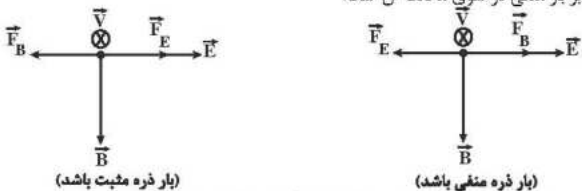
در ضمن با انتقال عقربه مغناطیسی از نقطه A به نقطه B، عقربه از حالت افقی در نقطه A به حالت عمودی در نقطه B تغییر می‌کند. بنابراین عقربه مغناطیسی 90° درجه چرخیده است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۷ و ۹۸)

27- گزینه «۴»

(امیر پوروسف)

چون نوع بار الکتریکی ذره مشخص نیست، یکبار یا بار مثبت و یک بار یا بار منفی شکل را رسم و گزینه درست را انتخاب می‌کنیم، دقت کنید، چون ذره باردار از مسیر اولیه خودش منحرف نمی‌شود، الزاماً نیروهای \vec{F}_B و \vec{F}_E هم‌اندازه و در سوی مخالف هم می‌باشند. در ضمن نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت هم‌سو با میدان الکتریکی و نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در سوی مخالف آن است.



می‌بینیم، بار ذره مثبت یا منفی باشد، شکل گزینه «۴» درست است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۳)

28- گزینه «۱»

(مصطفی کباتی)

اگر مطابق شکل زیر، بردارهای سرعت و میدان مغناطیسی را رسم کنیم، می‌بینیم وقتی ذره باردار وارد میدان مغناطیسی متغیر می‌شود، در صفحه $X-Z$ به‌صورت دایره‌ای حرکت می‌کند، که در هر لحظه، بردار \vec{B} بر بردار \vec{V} عمود است. بنابراین با استفاده از $F = |q|VB \sin$ به‌صورت زیر، لحظه t را می‌یابیم:

$$F = |q|VB \sin \theta$$

$$F = 1.2 \times 10^{-6} N, \quad \theta = 90^\circ, \quad B = 2 T$$

$$|q| = 2 \times 10^{-6} C, \quad v = \frac{m}{s}$$

$$1.2 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times v \times \sin 90^\circ \Rightarrow v = 1 \Rightarrow t = 1 s$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۳)

29- گزینه «۲»

(مهدی گولیان)

با توجه به این‌که ذره باردار با سرعت ثابت حرکت می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن صفر است. بنابراین با توجه به شکل زیر، ابتدا تنذی حرکت ذره باردار را می‌یابیم:

$$mg = F_B$$

$$F_B = |q|VB \sin \theta$$

$$mg = |q|VB \sin \theta$$

$$m = 2mg \times 10^{-6} kg, \quad |q| = 2 \times 10^{-6} C$$

$$B = 0.5 T, \quad \theta = 90^\circ$$

$$2 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} \times 0.5 \times \sin 90^\circ \Rightarrow v = 2 \times 10^{-2} \frac{m}{s}$$

اکنون با استفاده از رابطه $d = vt$ ، زمان طی مسیر AC را می‌یابیم:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d = 8.0 \text{ cm} \times 10^{-2} m}{v = 2 \times 10^{-2} \frac{m}{s}} = \frac{8 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = 4 = 10^{-3} s$$

$$10^{-3} s = 1 \text{ ms} \Rightarrow \Delta t = 1 \text{ ms}$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۳)

30- گزینه ۲»

(عدالرضا امینی نسب)

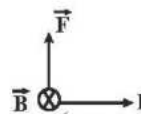
با استفاده از رابطه نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی، می توان نیرو را بدست آورد.

$$F = I \ell B \sin \theta \quad \theta = \frac{I = 10 \text{ A}, \ell = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}}{B = 100 \text{ G} = 10^{-2} \text{ T} \times 10^{-2} \text{ T}, \quad 90^\circ}$$

$$F = 1 \times 0.05 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow F = 5 \times 10^{-2} \times 1 = F = 0.05 \text{ N}$$

با توجه به جهت میدان مغناطیسی و جهت جریان الکتریکی، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به طرف بالا است. دقت کنید جهت شمال را با علامت \otimes و جهت جنوب را با علامت \odot نشان می دهیم.

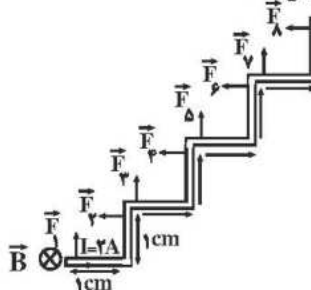


(مغناطیس و الکتریسیته) (فیزیک ۲، صفحه های ۷۳ و ۷۴)

31- گزینه ۳»

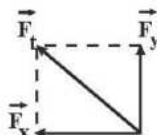
(معمد صابری مام سید)

با توجه به جهت جریان درون سیم و جهت میدان مغناطیسی و با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیروی وارد بر هر قطعه سیم را مطابق شکل زیر رسم می کنیم و با استفاده از رابطه $F = B I \ell \sin \theta$ اندازه نیروی وارد بر هر قطعه را می یابیم. دقت کنید، نیروی وارد بر آنها نیز یکسان می باشند.



$$\begin{cases} F_1 = F_2 & F_3 = F_4 & E = \\ F = B I \ell \sin \theta = 1/2 \times 2 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ & F = 10^{-2} \text{ N} \\ F_1 = F_2 & F_3 = F_4 & E' = \\ F' = B I \ell \sin \theta = 1/2 \times 2 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ & F' = 10^{-2} \text{ N} \end{cases}$$

اکنون بر اینها را در راستای محورهای X و Y می یابیم:



$$|F_x| = F_1 \cos 45^\circ + F_2 \cos 45^\circ = 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10^{-2} \text{ N}$$

$$|F_y| = F_1 \sin 45^\circ + F_2 \sin 45^\circ = 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10^{-2} \text{ N}$$

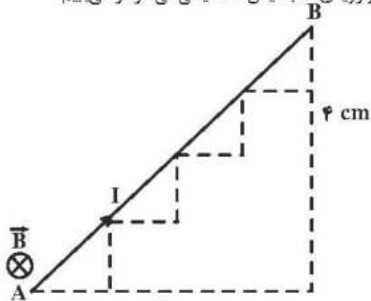
$$\Rightarrow |F_y| = 16 \text{ mN}$$

در نهایت بر اینها را برابر است با:

$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad F_x = F_y \Rightarrow \sqrt{2} F_x \quad F_T = \sqrt{2} \times 16 \text{ mN}$$

$$\Rightarrow F_T = 16\sqrt{2} \text{ mN}$$

روش دوم: برای محاسبه نیروی وارد بر قطعه سیم AB، کافی است، نیروی وارد بر سیمی که ابتدا و انتهای قطعه سیم شکسته AB را به هم متصل می کند، محاسبه نماییم. با توجه به شکل زیر، ابتدا طول سیم مستقیم AB و زاویه ای که با میدان مغناطیسی می سازد را می یابیم:



$$AB = \sqrt{4^2 + 4^2} = 4\sqrt{2} \text{ cm} = 4\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = I \ell B \sin \theta \quad I = 2 \text{ A} \quad B = 0.2 \text{ T}$$

$$F = 2 \times 4\sqrt{2} \times 10^{-2} \times 0.2 \times \sin 45^\circ \Rightarrow F = 16\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$10^{-2} \text{ N} = 16 \text{ mN} \Rightarrow F = 16\sqrt{2} \text{ mN}$$

(مغناطیس و الکتریسیته) (فیزیک ۲، صفحه های ۷۳ و ۷۴)

32- گزینه ۴»

(قارچ از کشور ریاضی ۹۸)

استفاده از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان، داریم:

$$F = B I \ell \sin \theta \quad [F] = [B][I][\ell]$$

$$\Rightarrow N = T \cdot A \cdot m \quad T \Rightarrow \frac{N}{A \cdot m}$$

(مغناطیس و الکتریسیته) (فیزیک ۲، صفحه های ۴۵ و ۴۶)

33- گزینه ۴»

(قارچ مرغانی)

$$B_A = \frac{\mu_0 N_A I_A}{L_A} \quad \text{طبق رابطه میدان مغناطیسی داخل سیملوله داریم:}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 20}{1} = 8\pi \times 10^{-2} \text{ T} \quad \text{تجه } \vec{B}_A \leftarrow$$

$$B_B = \frac{\mu_0 N_B I_B}{L_B}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 125 \times 8}{1} = 4\pi \times 10^{-2} \text{ T} \quad \text{تجه } \vec{B}_B \rightarrow$$

دنیارب یسی طان غم نادیم تهج

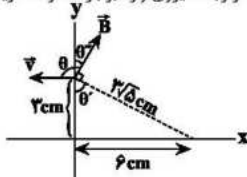
$$B_T = B_A - B_B = 8\pi - 4\pi = 4\pi \text{ T}$$

(مغناطیس و الکتریسیته) (فیزیک ۲، صفحه های ۸۱ و ۸۲)

34- گزینه ۳»

(امیر حسین برار ران)

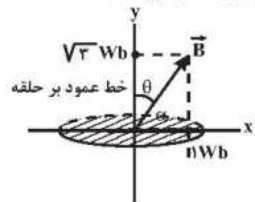
ابتدا جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان را در نقطه A بدست می آوریم. اکنون با استفاده از رابطه نیروی وارد بر بار متحرک داریم:



38- گزینه «۲»

(معمولی گیانی)

با توجه به شکل زیر، بردار میدان مغناطیسی \vec{B} با محور x زاویه 60° درجه می‌سازد و با خط عمود بر سطح حلقه زاویه $\theta = 30^\circ$ خواهد ساخت. بنابراین، با محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی به صورت زیر شارمغناطیسی عبوری از حلقه را می‌یابیم:



$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{1} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$\theta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\vec{B} = \vec{i} + \sqrt{3}\vec{j} \text{ (T)} \Rightarrow B = \sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} \Rightarrow B = \sqrt{4} = 2 \text{ T}$$

$$\Phi = BA \cos \theta \quad A = \pi r^2 = \pi \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 30^\circ \Rightarrow \Phi = 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow \Phi = 2\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۸۸)

39- گزینه «۳»

(مهم اسری)

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (BA \cos \theta)}{\Delta t} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \text{شیب نمودار در بازه زمانی } 4\text{s تا } 6\text{s}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -1 \times 2 \times (\pi \times 10^{-2})^2 \times \cos 0^\circ \times \frac{0-4}{6-4}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -2 \times 4 \times 10^{-4} \times 1 \times (-2)$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = 16 \times 10^{-4} \text{ V} = 2 / 4 \text{ mV}$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۰)

$$\theta = 90^\circ + \theta'$$

$$F = qVB \sin \theta \quad \theta = 90^\circ + \theta' \Rightarrow F = qVB \sin(90^\circ + \theta')$$

$$\frac{\sin(90^\circ + \theta') = \cos \theta'}{\cos \theta' = \sin \theta'} \Rightarrow F = qVB \sin \theta'$$

$$\sin \theta' = \frac{r\sqrt{5}}{\Delta}$$

$$B = 2 \times 10^{-2} \text{ T}, q = 1.6 \mu\text{C}, v = 2\sqrt{5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

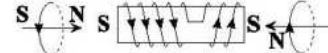
$$F = 1.6 \times 10^{-6} \times 2\sqrt{5} \times 2 \times 10^{-2} \times \frac{2\sqrt{5}}{\Delta}$$

$$= 2\sqrt{5} \times 10^{-9} \text{ N} = 2\sqrt{5} \times 10^{-9} \text{ mN}$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲، ۷۷ و ۷۸)

35- گزینه «۱»

(امیرحسین برادران)



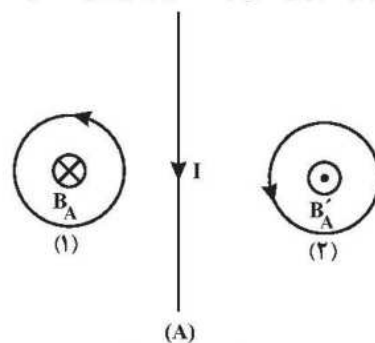
با استفاده از قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی را درون حلقه‌ها و سیمولوله مشخص می‌کنیم. با توجه به این که قطب‌های ناهم‌نام مقلیل هم قرار دارند بنابراین نیروی وارد به حلقه‌های (۱) و (۲) از طرف سیمولوله از نوع جاذبه است.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۰ و ۸۲)

36- گزینه «۲»

(امیرحسین برادران)

چون نوع نیرویی که دو سیم به هم وارد می‌کنند از نوع دافعه است. بنابراین جریان عبوری از دو سیم خلاف جهت هم است. پس جریان عبوری از سیم A به سمت پایین است. با حرکت A به سمت چپ، با توجه به جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم A در سمت راست، B'_A در حال کاهش و در سمت چپ B_A در حال افزایش است. بنابراین با توجه به قانون لنز جهت جریان القا در حلقه‌های (۱) و (۲) پداساعتگرد است.

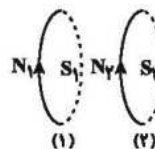


(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۰ و ۹۱ و ۹۳)

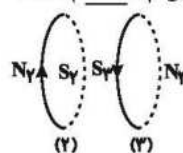
37- گزینه «۲»

(مهری میرانبار)

وقتی دو حلقه حامل جریان (۱) و (۲) یکدیگر را جذب می‌کنند، جهت جریان دو حلقه هم‌جهت می‌باشند.



دو حلقه (۲) و (۳) یکدیگر را دفع می‌کنند، بنابراین جهت جریان دو حلقه در خلاف جهت یکدیگر است در نتیجه جهت جریان I_2 موافق I_1 و جهت جریان I_3 مخالف I_1 است.

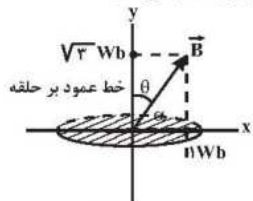


(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۹ و ۸۰)

38- گزینه «۲»

(مطلبی کتابی)

با توجه به شکل زیر، بردار میدان مغناطیسی \vec{B} با محور x زاویه 60° درجه می‌سازد و با خط عمود بر سطح حلقه زاویه 30° خواهد ساخت. بنابراین، با محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی به صورت زیر شار مغناطیسی عبوری از حلقه را می‌یابیم:



$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{1} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$\theta = 90 - 60 = 30^\circ$$

$$\vec{B} = \vec{i} + \sqrt{3}\vec{j} \quad (T) \Rightarrow B = \sqrt{1 + (\sqrt{3})^2} \Rightarrow B = \sqrt{4} = 2T$$

$$\Phi = BA \cos \theta \quad A = \pi r^2 = \pi (10^{-2})^2 \text{ m}^2$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-4} \times \cos 30^\circ \Rightarrow \Phi = 4 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow \Phi = 2\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۸۸)

39- گزینه «۳»

(مصدر اسدی)

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (BA \cos \theta)}{\Delta t} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \text{شیب نمودار در بازه زمانی } \Phi_s \text{ تا } \Phi_s$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -1 \times 3 \times (\pi \times 10^{-2})^2 \times \cos 0^\circ \times \frac{0 - 4}{6 - 4}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -3 \times 4 \times 10^{-4} \times 1 \times (-2)$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = 24 \times 10^{-4} \text{ V} = 2 / 4 \text{ mV}$$

(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۰)

$$\theta = 90 + \theta'$$

$$F = qVB \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90 + \theta'} F = qVB \sin (90 + \theta')$$

$$\xrightarrow{\sin (90 + \theta') = \cos \theta'} F = qVB \sin \theta'$$

$$\sin \theta' = \frac{r\sqrt{5}}{\Delta}$$

$$B = 2 \times 10^{-4} T, q = 1.6 \mu C, v = 2 \Delta \frac{m}{s}$$

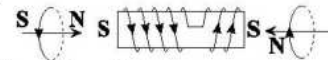
$$F = 1.6 \times 10^{-6} \times 2 \Delta \times 2 \times 10^{-4} \times \frac{r\sqrt{5}}{\Delta}$$

$$= 2\sqrt{5} \times 10^{-4} N = 2\sqrt{5} \times 10^{-4} \text{ mN}$$

(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲، ۷۳ و ۷۴)

35- گزینه «۱»

(امیرفرسین برادران)



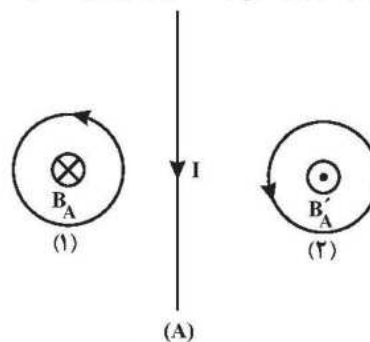
با استفاده از قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی را درون حلقه‌ها و سیم‌لوله مشخص می‌کنیم. با توجه به این که قطب‌های ناهم‌نام مقابل هم قرار دارند بنابراین نیروی وارد به حلقه‌های (۱) و (۲) از طرف سیم‌لوله از نوع جاذبه است.

(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۰ و ۸۲)

36- گزینه «۲»

(امیرفرسین برادران)

چون نوع نیرویی که دو سیم به هم وارد می‌کنند از نوع دافعه است، بنابراین جریان عبوری از دو سیم خلاف جهت هم است. پس جریان عبوری از سیم A به سمت پایین است. با حرکت A به سمت چپ، با توجه به جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم A در سمت راست، B_A در حال کاهش و در سمت چپ B_A در حال افزایش است. بنابراین با توجه به قانون لنز جهت جریان القا در حلقه‌های (۱) و (۲) پادساعتگرد است.

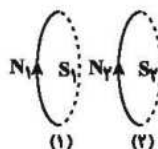


(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۶ و ۸۰ و ۹۱ و ۹۳)

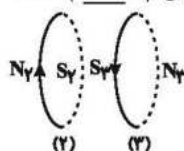
37- گزینه «۲»

(مهری میراب زاده)

وقتی دو حلقه حامل جریان (۱) و (۲) یکدیگر را جذب می‌کنند، جهت جریان دو حلقه هم جهت می‌باشند.



دو حلقه (۲) و (۳) یکدیگر را دفع می‌کنند، بنابراین جهت جریان دو حلقه در خلاف جهت یکدیگر است در نتیجه جهت جریان I_2 موافق I_1 و جهت جریان I_3 مخالف I_1 است.



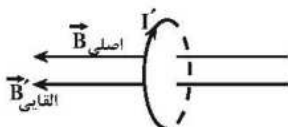
(مغناطیس و الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۹ و ۸۰)

اکنون به صورت زیر، تعداد دورها را می یابیم:

$$\epsilon_{av} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \epsilon_{av} = 10V \quad \Delta t = 0.05s \rightarrow 10 = -N \times \frac{-8 \times 10^{-4}}{0.05}$$

$$\Rightarrow N = 625$$

برای تعیین جهت جریان می توان گفت، چون شار مغناطیسی عبوری از سطح پیچه در حال کاهش است، جریان القا می شود که میدانی همسو با میدان مغناطیسی اولیه (از راست به چپ) ایجاد کند تا مانع کاهش شار شود. بنابراین به کمک قاعده دست راست جریان القایی در جهت (۱) خواهد بود.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه های ۸۶ تا ۹۲)

48 - گزینه «۳»

(معمور منسوری)

وقتی یک عقربه مغناطیسی را از وسط آن آویزان می کنیم، در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی گیرد و امتداد آن با سطح افق زاویه می سازد. به این زاویه، شیب مغناطیسی گفته می شود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه ۷۰)

49 - گزینه «۳»

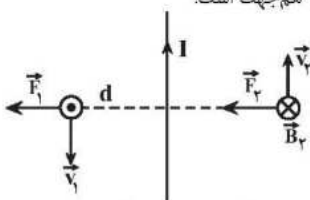
(غلامرضا مصبی)

چون بار q_2 در فاصله دورتری نسبت به سیم حامل جریان در حال حرکت است، میدان مغناطیسی در محل این بار ضعیفتر است. بنابراین بنا به رابطه $F = qVB \sin \theta$ می توان نوشت:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{B_2}{B_1} \times \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad \theta_1 = \theta_2 = 90^\circ, V_2 = V \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{B_2}{B_1}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = 1 \times \frac{V}{2V} \times \frac{B_2}{B_1} \times 1 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{B_2}{2B_1} \quad B_2 < B_1 \rightarrow F_2 < F_1$$

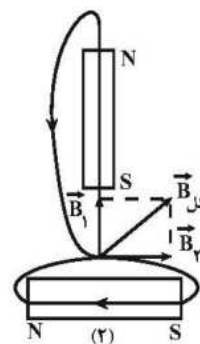
از طرف دیگر، میدان مغناطیسی در محل بار q_2 درون سو \otimes و در محل بار q_1 برون سو \odot است. بنابراین، طبق قاعده دست راست، نیروی وارد بر بارهای q_1 و q_2 هم جهت است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه های ۷۱ تا ۷۳ و ۷۶ تا ۷۸)

با توجه به این که خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب N خارج و به

قطب S وارد می شود، بردار برآیند میدان در نقطه P به صورت زیر خواهد بود:



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۶ تا ۶۸)

46 - گزینه «۴»

(معمور منسوری)

با استفاده از رابطه بزرگی میدان مغناطیسی داخل یک سیملوله، طول اولیه

سیملوله را می یابیم. دقت کنید، چون B با ℓ نسبت عکس دارد، با افزایش

ℓ ، میدان مغناطیسی کاهش می یابد.

$$B_2 = B_1 - 0.75 B_1 = 0.25 B_1$$

$$\ell_2 = \ell_1 + 4$$

$$B = \mu \frac{NI}{\ell} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{\ell_1}{\ell_2} \Rightarrow \frac{0.25 B_1}{B_1} = \frac{\ell_1}{\ell_1 + 4}$$

$$\Rightarrow 0.25 \ell_1 + 4 = \ell_1 \Rightarrow \ell_1 = 12m$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه ۸۱)

47 - گزینه «۲»

(سیره ملیحه میر صالحی)

ابتدا تغییر شار مغناطیسی را می یابیم:

$$\Delta\phi = AB_2 \cos \theta_2 - AB_1 \cos \theta_1$$

$$\frac{B_1 = 0.4T, B_2 = -0.4T}{A = 10cm^2 = 10 \times 10^{-4} m^2, \theta_1 = 0, \theta_2 = 180^\circ}$$

$$\Delta\phi = 10 \times 10^{-4} \times 0.4 \times (\cos 180^\circ - \cos 0^\circ) = -8 \times 10^{-4} wb$$

50 - گزینه «۴»

(مصطفی کبانی)

ابتدا با استفاده از رابطه $B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$ ، تعداد دورهای سیموله را می‌یابیم:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} \quad \ell = 1.0 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$$

$$B = 12 \text{ G} = 12 \times 10^{-4} \text{ T}, I = 2 \text{ A}$$

$$12 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N \times 2}{0.01} \Rightarrow N = 50$$

اکنون با استفاده از رابطه $\ell = (2\pi r)N$ ، شعاع هر حلقه سیموله را

$$\ell = (2\pi r)N \Rightarrow r = \frac{\ell}{2\pi N} = \frac{0.01}{2\pi \times 50} = 0.02 \text{ m}$$

در آخر با محاسبه مساحت هر حلقه، شار مغناطیسی عبوری از آن را حساب می‌کنیم:

$$\phi = AB \cos \theta \Rightarrow \phi = \pi r^2 B \cos \theta$$

$$\frac{r = 0.02 \text{ m} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}}{B = 12 \times 10^{-4} \text{ T}, \pi = 3.14}$$

$$\Rightarrow \phi = 1.44 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$\frac{10^{-6} = \mu}{\phi = 1.44 \mu \text{ Wb}}$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۰ تا ۸۲ و ۸۷)



(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه ۸۱)

53 - گزینه «۳»

(مریم شیخ‌مومو)

می‌دانیم در صورتی مسیر حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی تغییر نمی‌کند که بر ذره نیرو وارد نشود. از طرف دیگر می‌دانیم، اگر ذره باردار در راستای خطوط میدان مغناطیسی حرکت نماید بر آن نیرو وارد نمی‌شود. بنابراین، لازم است بردارهای \vec{v} و \vec{B} موازی یکدیگر باشند. با توجه به این‌که شیب بردارهای موازی یکسان است، می‌توان نوشت:

$$\vec{v} = 200\vec{i} + v_y\vec{j} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$\vec{B} = -0.4\vec{i} + 1.6\vec{j} \text{ (T)}$$

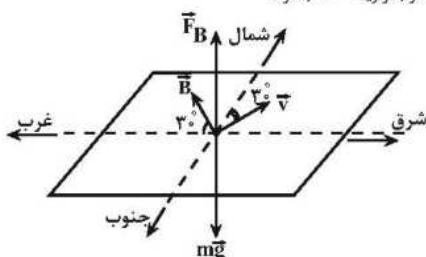
$$\vec{v} \text{ بردار } \vec{B} \Rightarrow \frac{v_y}{200} = \frac{1.6}{-0.4} \Rightarrow v_y = -800 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ تا ۷۳)

54 - گزینه «۲»

(عباس امیری)

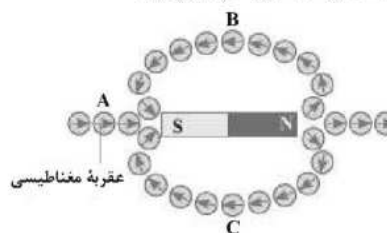
برای اینکه ذره منحرف نشود، باید نیروی مغناطیسی وارد بر آن نیروی وزن ذره را خنثی نماید. از طرف دیگر، برای اینکه بزرگی میدان مغناطیسی حداقل باشد، باید راستای میدان بر راستای سرعت ذره عمود باشد. بنابراین با توجه به قاعده دست راست، باید میدان مغناطیسی در جهت شمال غربی باشد و با جهت شمال، زاویه 60° و با غرب زاویه 30° بسازد.



51 - گزینه «۴»

(عباس امیری)

با توجه به شکل زیر و جهت گیری عقربه مغناطیسی، سمت راست آهنربا قطب N خواهد بود و با توجه به وضعیت عقربه در نقاط A، B و C، با جابه‌جایی عقربه از نقطه C به نقطه A و سپس به نقطه B، عقربه مغناطیسی 360° درجه می‌چرخد. دقت کنید، با انتقال عقربه از نقطه C به نقطه A، 180° درجه می‌چرخد و سپس از نقطه A به نقطه B نیز 180° درجه خواهد چرخید.



(مغناطیس و الای الکترومغناطیس) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۶۶ تا ۶۸)

52 - گزینه «۳»

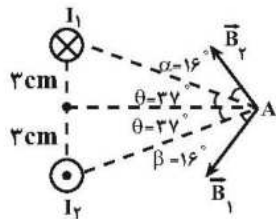
(علی بزرگی)

ابتدا با استفاده از قاعده دست راست، قطب‌های سیموله را تعیین می‌کنیم. با توجه به جهت جریان الکتریکی در سیموله، در قسمت بالا و پایین آن قطب N ایجاد می‌شود. بنابراین، با توجه به این‌که A قطب N و B قطب S آهنربا است، لذا سیموله قطب A را دفع و قطب B را جذب خواهد کرد.

57- گزینه ۳»

(زهره آقامحمدی)

ابتدا با استفاده از قاعده دست راست، میدان مغناطیسی حاصل از هر یک سیم‌ها را در نقطه A رسم می‌کنیم. از آنجا که میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست حامل جریان در هر نقطه بر خط واصل بین سیم تا نقطه مورد نظر عمود است، لذا با توجه به شکل، زاویه‌های α و β هر کدام برابر 16° درجه خواهد شد. بنابراین زاویه بین میدان‌های مغناطیسی دو سیم برابر است با:



زاویه بین \vec{B}_1 و \vec{B}_2 $\theta = 37^\circ$
 $\alpha = \beta = 16^\circ$

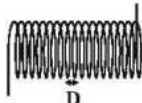
$$= (2 \times 37) + 16 + 16 = 106^\circ$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۶ و ۷۹)

58- گزینه ۲»

(عباس اسفندی)

با توجه به شکل مقابل، اگر قطر سیم برابر D باشد از آنجا که حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند، طول سیم لوله برابر $l = ND$ خواهد بود، که در این‌جا N تعداد حلقه‌های سیم لوله است. بنابراین، خواهیم داشت:



$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \xrightarrow{l=ND} B = \frac{\mu_0 NI}{ND} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{D}$$

$$\xrightarrow{D=0.1mm=0.1 \times 10^{-3}m} B = \frac{12 \times 10^{-6} \times 2}{0.1 \times 10^{-3}} = 24 \times 10^{-3} T$$

$$\xrightarrow{1T=10^3 G} B = 24 \times 10^{-3} \times 10^3 = 24 G$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۱ و ۸۲)

59- گزینه ۴»

(نادر حسین‌پور)

برای صفر شدن میدان مغناطیسی در نقطه M، میدان مغناطیسی دو سیم‌لوله باید با یکدیگر برابر و در خلاف جهت یکدیگر باشند. بنابراین می‌توان نوشت:

$$B_P = B_Q \xrightarrow{B = \frac{\mu_0 NI}{l}} \frac{\mu_0 N_P I_P}{l_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{l_Q}$$

$$\xrightarrow{l_P = l_Q} N_P I_P = N_Q I_Q$$

$$\xrightarrow{N_P = 500, N_Q = 200} 500 \times I_P = 200 \times 2 \Rightarrow I_P = 0.8 A$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۱ و ۸۲)

$$F_B = mg \Rightarrow qvB \sin 90^\circ = mg \xrightarrow{q=4 \times 10^{-6} C, m=2mg=2 \times 10^{-6} kg} v = 1.5 \frac{m}{s}, g = 10 \frac{N}{kg}}$$

$$4 \times 10^{-6} \times 1.5 \times B \times 1 = 2 \times 10^{-6} \times 10 \Rightarrow B = \frac{2 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow B = 0.5 \times 10^{-2} T \xrightarrow{1T=10^3 G} B = 0.5 \times 10^{-2} \times 10^3 = 0.5 G$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲)

55- گزینه ۱»

(مسیر عبوری‌نژاد)

وقتی ذره باردار در داخل میدان مغناطیسی یکنواخت منحرف می‌شود، تندی آن ثابت می‌ماند. بنابراین، ابتدا تندی ذره را به کمک رابطه تندی متوسط می‌یابیم:

$$|v| = s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{l=\pi R, R=1m, \pi=3} |v| = \frac{\pi R}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t=3/2 \times 10^{-3} s}$$

$$|v| = \frac{3 \times 1}{3/2 \times 10^{-3}} = \frac{2}{3} \times 10^3 \frac{m}{s}$$

اکنون اندازه بار الکتریکی ذره را پیدا می‌کنیم:

$$|q| = ne \xrightarrow{n=2 \times 10^{14}, e=1.6 \times 10^{-19} C} |q| = 2 \times 10^{14} \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-5} C$$

در آخر، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را حساب می‌کنیم:

$$F = |q| v B \sin \theta \xrightarrow{F=2mN=2 \times 10^{-3} N, \theta=90^\circ} 3.2 \times 10^{-5} = 2/2 \times 10^{-5}$$

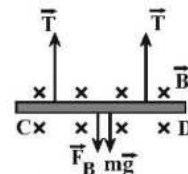
$$\times \frac{2 \times 10^3}{3/2} \times B \times \sin 90^\circ \xrightarrow{\sin 90^\circ=1} B = 0.1 T$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱ و ۷۳)

56- گزینه ۱»

(زهره آقامحمدی)

مطابق شکل مقابل بر میله حامل جریان نیروهای کشش طناب، نیروی وزن و نیروی مغناطیسی وارد می‌شود. بنابراین، ابتدا نیروهای وزن و $2T$ را با هم مقایسه می‌کنیم:



$$2T = 2 \times 2/4 = 4/8 N$$

$$W = mg \xrightarrow{m=24 \times 10^{-3} kg, g=10 \frac{N}{kg}} W = mg = 24 \times 10^{-3} \times 10 = 2/4 N$$

چون میله در حال تعادل قرار دارد و $2T > mg$ است، لذا نیروی مغناطیسی وارد بر آن به طرف پایین و بزرگی آن برابر است با:

$$F_{nety} = 0 \Rightarrow 2T = mg + F_B \Rightarrow 4/8 = 2/4 + F_B$$

$$\Rightarrow F_B = 2/4 N$$

اکنون با داشتن اندازه F_B ، به‌صورت زیر جریان عبوری از میله را می‌یابیم:

$$F_B = IlB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ, B=AT, l=12 \times 10^{-2} m} 2/4 = I \times 1/2 \times 0.8 \Rightarrow I = 2/5 A$$

هم‌چنین با توجه به قاعده دست راست و جهت نیروی مغناطیسی، جهت جریان از D به C خواهد شد. (مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

ابتدا شار مغناطیسی عبوری از پیچه را در لحظه‌های $t_1 = \frac{1}{200} s$ و $t_2 = \frac{1}{200} s$ بدست می‌آوریم:

$$\phi = \lambda \times 10^{-3} \cos 200\pi t \Rightarrow \begin{cases} \phi_1 = \lambda \times 10^{-3} \times \cos 200\pi \times \frac{1}{200} \\ \cos \frac{\pi}{2} = 0 \rightarrow \phi_1 = 0 \\ \phi_2 = \lambda \times 10^{-3} \times \cos 200\pi \times \frac{1}{200} \\ \cos \pi = -1 \rightarrow \phi_2 = -\lambda \times 10^{-3} \text{ Wb} \end{cases}$$

اکنون با استفاده از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، باصورت زیر نیروی محرکه القایی متوسط را پیدا می‌کنیم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N \frac{\phi_2 - \phi_1}{t_2 - t_1} \quad N=60$$

$$\bar{\varepsilon} = -60 \times \frac{(-\lambda \times 10^{-3} - 0)}{\frac{1}{200} - \frac{1}{400}} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \frac{6 \times \lambda \times 10^{-2}}{\frac{1}{400}} = 192V$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ و ۹۰)

با توجه به نمودار داده شده، $I_{\max} = \sqrt{2} \Delta A$ و $\frac{3T}{2} = \frac{1}{200} s$ است. بنابراین، ابتدا با محاسبه T و استفاده از معادله جریان متناوب، جریان در لحظه $t = \frac{1}{200} s$ را می‌یابیم:

$$\frac{3T}{2} = \frac{1}{200} \Rightarrow T = \frac{1}{300} s$$

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \xrightarrow{T=\frac{1}{300} s, t=\frac{1}{200} s} I = \sqrt{2} \Delta \times \sin\left(\frac{2\pi}{\frac{1}{300}} \times \frac{1}{200}\right)$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{2} \Delta \sin \frac{\pi}{6} = \sqrt{2} \Delta A$$

اکنون انرژی ذخیره شده در سیمولوله را محاسبه می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \xrightarrow{L=\frac{4}{25} mH} U = \frac{1}{2} \times \frac{4}{25} \times (\sqrt{2} \Delta)^2 = 10^{-5} J$$

دقت کنید، چون U را برحسب میلی‌ژول خواسته است، ضریب القای (L) را برحسب میلی‌هاری جایگذاری نموده‌ایم.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۵ و ۹۸)

الف) درست است. حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان مغناطیسی خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. لذا، این مواد توسط میدان خارجی دفع می‌شوند.
ب) نادرست است. مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند.
پ) نادرست است. حوزه‌های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی (فرومغناطیسی نرم) در حضور میدان مغناطیسی خارجی، به سهولت تغییر می‌کنند و ماده به سادگی آهنربا می‌شود.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۳ و ۸۴)

بنا به رابطه $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ، یکای $\bar{\varepsilon}$ ویر بر ثانیه است که معادل ولت می‌باشد. همچنین بنا به رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ، یکای ΔV برابر ژول بر کولن است که معادل ولت می‌باشد.

بنابراین، یکاهای ویر بر ثانیه، ژول بر کولن و ولت معادل یکدیگرند. یعنی ۳ یکا معادل یکدیگرند.

دقت کنید، بنا به رابطه $P = \frac{U}{t}$ ، ژول بر ثانیه معادل وات است که یکای توان می‌باشد.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه ۸۸)

ابتدا تغییر میدان مغناطیسی داخل سیمولوله را در اثر تغییر جریان الکتریکی می‌یابیم. دقت کنید، بنا به رابطه $\Delta \phi = A \cdot \cos \theta \cdot \Delta B$ ، تغییر میدان مغناطیسی باعث تغییر شار مغناطیسی می‌شود.

$$\Delta B = B_2 - B_1 \xrightarrow{B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}} \Delta B = \frac{\mu_0 N I_2}{\ell} - \frac{\mu_0 N I_1}{\ell}$$

$$\Rightarrow \Delta B = \frac{\mu_0 N}{\ell} (I_2 - I_1) \xrightarrow{I_2 - I_1 = 10 A, N = 10^2, \ell = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}} \Delta B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2}{0.2} \times 10 = 2\pi \times 10^{-2} T$$

اکنون تغییر شار مغناطیسی را می‌یابیم. دقت کنید، سطح مقطع سیمولوله عمود بر خط‌های مغناطیسی درون آن است، در نتیجه $\theta = 0$ است.

$$A = \pi r^2 \xrightarrow{r=2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}} A = \pi \times 16 \times 10^{-4} = 16\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta \phi = A \cdot \cos \theta \cdot \Delta B = 16\pi \times 10^{-4} \times \cos(0) \times 2\pi \times 10^{-2} = 32\pi^2 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$\xrightarrow{\pi^2=10} \Delta \phi = 32 \times 10 \times 10^{-6} = 3.2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه ۸۷)

طبق متن کتاب درسی داریم:

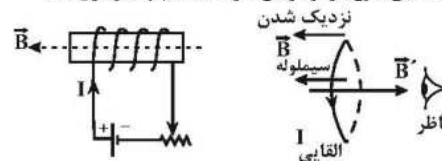
قبل از انتقال توان الکتریکی از نیروگاه‌ها، مبدل‌های افزایشنده، ولتاژ را تا حدود 400 kV افزایش می‌دهند. در انتهای مسیر، مبدل‌های کاهشنده، ولتاژ را کاهش می‌دهند تا توان الکتریکی با امنیت بیشتر به محل مصرف برسد.

(مغناطیس و الای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه ۹۹)

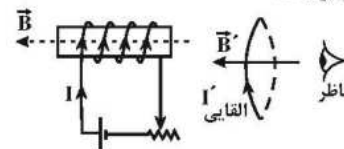
66- گزینه «۲»

(نمره آزمونری)

با توجه به جهت جریان عبوری از سیملوله، جهت میدان مغناطیسی داخل آن به سمت چپ است. با نزدیک شدن حلقه به سیملوله، شار مغناطیسی عبوری از آن افزایش می‌یابد، در نتیجه میدان مغناطیسی القا می‌شود. بنابراین، جهت جریان القا می‌شود. سیملوله ایجاد می‌شود. بنابراین، جهت جریان القا می‌شود. در حلقه از دید ناظر پادساعتگرد خواهد شد تا طبق قانون لنز، از افزایش شار به سمت چپ جلوگیری کند.



در حالت دوم، با افزایش مقاومت رنوستا، جریان عبوری از سیملوله کاهش می‌یابد، در نتیجه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه نیز کاهش می‌یابد. بنابراین، جهت جریان القا می‌شود. در حلقه، از دید ناظر ساعتگرد خواهد شد تا طبق قانون لنز از کاهش شار مغناطیسی به سمت چپ جلوگیری کند.



(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ و ۹۳)

67- گزینه «۳»

(معمور مشوری)

وقتی سیمی را به صورت پیچه در می‌آوریم، طول سیم برابر تعداد دورهای پیچه ضربدر محیط یک حلقه است. چون حلقه، مربعی شکل است، محیط آن برابر $4a$ و طول ضلع مربع است) بنابراین، ابتدا طول ضلع مربع را می‌یابیم:

$$L = N \times \text{محیط مربع} \quad \frac{L = 60 \text{ m}}{N = 150, \text{ محیط مربع} = 4a} \rightarrow$$

$$60 = 150 \times 4a \Rightarrow a = 0.1 \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

اکنون شار مغناطیسی عبوری از پیچه را می‌یابیم. دقت کنید، چون سطح پیچه با خط‌های میدان مغناطیسی زاویه 37° می‌سازد، نیم‌خط عمود بر سطح با خط‌های میدان زاویه $53^\circ = 90 - 37 = \theta$ خواهد ساخت. بنابراین داریم:

$$\phi = BA \cos \theta \quad \frac{A = a^2 = (10^{-1})^2 = 10^{-2} \text{ m}^2, \theta = 53^\circ}{B = 4 \times 10^{-3} \text{ T}, \cos \theta = \cos 53^\circ = 0.6}$$

$$\phi = 4 \times 10^{-3} \times 10^{-2} \times 0.6 \cos 53^\circ$$

$$\Rightarrow \phi = 2.4 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ و ۸۷)

68- گزینه «۴»

(معمور مشوری)

چون القاگر در مسیر لامپ L_1 قرار دارد و با تغییر جریان مخالفت می‌کند، لذا ابتدا جریانی از لامپ L_1 عبور نمی‌کند و تمام جریان از لامپ L_2 عبور خواهد کرد. بنابراین لامپ L_1 ابتدا خاموش است و به تدریج پرنور می‌شود (درستی مورد الف). لامپ L_1 ابتدا پرنور و سپس کم‌نور می‌شود، زیرا جریان آن کاهش می‌یابد (درستی مورد ب).

دقت کنید، چون جریان لامپ L_2 بیشتر از جریان لامپ L_1 و جریان لامپ L_1 بیشتر از جریان لامپ L_2 است و مقاومت هر سه لامپ هم‌اندازه می‌باشند، بنا به رابطه $P = RI^2$ ، نور لامپ L_2 بیشتر از نور لامپ L_1 و نور لامپ L_1 بیشتر از نور لامپ L_2 است (درستی مورد پ).

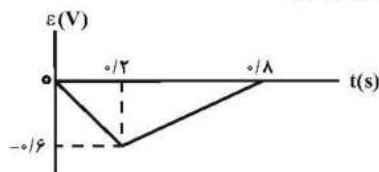
بنابراین، هر سه عبارت درست است.

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ و ۹۵)

69- گزینه «۲»

(مربع ششمی)

بنا به رابطه $\epsilon = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ، مساحت سطح محصور بین نمودار $\epsilon - t$ و محور t برابر با $\Delta \phi$ است. بنابراین، ابتدا $\Delta \phi$ را می‌یابیم:



$$\Delta \phi = |\text{مساحت مثلث}| = \left| \frac{-0.6 \times 0.4}{2} \right| = 0.12 \text{ Wb}$$

اکنون، با استفاده از رابطه زیر، ΔB را می‌یابیم. دقت کنید، چون سطح حلقه عمود بر خطوط میدان مغناطیسی است، $\theta = 0$ می‌باشد.

$$\Delta \phi = A \cos \theta \Delta B \quad \frac{A = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2, \theta = 0}{\Delta \phi = 0.12 \text{ Wb}} \rightarrow$$

$$0.12 = 4 \times 10^{-2} \times \cos(0) \times \Delta B$$

$$\Delta B = 6 \text{ T} \quad \frac{1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}}{\Delta B = 6 \times 10^4 \text{ G}}$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ و ۹۰)

70- گزینه «۱»

(امپدانس برابری)

با توجه به رابطه جریان و شار متناوب داریم:

$$I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \frac{I = 5 \text{ A}}{I_{\max} = 10 \text{ A}} \rightarrow \sin \frac{2\pi}{T} t = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos \frac{2\pi}{T} t = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\phi = AB \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \quad \frac{A = 200 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{B = 600 \text{ G} = 6 \times 10^{-2} \text{ T}, \cos \frac{2\pi}{T} t = \frac{\sqrt{3}}{2}} \rightarrow$$

$$\phi = 2 \times 10^{-2} \times 6 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

(مغناطیس و الای الکترودمغناطیسی) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۷ و ۹۸)



1- چند مورد از عبارت‌های زیر درست است؟

- (الف) آلومینیم، پلاتین و سرب نمونه‌هایی از مواد پارامغناطیس هستند.
 (ب) برای ساخت آهنربای دائمی از مواد فرومغناطیس سخت استفاده می‌شود.
 (پ) یک ماده دیامغناطیس توسط یک آهنربای قوی، دفع می‌شود.
 (ت) با قرار گرفتن مواد پارامغناطیسی در میدان مغناطیسی خارجی، حوزه‌های مغناطیسی در جهت میدان قرار می‌گیرند.

۱ (۴)

۲ (۳)

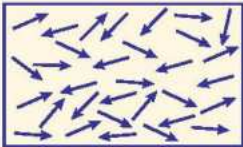
۳ (۲)

۴ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۹	۱	۶	سوال	پاردهم	الکتروسیته ساکن	و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

مواد پارامغناطیس



در غیاب میدان مغناطیسی

اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند؛ اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند.

با قرار دادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیسی خارجی قوی، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها، مانند عقربه قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها، دوباره به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.

به این ترتیب می‌توان گفت مواد پارامغناطیس در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

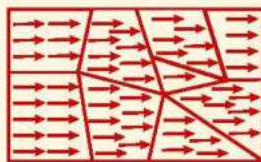
مواد فرومغناطیس



در غیاب میدان مغناطیسی

در این مواد دوقطبی‌های مغناطیسی به‌صورت گروهی، حوزه‌های مغناطیسی تشکیل می‌دهند.

با قرار گرفتن این مواد در میدان مغناطیسی، حوزه‌هایی که دوقطبی‌های آن‌ها در راستای میدان است گسترش می‌یابند و ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند، در حالت اشباع تمام دوقطبی‌ها در راستای میدان قرار می‌گیرند.



در حضور میدان مغناطیسی

مواد فرومغناطیس به دو دسته تقسیم می‌شوند:



موادی مانند آهن، کبالت و نیکل فرومغناطیس نرم هستند و در هسته سیم‌لوله‌ها و ساخت آهنرباهای الکتریکی کاربرد دارند. و آلیاژ آن‌ها مانند فولاد، فرومغناطیس سخت هستند و در ساخت آهنرباهای دائمی کاربرد دارند.

مواد دیامغناطیس

اتم‌های مواد دیامغناطیس نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. (توسط آهنربا دفع می‌شوند)

القای خاصیت مغناطیسی

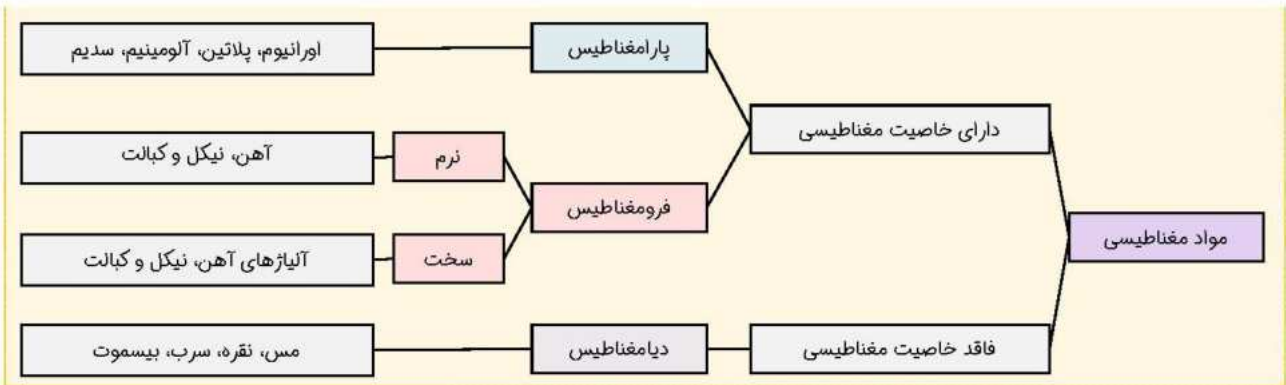
وقتی که مواد پارامغناطیسی یا فرو مغناطیسی در میدان مغناطیسی قرار بگیرند، دوقطبی‌های آن‌ها همانند عقربه مغناطیسی عمل کرده و در جهت میدان قرار می‌گیرند. از این رو بر خاصیت مغناطیسی‌شان افزوده می‌شود و آثار آهنربایی از خود نشان می‌دهند.

اگر این میدان حذف شود:

در مواد پارامغناطیسی دوقطبی‌ها به وضعیت اولیه‌شان برمی‌گردند.

در مواد فرومغناطیسی نرم، حوزه‌ها به حالت اولیه برمی‌گردند.

در مواد فرو مغناطیسی سخت با حذف میدان، حوزه‌ها تقریباً در همین وضعیت باقی می‌مانند و حالت آهنربای دائم تشکیل می‌دهند.



موارد ب و پ درست هستند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) نادرست؛ سرب جزء موارد دیامغناطیس است.

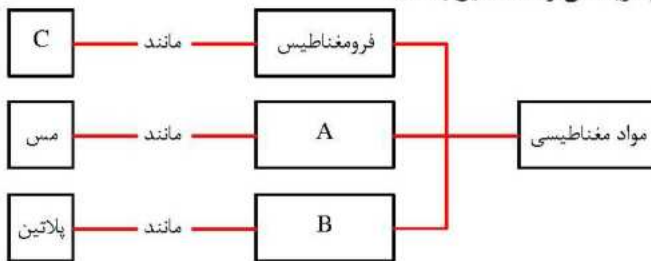
ب) درست؛ مواد فرومغناطیس سخت، به سختی آهنربا می‌شوند ولی خاصیت آهنربایی خود را حفظ می‌کنند. به همین دلیل برای ساخت آهنربای دائمی از مواد فرومغناطیس سخت استفاده می‌کنند.

پ) درست؛ میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند در مواد دیامغناطیسی دوقطبی‌های مغناطیسی موقت القا کند. جهت این دو قطبی‌ها در خلاف سوی میدان مغناطیسی خارجی است؛ بنابراین این مواد توسط آهنربا دفع می‌شوند.

ت) نادرست؛ مواد پارامغناطیسی حوزه‌های مغناطیسی ندارند.

گروه آموزشی ماز

2- در طرح‌واره مقابل، موارد A، B و C به ترتیب از راست به چپ در کدام گزینه می‌توانند صحیح باشند؟



۱) پارامغناطیسی - دیامغناطیسی - آلومینیوم

۲) پارامغناطیسی - دیامغناطیسی - فولاد

۳) دیامغناطیسی - پارامغناطیسی - آلومینیوم

۴) دیامغناطیسی - پارامغناطیسی - فولاد

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان سادگی
درجه از ۱۰	۵	۱	۵	سوال	یازدهم	مغناطیس و القای الکترومغناطیس	ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	ساده

۱- مواد از نظر خاصیت مغناطیسی به سه دسته تقسیم می‌شوند.

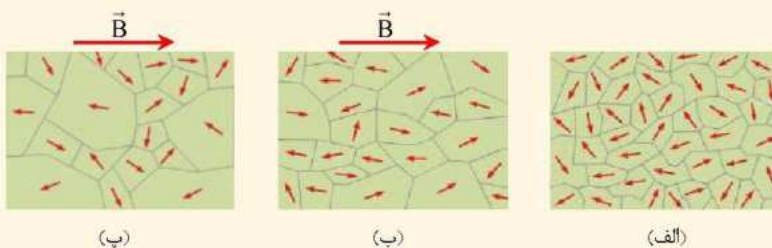


۲- در مورد مواد فرومغناطیسی به نکات زیر توجه کنید.

الف) اتم‌های آن‌ها دارای خاصیت مغناطیسی ذاتی هستند و دوقطبی‌های آن‌ها درون حوزه‌های مغناطیسی همسو هستند.

ب) در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، جهت‌گیری دوقطبی‌ها بدون حوزه‌های مغناطیسی به گونه‌ای است که اثر هم را خنثی کنند ولی با برقرار کردن میدان مغناطیسی خارجی در اطراف مواد فرومغناطیسی، جهت دوقطبی‌ها درون حوزه‌ها به سمت میدان متمایل می‌شود و در نتیجه حوزه‌های همسو با میدان رشد می‌کنند و حجم آن‌ها افزایش می‌یابد.

شکل زیر اثر میدان مغناطیسی خارجی را بر مواد فرومغناطیسی نشان می‌دهد.

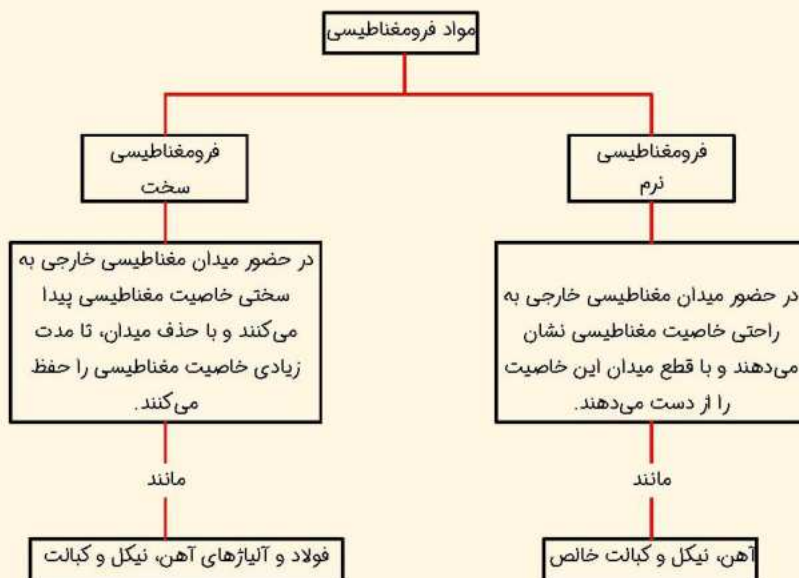


الف) بدون حضور میدان مغناطیسی خارجی
ب) با حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف
پ) با حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی
ج) مواد فرومغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

(پ)

(ب)

(الف)



د) مواد فرومغناطیسی نرم مانند آهن خالص برای ساختن آهنرباهای الکتریکی به کار می‌روند، در حالی که موادی مانند فولاد که فرومغناطیسی سخت هستند برای ساختن آهنربای دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳- در مورد مواد پارامغناطیسی به نکات زیر توجه کنید.

الف) اتم‌های آن‌ها خاصیت مغناطیسی ذاتی دارند ولی دوقطبی‌های آن‌ها به صورت کاتوره‌ای و نامنظم جهت‌گیری کرده‌اند.

ب) با قرار دادن آن‌ها در یک میدان مغناطیسی قوی، دوقطبی‌های آن‌ها به طور مختصر در جهت میدان منظم می‌شوند و در نتیجه خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقتی از خود نشان می‌دهند.

ج) اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم و ... از جمله مواد پارامغناطیسی هستند.

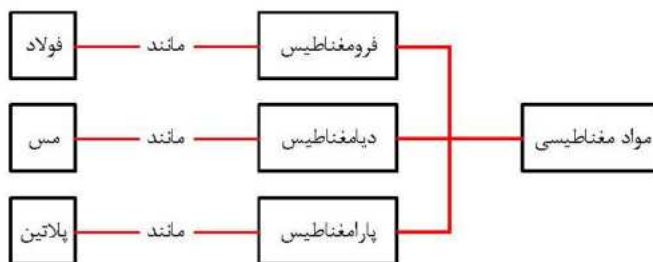
۴- در مورد مواد دیامغناطیسی به نکات زیر توجه کنید.

الف) اتم‌های آن‌ها خاصیت مغناطیسی ذاتی ندارند.

ب) حضور میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند باعث القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی شود.

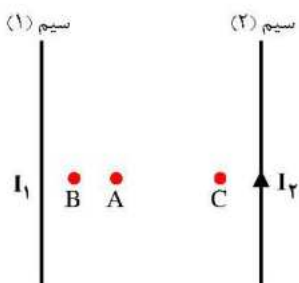
ج) مس، نقره، سرب و ... از جمله مواد دیامغناطیسی هستند.

مطابق درسنامه فوق، گزینه (۴) صحیح است.



این سؤال براساس تمرین ۱۶ در انتهای فصل سوم کتاب درس فیزیک یازدهم رشته تجربی طرح شده است.

3 - مطابق شکل مقابل، دو سیم راست بسیار بلند موازی در نزدیکی هم قرار دارند و میدان مغناطیسی خالص در نقطه A صفر است. کدام یک از عبارت‌های زیر در مورد این شکل نادرست است؟



الف) جریان I_2 بزرگ‌تر از جریان I_1 است.

ب) جهت جریان دو سیم در خلاف جهت یکدیگر است.

ج) میدان مغناطیسی خالص در نقطه B بیرون‌سو است.

د) میدان مغناطیسی خالص در نقطه C درون‌سو است.

۱) الف)، ب) و د)

۲) فقط ج)

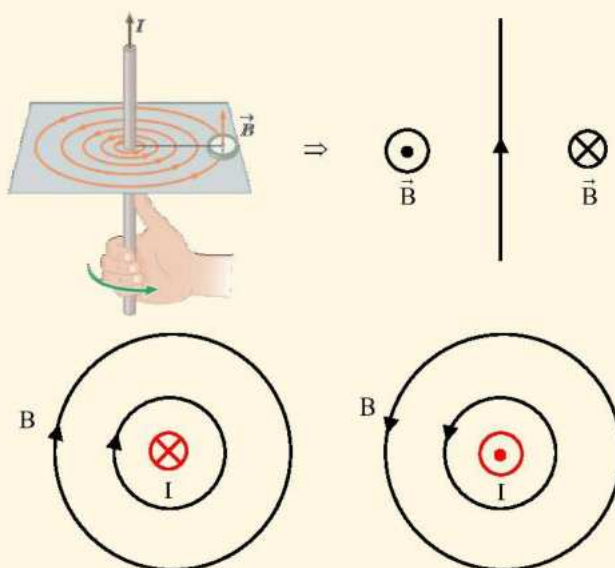
۳) ب)، ج) و د)

۴) ج) و د)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناختی	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۹	۷	۱۰	سوال	پارادهم	مغناطیس و القای الکترومغناطیس	و ترکیب	۵	۵	متوسط	متوسط

۱) در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. جهت این میدان مطابق با قاعده دست راست تعیین می‌شود. برای این کار کافی است انگشت شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم و چهار انگشت دست راست را حول آن بچرخانیم، در این صورت جهت میدان مغناطیسی در همان جهت چرخش چهار انگشت خواهد بود. به شکل‌های زیر دقت کنید.



میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست حامل جریان الکتریکی درون‌سو در جهت ساعتگرد است.

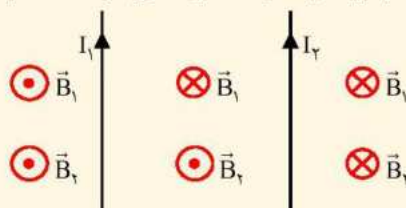
میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست حامل جریان الکتریکی بیرون‌سو در جهت پادساعتگرد است.

۲) شدت میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم با جریان سیم رابطه مستقیم و با فاصله از سیم رابطه عکس دارد.

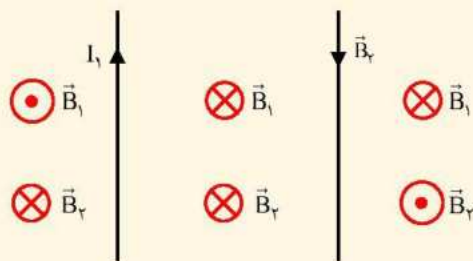
$$B \propto I \quad \text{جریان سیم } I$$

$$B \propto \frac{1}{r} \quad \text{فاصله از سیم } r$$

۳) اگر دو سیم راست حامل جریان الکتریکی در نزدیکی هم قرار بگیرند، دو حالت زیر امکان‌پذیر است که هریک از آن‌ها را جداگانه بررسی خواهیم کرد. حالت اول: جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد.

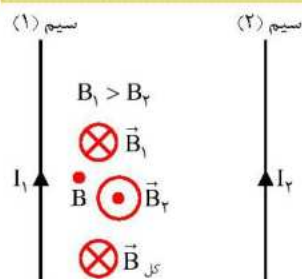


در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل بالاست. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در فاصله بین آن‌ها مخالف هم است و در نتیجه میدان مغناطیسی در فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر صفر می‌شود. دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی خالص دقیقاً در وسط فاصله آن‌ها صفر خواهد شد.



حالت دوم: جریان سیم‌ها در خلاف یکدیگر باشد.

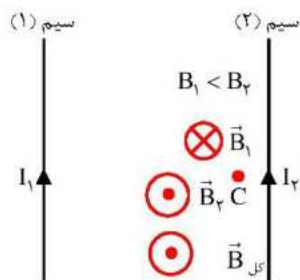
در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل بالاست. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در خارج از فاصله بین آن‌ها مخالف هم است و در نتیجه میدان مغناطیسی در خارج از فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر صفر می‌شود. دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی خالص در هیچ نقطه‌ای صفر نخواهد شد.



برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید.

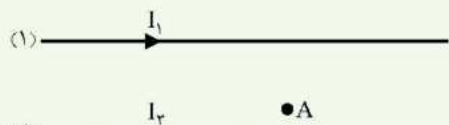
- (۱) چون میدان مغناطیسی خالص در فاصله بین دو سیم صفر شده است، جریان سیم‌ها هم‌جهت است.
- (۲) چون میدان خالص در نزدیک سیم (۱) صفر شده است، جریان I_1 کم‌تر از جریان I_2 است.
- (۳) با حرکت از نقطه A به سمت B، به سیم (۱) نزدیک می‌شویم و از سیم (۲) دور می‌شویم، بنابراین میدان سیم (۱) قوی‌تر شده و میدان سیم (۲) ضعیف‌تر می‌شود و در نتیجه میدان خالص در نقطه B هم‌جهت با میدان سیم (۱) خواهد بود. باتوجه به این توضیحات، میدان مغناطیسی خالص در نقطه B درون‌سو خواهد بود.

- (۴) با حرکت از نقطه A به سمت C، به سیم (۲) نزدیک می‌شویم و از سیم (۱) دور می‌شویم، بنابراین میدان سیم (۲) قوی‌تر شده و میدان سیم (۱) ضعیف‌تر می‌شود و در نتیجه میدان خالص در نقطه B هم‌جهت با میدان سیم (۲) خواهد بود. باتوجه به این توضیحات، میدان مغناطیسی خالص در نقطه C برون‌سو خواهد بود.



این تست براساس یکی از تست‌های کنکور سراسری رشته ریاضی سال ۱۴۰۰ طرح شده است که در ادامه آن را بررسی می‌کنیم.

در شکل زیر، از دو سیم موازی و بلند، جریان‌های الکتریکی عبور می‌کند. اگر میدان مغناطیسی در نقطه A برابر صفر باشد، کدام مورد درست است؟

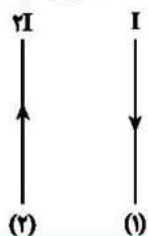


- (۱) I_1 در خلاف جهت I_2 و کوچک‌تر از آن است.
- (۲) I_2 در خلاف جهت I_1 و بزرگ‌تر از آن است.
- (۳) I_2 هم‌جهت با I_1 و بزرگ‌تر از آن است.
- (۴) I_2 هم‌جهت با I_1 و کوچک‌تر از آن است.

پاسخ: گزینه ۴

چون میدان در فاصله بین دو سیم صفر شده است، جهت جریان‌های دو سیم یکسان است. همچنین چون میدان در نزدیکی سیم (۲) صفر شده است، جریان I_2 کوچک‌تر از I_1 است. باتوجه به این توضیحات، گزینه (۴) صحیح است.

4- مطابق شکل، دو سیم موازی ۱ و ۲ به ترتیب حامل جریان‌های I و $2I$ هستند. اگر از سیم ۱ به سمت راست حرکت کنیم، میدان مغناطیسی چگونه تغییر می‌کند؟

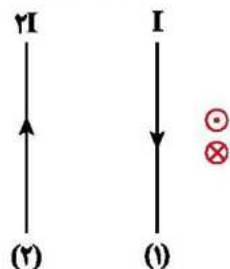


- (۱) پیوسته کاهش می‌یابد.
- (۲) ابتدا افزایش می‌یابد سپس کاهش می‌یابد.
- (۳) ابتدا کاهش می‌یابد سپس افزایش می‌یابد.
- (۴) ابتدا کاهش می‌یابد سپس افزایش می‌یابد و سپس مجدداً کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	معمادانی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه اول	۹	۱	۶	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی سیم راست	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	استاتی	متوسط

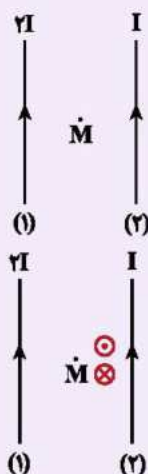
جریان‌های این دو سیم در خلاف جهت هم هستند؛ بنابراین در نقطه‌ای خارج از دو سیم میدان مغناطیسی برآیند، صفر است. همچنین بخاطر این که جریان سیم ۱، کمتر از جریان سیم ۲ است می‌توان نتیجه گرفت این نقطه نزدیک سیم ۱ (جریان کمتر) قرار دارد. با حرکت از سیم ۱ به سمت راست ابتدا میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد. (چون به نقطه‌ای که میدان برآیند صفر است می‌رسد)



سپس با دور شدن از آن نقطه میدان افزایش می‌یابد. در نهایت با دور شدن و فاصله گرفتن از دو سیم میدان مغناطیسی ضعیف شده و مجدداً کاهش می‌یابد.

در رابطه با این موضوع به مثال زیر نیز توجه کنید:

سوال: مطابق شکل زیر، دو سیم موازی ۱ و ۲، حامل جریان‌های $2I$ و I هستند و نقطه M در وسط این دو سیم قرار دارد. اگر از نقطه M به طرف سیم ۲ حرکت کنیم، بزرگی میدان مغناطیسی چگونه تغییر می‌کند؟



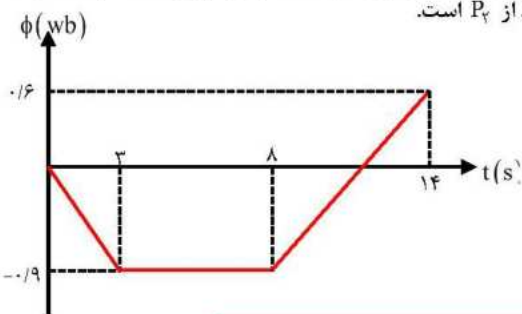
- (۱) پیوسته کاهش می‌یابد.
- (۲) پیوسته افزایش می‌یابد.
- (۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
- (۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳

جریان‌های این دو سیم در یک جهت هستند؛ بنابراین در نقطه‌ای بین این دو سیم میدان مغناطیسی برآیند، صفر است. همچنین بخاطر این که جریان سیم ۲، کمتر از جریان سیم ۱ است می‌توان نتیجه گرفت این نقطه نزدیک سیم ۱ (جریان کمتر) قرار دارد. بنابراین با حرکت از نقطه M به سمت سیم ۲، میدان مغناطیسی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

5- نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه با مقاومت الکتریکی 10Ω مطابق شکل است. اگر توان متوسط مصرفی در این حلقه در سه ثانیه اول برابر P_1 و در ۳ ثانیه چهارم برابر P_2 باشد، P_2 به اندازه میلی‌وات از P_1 است.



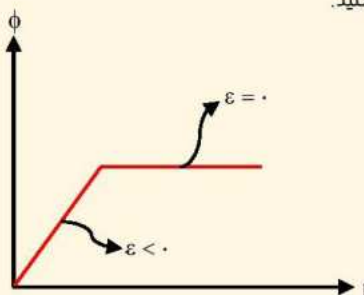
- (۱) $2/75$ ، بیشتر
- (۲) $2/75$ ، کمتر
- (۳) $2/25$ ، بیشتر
- (۴) $2/25$ ، کمتر

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۴	۸	۹	سوال	پاردهم	مفاتیس و القای الکترومغناطیسی	و ترکیب	جریان الکتریکی	جریان الکتریکی	سختی	متوسط

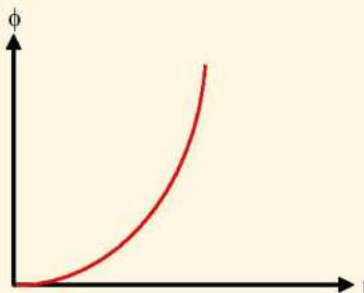
۱) مطابق قانون القای فارادی می‌دانیم که $\mathcal{E}_{av} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ است، باتوجه به این که $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ همان شیب نمودار شار - زمان است، می‌توان نتیجه گرفت که:

(شیب نمودار شار - زمان) \times (تعداد دور) = نیروی محرکه القایی

بنابراین برای آن که نیروی محرکه القایی متوسط را به‌دست آوریم، کافی است پاره‌خطی از نقطه شروع بازه زمانی به نقطه پایان آن روی نمودار شار - زمان وصل کنیم و شیب آن را محاسبه کنیم و برای آن که نیروی محرکه القایی لحظه‌ای را به‌دست آوریم باید شیب خط مماس بر نمودار را بررسی کنیم. برای روشن شدن بیشتر این موضوع به نمودارهای شار - زمان زیر توجه کنید.

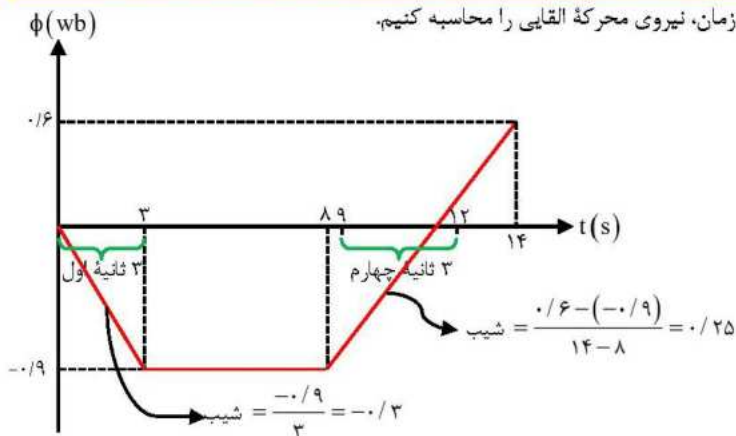


در این نمودار ابتدا شیب نمودار مثبت و ثابت است و در نتیجه نیروی محرکه القایی هم ثابت و منفی است. سپس اندازه شار ثابت می‌شود و در نتیجه نیروی محرکه القایی صفر خواهد بود.



در این نمودار به تدریج و با گذشت زمان، اندازه شیب نمودار شار - زمان زیاد می‌شود و در نتیجه اندازه نیروی محرکه القایی هم به تدریج افزایش می‌یابد.

مطابق نکات در ستاره فوق، کافی است به کمک شیب نمودار شار - زمان، نیروی محرکه القایی را محاسبه کنیم.



پس، شیب نمودار از لحظه ۸s تا ۱۴s با شیب نمودار در ۳ ثانیه چهارم برابر است.

$$\mathcal{E}_1 = - \left(\frac{-0.09}{3} \right) = 0.03 \text{ V} \quad \text{3 ثانیه اول}$$

$$\mathcal{E}_2 = - \left(\frac{0.06 - (-0.09)}{14 - 8} \right) = -0.025 \text{ V} \quad \text{3 ثانیه چهارم}$$

در ادامه به راحتی با استفاده از رابطه $P = \frac{V^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R}$ ، توان مصرفی در حلقه را محاسبه می‌کنیم.

$$P_1 = \frac{\mathcal{E}_1^2}{R} = \frac{(0.03)^2}{10} = 0.0009 \text{ W} = 9 \text{ mW} \quad \text{3 ثانیه اول}$$

$$P_3 = \frac{\varepsilon_3^2}{R} = \frac{(-0.25)^2}{10} = 0.00625 \text{ W} = 6.25 \text{ mW}$$

$$\Rightarrow P_1 - P_3 = 9 - 6.25 = 2.75 \text{ mW}$$

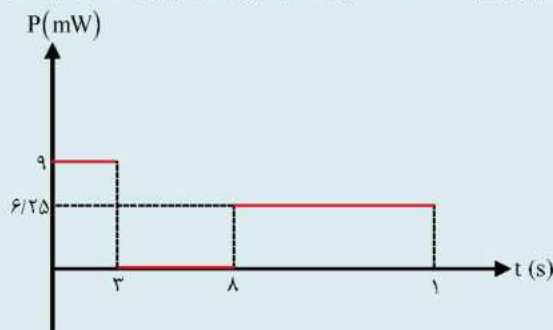
بنابراین P_1 به اندازه 2.75 mW بیش‌تر از P_3 است.

اگر...

اگر نمودار توان مصرفی بر حسب زمان را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟

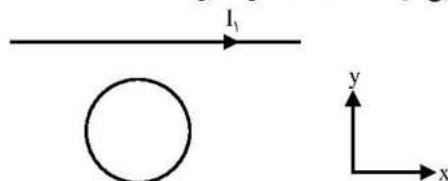
پاسخ:

همان‌طور که در پاسخ سؤال دیدیم، در ۳ ثانیه اول، توان مصرفی برابر 9 mW است. در بازه زمانی $3 \text{ s} < t < 8 \text{ s}$ ، نمودار افقی است و شیب آن صفر است، بنابراین توان هم صفر خواهد بود. همچنین در بازه $8 \text{ s} < t < 14 \text{ s}$ هم دیدیم که توان مصرفی برابر 6.25 mW می‌باشد، بنابراین نمودار توان مصرفی بر حسب زمان مطابق شکل زیر خواهد بود.



گروه آموزشی ماز

6 - مطابق شکل مقابل، یک حلقه فلزی در نزدیکی یک سیم راست و بلند حامل جریان الکتریکی قرار دارد. اگر حلقه در جهت محور x حرکت کند، جریان القایی در آن خواهد بود و اگر جریان سیم راست به تدریج کاهش یابد، جریان القایی در حلقه خواهد بود.



(۱) ساعتگرد - پاد ساعتگرد

(۲) ساعتگرد - ساعتگرد

(۳) صفر - پاد ساعتگرد

(۴) صفر - ساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۱	۶	سوال	یازدهم	مغناطیس و القای الکترومغناطیسی	و ترکیب		مفاهیم قابل ترکیب با	سختی	ساده

۱- مطابق قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با عامل به وجود آورنده تغییر شار مغناطیسی مخالفت کند. در ادامه با کمک قانون لنز به بررسی کامل چند مثال القای الکترومغناطیسی می‌پردازیم.

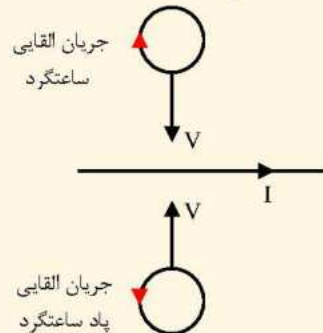
حلقه در کنار سیم راست حامل جریان

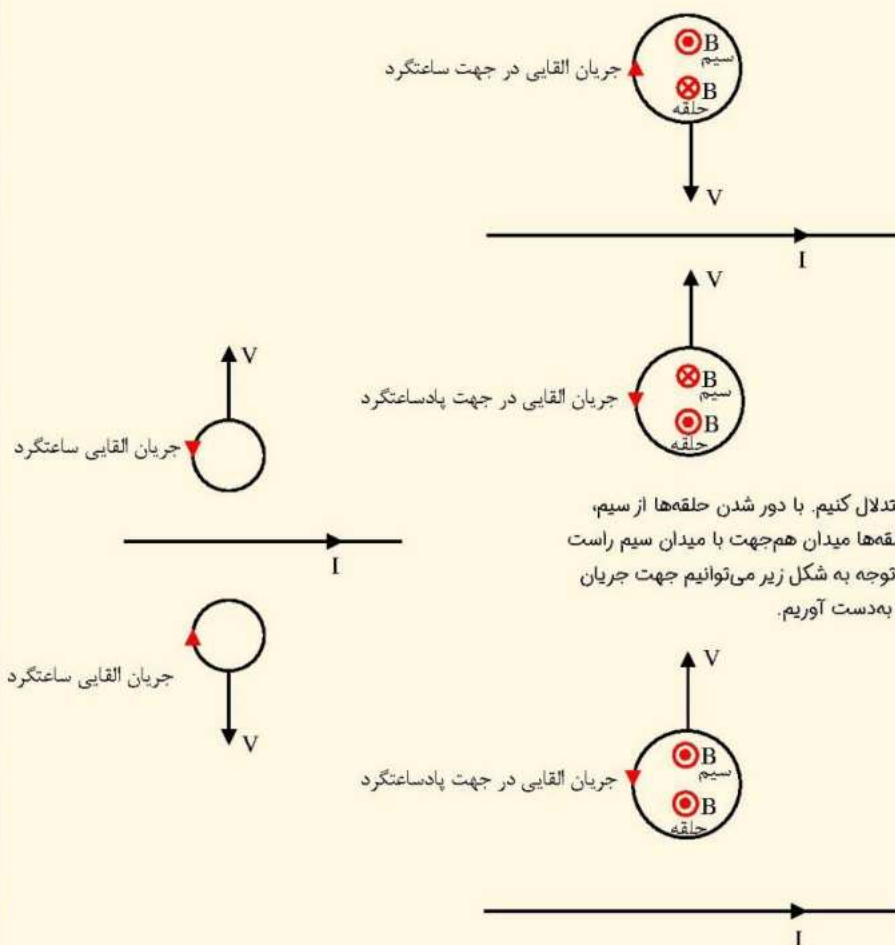
حالت اول: حلقه موازی سیم راست حرکت کند:

در این حالت فاصله حلقه تا سیم راست ثابت می‌ماند و در نتیجه شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد تغییر نخواهد کرد. بنابراین مطابق قانون القای فارادی، اصلاً القا صورت نمی‌گیرد و جریان القایی در حلقه ایجاد نمی‌شود.

حالت دوم: حلقه به سیم نزدیک شود:

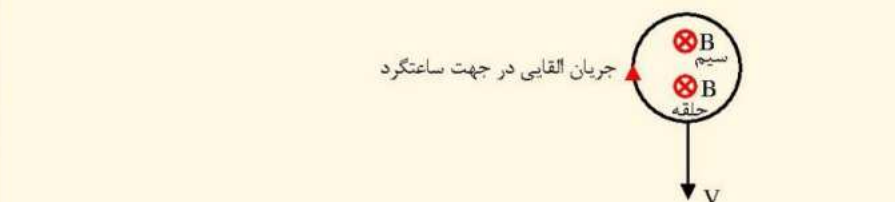
در این حالت با نزدیک شدن حلقه به سیم، شار مغناطیسی که از حلقه عبور می‌کند افزایش می‌یابد، بنابراین حلقه باید طبق قانون لنز تلاش کند تا شار عبوری از خود را کاهش دهد و در نتیجه حلقه میدانی در خلاف جهت میدان سیم راست ایجاد می‌کند. مطابق شکل زیر برای آن که جهت میدان حلقه‌ها مخالف میدان سیم باشد، باید جریان القایی در حلقه بالایی ساعتگرد و در حلقه پایینی پادساعتگرد باشد (مطابق قاعده دست راست)





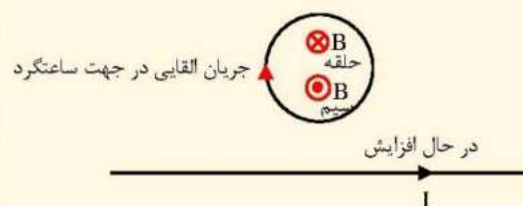
حالت سوم: حلقه از سیم دور شود:

در این حالت هم می‌توانیم مثل قسمت قبل استدلال کنیم. با دور شدن حلقه‌ها از سیم، شار آن‌ها کاهش می‌یابد و مطابق قانون لنز، حلقه‌ها میدان هم‌جهت با میدان سیم راست ایجاد می‌کنند تا با کاهش شار مخالفت کنند. باتوجه به شکل زیر می‌توانیم جهت جریان القایی در حلقه‌ها را با کمک قاعده دست راست به دست آوریم.



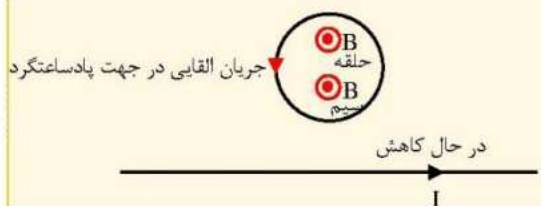
حالت چهارم: جریان سیم راست افزایش یابد:

با افزایش جریان سیم راست، میدان حاصل از آن افزایش می‌یابد و در نتیجه شار عبوری از حلقه زیاد می‌شود. بنابراین مطابق قانون لنز، حلقه میدانی در جهت عکس میدان سیم ایجاد می‌کند و در نتیجه طبق قاعده دست راست، جریان در جهت ساعتگرد در حلقه شکل مقابل القا می‌شود.

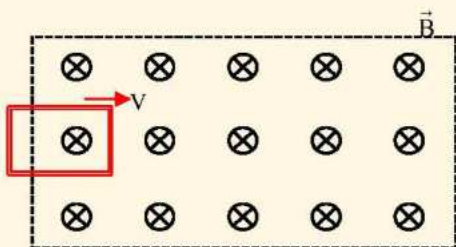


حالت پنجم: جریان سیم راست در حال کاهش:

با استدلالی مشابه حالت قبل، در این حالت جهت میدان حلقه هم‌جهت با میدان سیم خواهد بود و در نتیجه طبق قاعده دست راست، جریان القایی در حلقه در جهت پادساعتگرد خواهد بود.

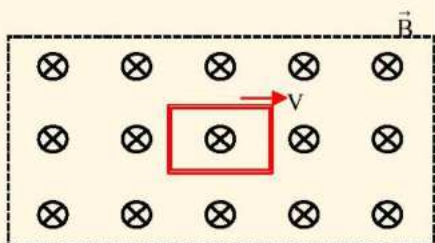


۲- اگر بخواهیم نتایج فوق را جمع‌بندی کنیم می‌توانیم به نتیجه مهم زیر برسیم:
 الف) اگر شار عبوری از حلقه در حال افزایش بود، جهت جریان القایی در حلقه به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم است، جهت آن با جهت جریان سیم مخالف باشد.
 ب) اگر شار عبوری از حلقه در حال کاهش بود، جهت جریان القایی در آن به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم است، جهت آن با جهت جریان سیم موافق باشد.



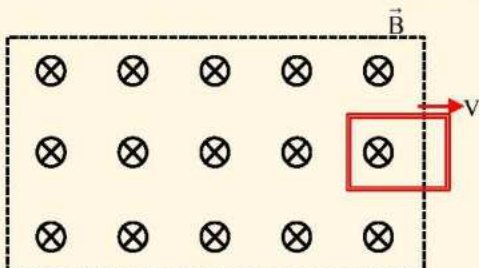
حرکت یک قاب رسانا به درون یک میدان مغناطیسی:
حالت اول: قاب در حال ورود به میدان:

در این حالت با ورود قاب به داخل میدان شار عبوری از آن زیاد می‌شود و در نتیجه طبق قانون لنز، حلقه میدانی در خلاف جهت میدان اصلی ایجاد می‌کند. با توجه به این که میدان اصلی درون سو است، میدان حلقه بیرون سو می‌شود و در نتیجه طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی در قاب پادساعتگرد خواهد شد.



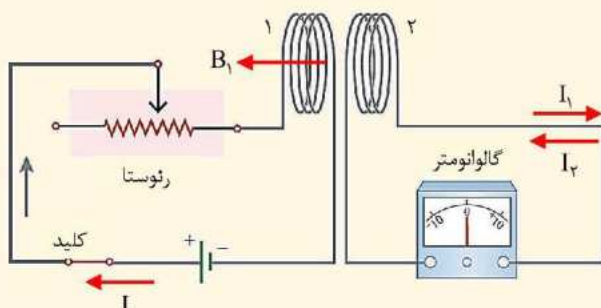
حالت دوم: قاب کاملاً درون میدان:

در این حالت شار عبوری از حلقه ثابت است، بنابراین مطابق قانون فارادی القایی در قاب صورت نمی‌گیرد.



حالت سوم: قاب در حال خروج از میدان:

در این حالت برخلاف حالت اول، شار در حال کاهش است و در نتیجه میدان حلقه هم‌جهت باید اصلی خواهد شد. بنابراین طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی در قاب ساعتگرد خواهد بود.
 دو سیم‌لوله در نزدیکی یکدیگر



حالت اولم: افزایش مقاومت رئوستا:

با افزایش مقاومت رئوستا، جریان سیم‌لوله (۱) کاهش می‌یابد و در نتیجه میدان مغناطیسی آن کوچک‌تر می‌شود. با کم شدن میدان B_1 ، شار عبوری از سیم‌لوله (۲) هم کم می‌شود و در نتیجه سیم‌لوله (۲) میدان هم‌جهت با B_1 تولید می‌کند.

مطابق قاعده دست راست، برای آن که میدان سیم‌لوله (۲) به سمت چپ باشد، کافی است جریان آن در جهت I_1 باشد.

حالت دوم: کاهش مقاومت رئوستا:

این حالت برعکس حالت اول است و با استدلالی مشابه می‌توان نتیجه گرفت که جریان القایی در سیم‌لوله (۲) در این حالت در جهت I_2 است.

حالت سوم: دور کردن دو سیم‌لوله از هم:

با افزایش فاصله سیم‌لوله‌ها، شار عبوری از سیم‌لوله (۲) کم می‌شود و در نتیجه طبق قانون لنز، میدان سیم‌لوله (۲) باید هم‌جهت با B_1 باشد تا مانع از کم شدن شار شود، بنابراین طبق قاعده دست راست، کافی است جریان سیم‌لوله (۲) در جهت I_1 باشد.

حالت چهارم: سیم‌لوله‌ها به هم نزدیک شوند:

این حالت برعکس حالت سوم است و با استدلالی مشابه می‌توان نتیجه گرفت که جریان القایی در سیم‌لوله (۲) در این حالت در جهت I_1 است.

حالت پنجم: باز کردن کلید:

با باز کردن کلید، جریان سیم‌لوله (۱) کاهش می‌یابد، بنابراین مانند حالت‌های اول و سوم، جریان القایی در سیم‌لوله (۲) در جهت I_1 خواهد بود.

حالت ششم: بستن کلید:

این حالت برعکس حالت پنجم است و با استدلالی مشابه می‌توان نتیجه گرفت که جریان القایی در سیم‌لوله (۲) در این حالت در جهت I_1 است.

اگر بخواهیم حالت‌های فوق را جمع‌بندی کنیم، به نتایج زیر می‌رسیم:

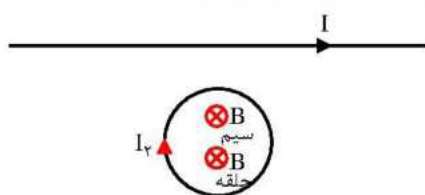
الف) افزایش مقاومت رنوستا، دور کردن سیم‌لوله‌ها از هم و باز کردن کلید، همگی باعث کاهش شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله (۲) می‌شوند و جریان القایی در این سیم‌لوله در جهت I_1 خواهد بود.

ب) کاهش مقاومت رنوستا، نزدیک کردن سیم‌لوله‌ها به هم و بستن کلید، همگی باعث افزایش شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله (۲) می‌شوند و جریان القایی در این سیم‌لوله در جهت I_1 خواهد بود.

برای پاسخ دادن به این تست به نکات زیر توجه کنید.

(۱) با حرکت حلقه در جهت محور x ، حلقه موازی با سیم حرکت کرده است و فاصله آن با سیم تغییر نمی‌کند، بنابراین شار عبوری از حلقه ثابت می‌ماند و در نتیجه جریانی در آن القا نمی‌شود.

(۲) با کاهش جریان سیم راست، میدان مغناطیس آن کاهش می‌یابد و در نتیجه شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کم می‌شود. مطابق قانون لنز، حلقه مدانی در جهت میدان سیم راست ایجاد می‌کند تا با کاهش شار مقابله کند. برای آن که میدان حلقه در جهت درون‌سو باشد، باید جریان القایی در آن ساعتگرد باشد.



اگر حلقه در جهت محور y حرکت کند، جریان القایی در آن چگونه خواهد بود؟

پاسخ:

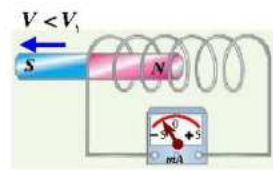
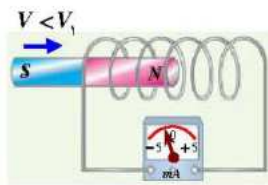
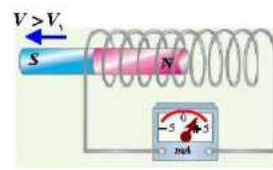
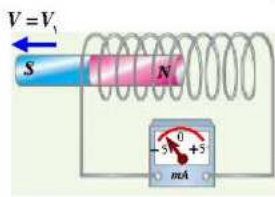
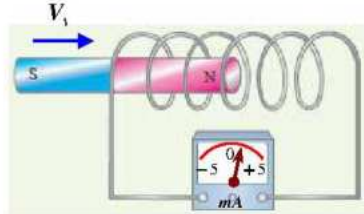
با حرکت حلقه در جهت محور y ، حلقه به سیم راست نزدیک می‌شود و در نتیجه شار عبوری از آن زیاد می‌شود. حلقه برای مقابله با افزایش شار، مدانی در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیم راست ایجاد می‌کند.

مطابق شکل فوق، برای آن که میدان حلقه برون‌سو باشد، کافی است که جریان القایی در آن پادساعتگرد باشد.



گروه آموزشی ماز

7- در شکل مقابل یک آهن ربا با تندی V_1 وارد یک سیم‌لوله می‌شود و عقربه‌ی میلی آمپرسنج در این لحظه، مقداری منحرف شده است. در مقایسه با این شکل، کدامیک از وضعیت‌های زیر می‌تواند درست باشد؟



پاسخ: گزینه ۲

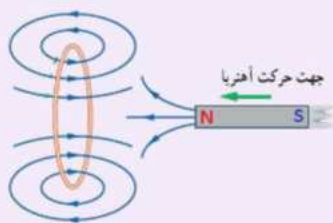
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۱۰	۱	۸	سوال	پاردهم	القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب	و ترکیب			سه	متوسط

اگر مقاومت الکتریکی حلقه یا پیچه برابر R باشد، شدت جریان القا شده برابر است با:

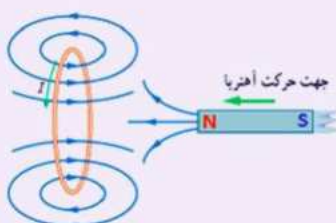
$$\bar{I} = \frac{-\varepsilon}{R} \Rightarrow \bar{I} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

توجه: هر چه آهنگ تغییرات شار بیشتر باشد جریان القایی ایجاد شده بیشتر خواهد شد.

در شکل مقابل یک آهن ربا در مقابل یک حلقه‌ی رسانا، به سمت حلقه حرکت می‌کند. جهت جریان القایی در حلقه چگونه است؟



پاسخ: خطوط میدان مغناطیسی مربوط به آهن ربا بوده و از سطح حلقه می‌گذرند به سمت چپ بوده و با نزدیک شدن آهن ربا به حلقه، در حال افزایش است. بنابراین جریان القایی در جهتی به وجود می‌آید که خطوط میدان مغناطیسی حاصل از آن در سطح حلقه، در خلاف جهت خطوط میدان مربوط به آهن ربا باشد. با توجه به خطوط مربوط به جریان حلقه (به سمت راست) و با به کار بردن قانون دست راست می‌توان جهت جریان القایی را تعیین نمود که در شکل مقابل نشان داده شده است.

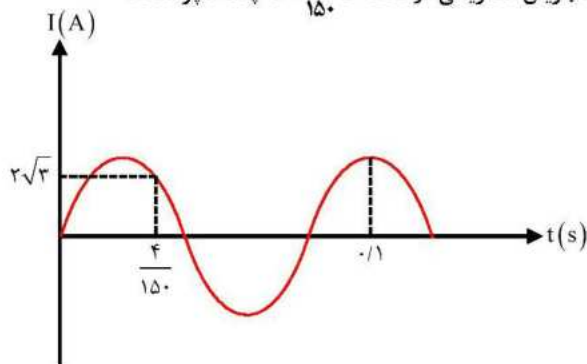


تعداد حلقه های سیمولده‌ی شکل (۲) از تعداد حلقه های سیمولده‌ی صورت سوال بیشتر است در نتیجه اگر آهن ربا با همان سرعت به طرف سیمولده نزدیک تر می‌شد جهت جریان تغییر نمی‌کرد و فقط مقدار جریان بیشتر می‌شد اما چون آهن ربا در حال خارج شدن از سیمولده است جهت جریان در خلاف جهت جریان مربوط به شکلی صورت سوال است. در صورت سوال جریان مثبت است (مثلاً مثبت ۱)، بنابراین جریان در شکل گزینه ی (۲) منفی خواهد بود (مثلاً منفی ۲ یا منفی ۳)

توجه کنید: گزینه‌ی (۱) نادرسته. چون آهن ربا با همان نحوه ی قرار گرفتن در مقابل سیمولده، در حال خارج شدن از آن است بنابراین جریان باید منفی می‌بود.

گروه آموزشی ماز

۸ - نمودار تغییرات یک جریان متناوب سینوسی برحسب زمان داده شده است. جریان الکتریکی در لحظه $t = \frac{17}{150}$ s چند آمپر است؟



(۱) صفر

(۲) ۲

(۳) $2\sqrt{3}$

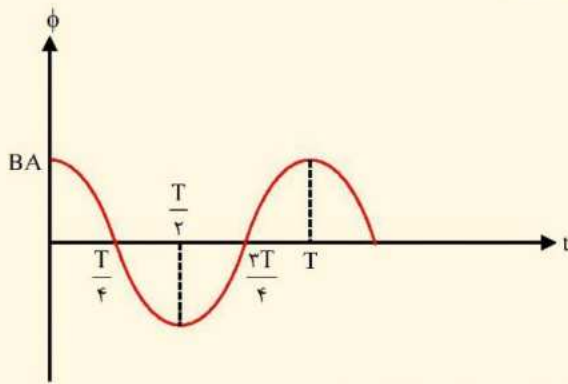
(۴) ۴

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۲	۷	۸	سوال	یازدهم	القای الکترومغناطیس	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	جریان الکتریکی	سهگنی	سخت

۱- رایج‌ترین روش برای تغییر شار و در نتیجه تولید جریان القایی، تغییر زاویه θ است.

۲- شار مغناطیسی گذرنده از حلقه برابر است با:

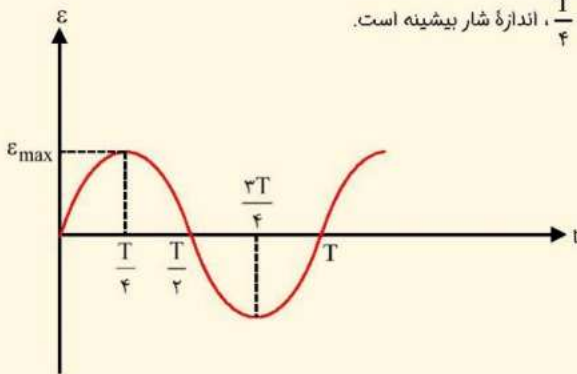


$$\phi = BA \cos\left(\frac{\gamma\pi t}{T}\right)$$

در رابطه فوق T ، دوره چرخش پیچه است، یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا پیچه یک دور کامل بچرخد. در رابطه با نمودار بالا دقت کنید که بیشینه شار برابر BA است و نمودار شار - زمان به شکل تابع کسینوس است.

همچنین توجه کنید که در مضارب فرد $\frac{T}{4}$ ، شار صفر است و در مضارب زوج $\frac{T}{4}$ ، اندازه شار بیشینه است.

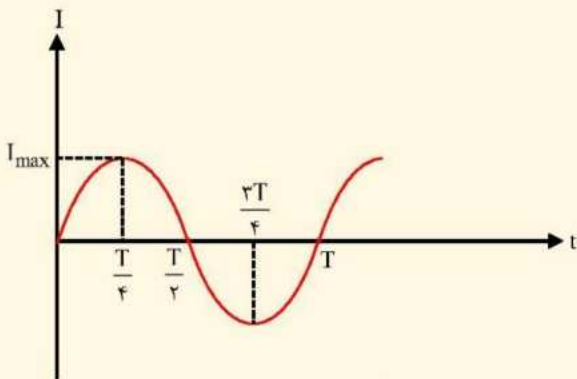
۳- نیروی محرکه القایی در حلقه برابر است با:



$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin\left(\frac{\gamma\pi t}{T}\right)$$

نمودار نیروی محرکه به شکل تابع سینوس است. در مضارب زوج $\frac{T}{4}$ ، نیروی محرکه صفر است و در مضارب فرد $\frac{T}{4}$ ، اندازه نیروی محرکه بیشینه است.

۴- جریان القایی در حلقه برابر است با:



$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{\gamma\pi t}{T}\right)$$

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{\text{مقاومت حلقه}}$$

دقت کنید که نمودار جریان القایی سینوسی است. در مضارب زوج $\frac{T}{4}$ ، جریان صفر و در مضارب فرد $\frac{T}{4}$ ، اندازه جریان القایی بیشینه است.

توجه کنید که طبق قانون اهم، با تقسیم نیروی محرکه بر مقاومت پیچه، جریان به دست می‌آید، بنابراین نمودار جریان و نیروی محرکه کاملاً به هم شبیه هستند.

۵- در لحظاتی که اندازه شار بیشینه است، نیروی محرکه و جریان القایی صفر هستند و در لحظاتی که شار صفر است، اندازه نیروی محرکه و جریان القایی بیشینه است.

مطابق درسنامه فوق می‌توان نوشت:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{\gamma\pi t}{T}\right)$$

باتوجه به نمودار داده شده $\frac{\delta T}{4} = 0.18$ است، بنابراین داریم:

$$\frac{\Delta T}{4} = 0.1 \Rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$

حال باتوجه به این که در لحظه $t = \frac{4}{150} \text{ s}$ جریان برابر $2\sqrt{3} \text{ A}$ است داریم:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \xrightarrow[t = \frac{4}{150} \text{ s}]{T = 0.4 \text{ s}} 2\sqrt{3} = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow I_{\max} = 4 \text{ A}$$

در نهایت می توانیم جریان را در لحظه $t = \frac{17}{150} \text{ s}$ محاسبه کنیم.

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = 4 \sin\left(\frac{2\pi t}{0.4}\right)$$

$$\xrightarrow[t = \frac{17}{150} \text{ s}]{t = \frac{17}{150} \text{ s}} I = 4 \sin\left(\frac{17\pi}{6}\right) = 2 \text{ A}$$

این سؤال نسخه کمی سخت تر یکی از تست های کنکور ریاضی ۹۹ است که در ادامه آن را بررسی می کنیم.

(تست کنکور ریاضی ۹۹)

نمودار تغییرات یک جریان متناوب سینوسی به شکل زیر است. اندازه جریان در لحظه $t = \frac{1}{320} \text{ s}$ چند آمپر است؟

پاسخ:

مطابق نمودار داده شده، بیشینه جریان برابر $5\sqrt{2} \text{ A}$ است. همچنین $\frac{\Delta T}{4} = \frac{1}{320} \text{ s}$ است، بنابراین می توان نوشت:

$$\frac{\Delta T}{4} = \frac{1}{320} \text{ s} \Rightarrow T = \frac{1}{80} \text{ s}$$

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = 5\sqrt{2} \sin\left(\frac{2\pi t}{\frac{1}{80}}\right) = 5\sqrt{2} \sin(160\pi t)$$

$$\xrightarrow[t = \frac{1}{320} \text{ s}]{t = \frac{1}{320} \text{ s}} I = 5\sqrt{2} \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 5 \text{ A}$$

گروه آموزشی ماز

9- ضرب القاوری سیملوله ای به طول 40 cm که تعداد دورهای آن برابر 200 است، برابر 20 mH می باشد. اگر میدان مغناطیسی درون این سیملوله برابر

$$30 \text{ G} \text{ باشد، انرژی ذخیره شده در این سیملوله چند ژول است؟ } \left(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \right)$$

۱) 25×10^{-4} ۲) 5×10^{-4} ۳) 175×10^{-4} ۴) 1

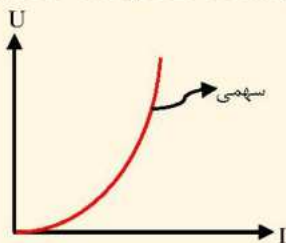
پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۱	۷	۶	سوال	پاردهم	مغناطیس و القای الکترومغناطیسی	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	جریان الکتریکی	استثنای	متوسط

۱) القاگر آرمانی یک سیمولوه با مقاومت الکتریکی ناچیز است که با عبور جریان الکتریکی از آن، درون آن انرژی ذخیره می‌شود. القاگر آرمانی فقط می‌تواند انرژی را در خود ذخیره کند یا آن را آزاد کند ولی انرژی را مصرف نمی‌کند.
 ۲) انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

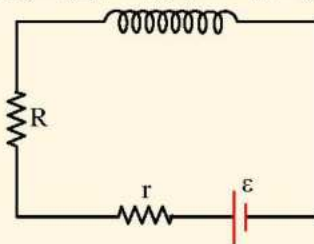
$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

در رابطه فوق، I جریان القاگر و L ضریب القاوری آن است. ضریب القاوری به ساختمان هندسی القاگر مانند طول، مساحت حلقه‌ها و تعداد حلقه‌ها وابسته است.



۳) نمودار تغییرات انرژی ذخیره شده در القاگر برحسب جریان آن به شکل سهمی است.

۴) اگر القاگر آرمانی را در یک مدار الکتریکی قرار دادند، برای محاسبه انرژی ذخیره شده در آن ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم.



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

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} L \times \left(\frac{\varepsilon}{r + R} \right)^2$$

۵) میدان مغناطیسی درون سیمولوه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \mu \cdot \frac{NI}{\ell}$$

میدان مغناطیسی برحسب تسلا: B

تراوایی مغناطیسی خلأ برحسب $\frac{\text{متر} \times \text{تسلا}}{\text{آمپر}}$: μ_0

تعداد دورهای سیمولوه: N

جریان سیمولوه برحسب آمپر: I

طول سیمولوه برحسب متر: ℓ

مثال:

سیمولوه‌ای به طول ۲۰cm از ۱۰۰ دور سیم تشکیل شده است و ضریب القاوری آن ۱۶mH است. اگر انرژی ذخیره شده در سیمولوه برابر ۰/۸J باشد، میدان مغناطیسی درون سیمولوه چند تسلا است؟ $\left(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right)$

پاسخ:

این مثال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم.

گام اول: محاسبه جریان سیمولوه:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow 0.8 = \frac{1}{2} \times 16 \times 10^{-3} I^2 \Rightarrow I = 10A$$

گام دوم: محاسبه میدان مغناطیسی سیمولوه:

$$B = \mu \cdot \frac{NI}{\ell} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 10}{20 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-3} T$$

این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم.

گام اول: محاسبه جریان سیمولوه:

$$B = \mu \cdot \frac{NI}{\ell} \Rightarrow 3 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{200 \times I}{40 \times 10^{-2}} \Rightarrow I = 5A$$

گام دوم: محاسبه انرژی ذخیره شده در سیمولوه:

$$U = \frac{1}{\gamma} LI^2 \Rightarrow U = \frac{1}{\gamma} \times 20 \times 10^{-3} \times 5^2 = 0.25 \text{ J}$$

گروه آموزشی ماز

10- از سیم‌لوله‌ای به ضریب القاوری $0.6 \mu\text{H}$ ، جریانی متناوبی می‌گذرد که معادله آن در صورت $I = 10 \sin(10\pi t)$ است. در لحظه $t = \frac{\gamma}{30} \text{ s}$ چندی میلی‌ژول انرژی در سیم‌لوله ذخیره شده است؟

$$1050\sqrt{3} \quad (4)$$

$$2250 \quad (3)$$

$$1050 \quad (2)$$

$$450\sqrt{3} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۱	۹	۶	سوال	پاردهم	انرژی سیم‌لوله		5	5	سختی	

معادله جریان متناوب:

اگر مقاومت پیچ، R باشد، معادله جریانی القاوی از رابطه مقابل به دست می‌آید:

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

$$I = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t \xrightarrow{I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}} I = I_m \sin \omega t \quad \text{و} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

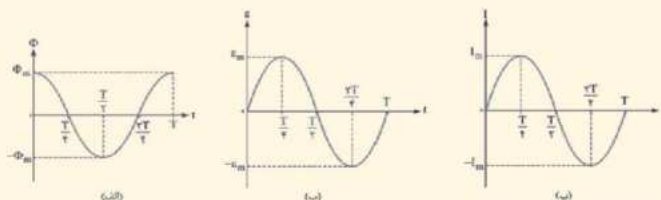
جریان متناوب را به اختصار با نماد **ac** (برگرفته از **alternative current**) به معنای جریان متناوب و جریان مستقیم را با نماد **dc** (برگرفته از **direct current**) به معنی جریان مستقیم نشان می‌دهند.

t	*	$\frac{T}{f}$	$\frac{T}{\gamma}$	$\frac{3T}{\gamma}$	T
Φ	Φ_m	*	$-\Phi_m$	*	Φ_m
ε	*	ε_m	*	$-\varepsilon_m$	*
I	*	I_m	*	$-I_m$	*

رسم نمودارهای جریان متناوب در مدت یک دوره ($0 \leq t \leq T$):

با جای گذاری این لحظه‌ها در معادله‌های Φ ، ε و I به جدول روبه‌رو می‌رسیم:

با توجه به نوع معادله‌های Φ ، ε ، I و مقادیر ارائه شده در جدول مذکور، نمودار تغییرات این کمیت‌ها در یک دوره، به صورت زیر رسم می‌شود:



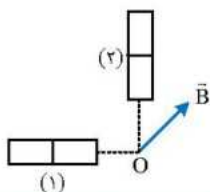
جریان عبوری از القاگر در لحظه $t = \frac{\gamma}{30} \text{ s}$ برابر است با:

$$I = 10 \sin\left(10\pi \times \frac{\gamma}{30}\right) = 10 \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) = 10 \sin\left(2\pi + \frac{\pi}{3}\right) = 10 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ A}$$

انرژی ذخیره شده در القاگر در این لحظه برابر است با:

$$U = \frac{1}{\gamma} LI^2 = \frac{1}{\gamma} \times 0.6 \times (5\sqrt{3})^2 = 2.250 \text{ J} = 2250 \text{ mJ}$$

11- مطابق شکل زیر، دو آهنربای یکسان در راستای عمود بر هم، به فاصله مساوی از نقطه O قرار دارند و بردار میدان مغناطیسی برآیند در نقطه O برابر B است. اگر آهنربای (۱) را در راستای افق به نقطه O نزدیک‌تر کنیم به گونه‌ای که میدان حاصل از آن در نقطه O، $\sqrt{3}$ برابر شود و آهنربای (۲) را 180° بچرخانیم، به ترتیب میدان مغناطیسی برآیند در نقطه O چند برابر شده و چند درجه می‌چرخد؟



$$75^\circ \text{ و } \sqrt{2} \quad (2)$$

$$75^\circ \text{ و } 2 \quad (4)$$

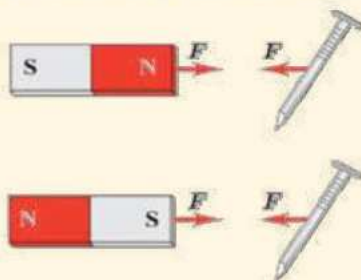
$$30^\circ \text{ و } \sqrt{2} \quad (1)$$

$$30^\circ \text{ و } 2 \quad (3)$$

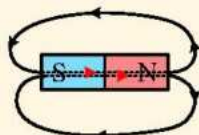
پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۸	۸	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی		5	5	سختی	سطح

میدان مغناطیسی (\vec{B}): مطابق شکل زیر هرگاه آهن ربایی را به یک میخ آهنی نزدیک کنیم با توجه به آن که آهن ربا در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می کند و به موجب آن در میخ هم این خاصیت آهن ربایی القا می شود و بر قطب های آهن ربا نیرو وارد می شود، این خاصیت را میدان مغناطیسی می گویند که یک کمیت برداری است و آن را با نماد \vec{B} نمایش می دهیم.



خطهای میدان مغناطیسی از قطب N آهنربا خارج و به قطب S آن وارد می شوند، یعنی جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب N به S و در داخل آهنربا از قطب S به N است.



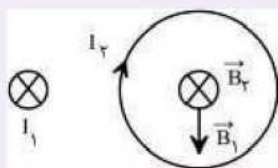
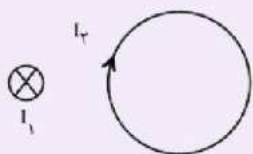
نکته ۱) هنگامی که دو بردار هم جهت باشند، برآیند آنها بیشینه است و هنگامی که در خلاف جهت هم باشند، برآیند آنها کمینه خواهد بود.
نکته ۲) هنگامی که دو بردار برهم عمود باشند، برآیند آنها مطابق رابطه فیثاغورس محاسبه می شود.

$$B_{\text{ج}} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$



مثال از نکته آخر:

در شکل زیر، یک سیم راست حامل جریان به صورت عمود بر صفحه در نزدیکی یک حلقه حامل جریان قرار گرفته است. اگر شدت میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم و حلقه در مرکز حلقه به ترتیب ۵ و ۱۲ گاوس باشد، میدان مغناطیسی کل در مرکز حلقه چند گاوس است؟



- ۱) ۱۷
۲) ۷
۳) ۱۳
۴) $\sqrt{17}$

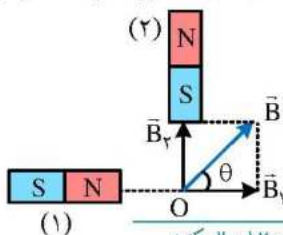
شکل مقابل، جهت میدان سیم و حلقه را در مرکز حلقه نشان می دهد.

مطابق این شکل می توان نوشت:

$$B_{\text{ج}} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{5^2 + 12^2} = 13 \text{ G}$$

گزینه ۳ صحیح است.

گام اول: بردار مغناطیسی برآیند \vec{B} را در راستای محور آهنرباها تجزیه می کنیم. بردارهای حاصل \vec{B}_1 و \vec{B}_2 قطب های S و N آهنرباها را مشخص می کنند:



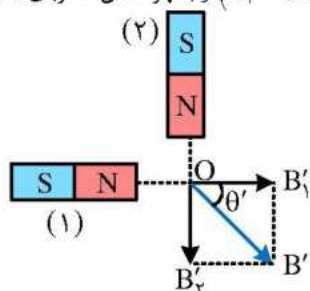
در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۰۸۵۸۵۰۰ ارسال کنید.

چون دو آهنربا مشابه و فاصله آنها از نقطه O یکسان است میدان مغناطیسی حاصل از هر یک از آهنرباها در نقطه O با یکدیگر برابر است. پس:

$$B_1 = B_2 \Rightarrow B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{B_1^2 + B_1^2} = \sqrt{2}B_1 = \sqrt{2}B_2$$

$$\tan \theta = \frac{B_2}{B_1} \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

گام دوم: با نزدیکتر شدن آهنربای (۱) به نقطه O، میدان مغناطیسی حاصل از آن در نقطه O، $\sqrt{3}$ برابر می‌شود ($B'_1 = \sqrt{3}B_1$) و با چرخاندن آهنربای (۲) به اندازه 180° ، جای قطبهای آن عوض می‌شود، بنابراین:



$$B'_1 = \sqrt{3}B_1 \text{ و } B'_2 = B_2 = B_1$$

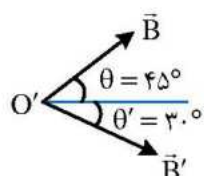
$$B' = \sqrt{(B'_1)^2 + (B'_2)^2} = \sqrt{(\sqrt{3}B_1)^2 + B_1^2} = \sqrt{3B_1^2 + B_1^2} = \sqrt{4B_1^2} = 2B_1$$

$$\tan \theta' = \frac{B'_2}{B'_1} = \frac{B_1}{\sqrt{3}B_1} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \theta' = 30^\circ$$

اکنون می‌توان یکی از خواسته‌های تست را محاسبه کرد:

$$\frac{B'}{B} = \frac{2B_1}{\sqrt{2}B_1} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{1} = \sqrt{2}$$

از طرفی با مقایسه بردارهای \vec{B} و \vec{B}' ملاحظه می‌شود که بردار B' نسبت به بردار B به اندازه 75° در جهت عقربه‌های ساعت چرخیده است:



$$\theta_{\text{کل}} = \theta + \theta' = 45^\circ + 30^\circ = 75^\circ$$

گروه آموزشی ماز

12 - ذره P با بار الکتریکی مثبت در نیم‌کره شمالی و ذره Q با بار الکتریکی منفی در نیم‌کره جنوبی در راستای افق به سمت شمال پرتاب می‌شوند. به ترتیب، جهت نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی زمین بر ذره‌های P و Q وارد می‌شود کدام‌اند؟

(۴) غرب - غرب

(۳) غرب - شرق

(۲) شرق - غرب

(۱) شرق - شرق

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شده سوال	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۲	۵	سوال	پازدهم	میدان مغناطیسی	و ترکیب	۵	۵	سختی	ساده

به طور کلی اگر ذره باردار q با سرعت V در میدان مغناطیسی B به گونه‌ای حرکت کند که راستای بردار میدان و سرعت ذره، با یکدیگر زاویه θ بسازند، بزرگی نیروی وارد از طرف میدان مغناطیسی B به ذره به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

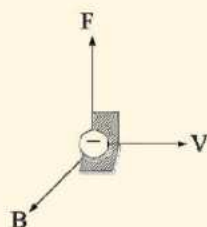
$$F = |q| VB \sin \theta \quad (\text{همه ی‌ها در SI هستند})$$

بدیهی است که جهت نیروی وارد بر ذره باردار مثبت را می‌توان با استفاده از قاعده دست راست تعیین کرد، به گونه‌ای که اگر چهار انگشت در جهت سرعت ذره باشد و بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر ذره را نمایش می‌دهد.

* توجه کنید که اگر ذره منفی باشد، یا جهت یافته شده را عکس می‌کنیم یا از همان اول، از دست چپ استفاده می‌کنیم.

اما در مورد بزرگی نیروی وارد بر ذره، اگر بردار سرعت و میدان مغناطیسی هم‌راستا باشند، نیروی وارد بر ذره صفر است. یعنی:

$$F = |q| VB \sin \theta \begin{cases} \theta = 0^\circ \rightarrow F = 0 \\ \theta = 180^\circ \rightarrow F = 0 \end{cases}$$

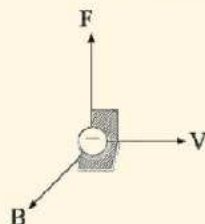


ولی اگر این دو بردار بر هم عمود باشند، داریم:

در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۸۵۸۵۰۰۰ ارسال کنید.

$$F = |q|VB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F_{\max} = |q|VB$$

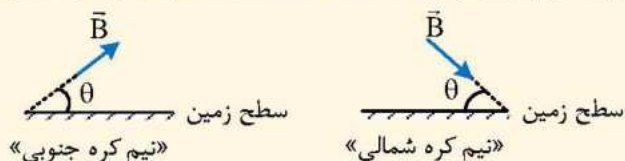
و اما یکی از مهم‌ترین نکاتی که باید به آن توجه کنیم این است که بردار نیروی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی، بر بردارهای سرعت و میدان عمود است، یعنی:



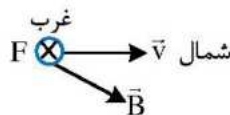
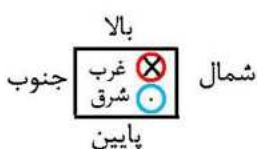
حال با توجه به اینکه کار نیروی عمود بر جابه‌جایی صفر است، نیروی میدان مغناطیسی در جابه‌جایی یک ذره باردار در میدان کاری بر روی ذره انجام نمی‌دهد، لذا اگر تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی ناشی از میدان مغناطیسی باشد، بزرگی سرعت ذره تغییر نکرده و انرژی جنبشی آن ثابت می‌ماند.

شیب مغناطیسی:

بردار میدان مغناطیسی زمین در یک نقطه، موازی سطح زمین در آن نقطه نیست بلکه امتداد آن با سطح افق زاویه‌ای می‌سازد که به آن شیب مغناطیسی می‌گویند.

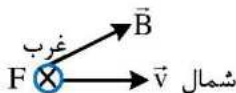


ذره P با بار الکتریکی مثبت در نیم‌کره شمالی قرار دارد، پس جهت میدان مغناطیسی وارده از طرف کره زمین بر آن با توجه به مفهوم شیب مغناطیسی رو به پایین است، در نتیجه با توجه به شکل زیر و استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر ذره P به سمت غرب است:



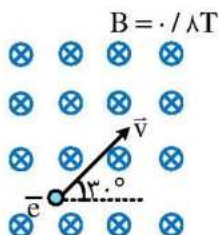
این شکل به درک بیشتر شما کمک می‌کند.

به همین ترتیب برای ذره Q با بار منفی که در نیم‌کره جنوبی قرار دارد و رو به شمال پرتاب شده است با توجه به شکل زیر و مفهوم شیب مغناطیسی و استفاده از قاعده دست چپ، نیروی وارده بر آن از طرف میدان مغناطیسی زمین رو به غرب است:



13 - مطابق شکل، یک الکترون با تندی $5 \times 10^4 \frac{m}{s}$ در جهت نشان داده شده درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت $B = 0.8 T$ پرتاب می‌شود. شتاب

حرکت الکترون حاصل از میدان چند واحد SI است؟ ($m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$, $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)



- (1) $6/4 \times 10^{15}$
 (2) $3/2 \times 10^{15}$
 (3) $3/2\sqrt{2} \times 10^{15}$
 (4) $3/2\sqrt{3} \times 10^{15}$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شفاصله	پایه	مبصت	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۳	۷	۷	سوال	پاردهم	مغناطیسی	ترکیب	۱۵	۱۵	استثنائی	متوسط

مهم ترین نکته در این سوال این است که توجه کنید بردار میدان مغناطیسی بر صفحه عمود است و بردار سرعت درون صفحه قرار دارد، پس این دو بردار بر هم عمود هستند و زاویه بین بردار \vec{B} و \vec{v} برابر 90° است. در این صورت برای محاسبه شتاب گام‌های زیر ا طی می‌کنیم:

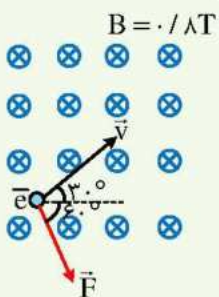
$$F = |q|vB \sin 90^\circ = 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^4 \times 0.8 = 6.4 \times 10^{-15} N$$

گام دوم: محاسبه شتاب

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{6.4 \times 10^{-15}}{9.1 \times 10^{-31}} = 7.0 \times 10^{15} \frac{m}{s^2}$$

اگر جهت بردار نیروی وارد بر این الکترون را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟

پاسخ: مطابق قاعده دست راست، نیرو بر بردار سرعت و میدان عمود است و به شکل زیر خواهد بود. دقت کنید که بار الکترون منفی است.



این سوال براساس یکی از تست‌های کنکور ریاضی سال ۱۴۰۰ طرح شده است که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

تست کنکور ریاضی ۱۴۰۰

در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، یک ذره α با سرعت $5.0 \times 10^6 \frac{m}{s}$ عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است و شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی، $4 \times 10^{15} \frac{m}{s^2}$ است.

بزرگی میدان مغناطیسی چند گاوس است؟ ($m_\alpha = 6.6 \times 10^{-27} kg$ = جرم ذره α و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

- (1) $1/67$ (2) $2/28$ (3) $3/34$ (4) $4/56$

پاسخ: این سوال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم.

گام اول: محاسبه نیروی وارد بر ذره α ، مطابق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F = ma = 6.6 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^{15} = 2.64 \times 10^{-11} N$$

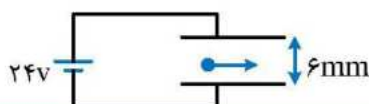
گام دوم: محاسبه میدان مغناطیسی

$$F = qvB \sin 90^\circ \Rightarrow 2.64 \times 10^{-11} = 2 \times 10^{-19} \times 5.0 \times 10^6 \times B \Rightarrow B = 1/67 T = 1/67 G$$

دقت کنید بار ذره α برابر $2e$ است.

گروه آموزشی ماز

14 - در شکل زیر، ذره‌ای به جرم 1mg و بار الکتریکی -1.0nC با تندی $6\frac{\text{km}}{\text{s}}$ در جهت نشان داده شده وارد فضای بین دو صفحه رسانا می‌شود. به ترتیب اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت موجود در بین صفحات رسانا چند تسلا و جهت آن چگونه باشد تا ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد؟ ()



(۲) 0.5 T ، برون‌سو
(۴) 2 T ، برون‌سو

(۱) 0.5 T ، درون‌سو
(۳) 1 T ، درون‌سو

پاسخ: گزینه ۱

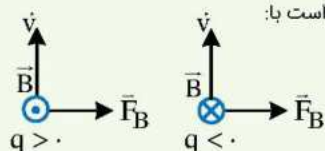
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه: از ۱ تا ۱۰	۶	۶	۷	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	ترکیب			۱۵	متوسط

نکته ۱) بر ذرات باردار چه در حال سکون و چه در حال حرکت باشند، همواره نیروی الکتریکی از طرف میدان الکتریکی وارد می‌شود ولی نیروی مغناطیسی فقط بر ذرات باردار وارد می‌شود که در حال حرکت در میدان مغناطیسی باشند.

نکته ۲) جهت نیروی الکتریکی وارد بر ذرات مثبت در جهت میدان الکتریکی و بر ذرات منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است و اندازه این نیرو برابر است با:

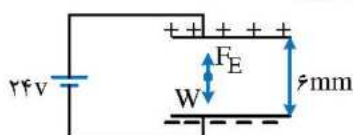
$$F_E = E|q|$$

نکته ۳) جهت نیروی وارد بر ذرات باردار متحرک از قاعده دست راست مشخص می‌شود و اندازه نیروی مغناطیسی برابر است با:



$$F_B = |q|vB\sin\theta$$

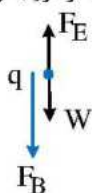
هنگامی که ذره با بار الکتریکی منفی وارد فضای بین دو صفحه رسانا می‌شود بر آن سه نیروی وزن، الکتریکی و مغناطیسی وارد می‌شود. جهت نیروی وزن رو به پایین و جهت نیروی الکتریکی با توجه به جهت میدان الکتریکی موجود در بین صفحات رسانا، رو به بالا است:



$$W = mg = (1 \times 10^{-3} \times 10^{-3}) \times 10 = 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_E = |q|E = |q| \times \frac{V}{d} = \frac{|q| \varepsilon}{d} \Rightarrow F_E = (1.0 \times 10^{-9}) \times \frac{24}{6 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^{-5} \text{ N}$$

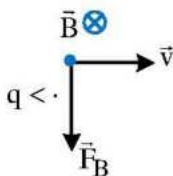
چون $F_E > W$ است برای آنکه ذره بدون انحراف در مسیر مستقیم خود به حرکت ادامه دهد لازم است تا نیروی مغناطیسی وارد بر ذره رو به پایین باشد. در این صورت:



$$F_E = W + F_B \Rightarrow F_B = F_E - W = 4 \times 10^{-5} - 10^{-5} = 3 \times 10^{-5} \text{ N}$$

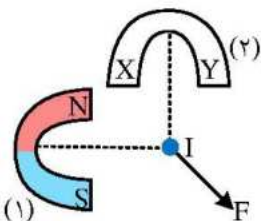
$$\Rightarrow |q|vB\sin\theta = 3 \times 10^{-5} \Rightarrow \frac{(1.0 \times 10^{-9}) \times (6 \times 10^{-3}) \times B \times 1}{\sin(90^\circ)} = 3 \times 10^{-5} \Rightarrow B = 0.5 \text{ T}$$

جهت میدان مغناطیسی بین صفحات رسانا با استفاده از قاعده دست چپ، درون‌سو است:



www.biomaze.ir

15 - مطابق شکل، دو آهنربای نعلی شکل بر روی صفحه کاغذ قرار دارند و سیم جریانی عمود بر صفحه کاغذ از محل تقاطع محورهای آن‌ها عبور می‌کند. اگر نیروی وارد بر سیم، در جهت نشان داده شده باشد، به ترتیب قطب N آهنربای (۲) و جهت جریان سیم کدام است؟

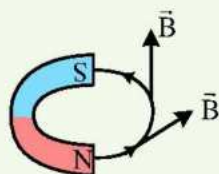


- (۱) X، \odot
(۲) Y، \odot
(۳) X، \otimes
(۴) Y، \otimes

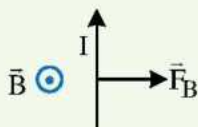
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۲	۶	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

نکته ۱) خط‌های میدان مغناطیسی از قطب N آهنربا خارج و به قطب S آن وارد می‌شود.

نکته ۲) بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا برداری است مماس بر خط میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با آن



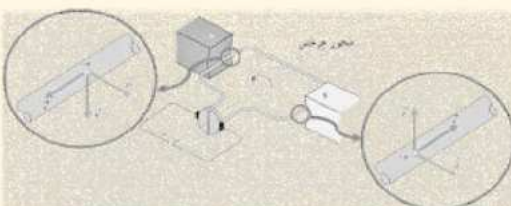
نکته ۳) هرگاه سیم حامل جریان I در میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} قرار گیرد، از طرف میدان بر سیم نیرویی وارد می‌شود که جهت این نیرو را با استفاده از قاعده دست راست و اندازه آن را از رابطه زیر بدست می‌آوریم:



$$F = ILB \sin \theta$$

که در آن θ زاویه بین سیم و خطوط میدان است.

بیشتر بررسیش کنیم!



نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی اگر مطابق شکل سیم رسانای مستقیمی را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، بلافاصله پس از بستن کلید و عبور جریان از سیم، از طرف میدان مغناطیسی به ذرات باردار جاری در سیم و در نتیجه به کل سیم نیرو وارد می‌شود. از آنجایی که جریان الکتریکی همان حرکت بارهاست، پس میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان هم نیرو وارد می‌کند.

رابطه نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی:

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

اگر I و B هم‌راستا باشند ($\alpha=0$) نیرویی بر سیم وارد نمی‌شود.

اگر I و B عمود بر هم باشند ($\alpha=90$) بیشینه نیرو بر سیم وارد می‌شود.

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی عمود است.

جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی (قانون دست راست):

در اینجا برای تعیین جهت نیرو اولاً باید از دست راست استفاده کنیم. ثانیاً باید چهار انگشت را در جهت جریان قرار دهیم. (نیرو در جهت انگشت شست و میدان در جهت کف دست)

F : نیروی وارد بر سیم (N)

I : جریان سیم (A)

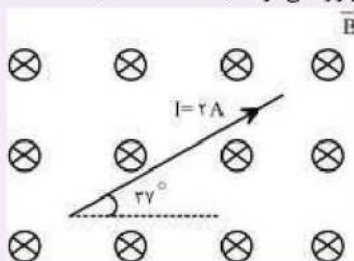
ℓ : طول سیم (m)

B : میدان مغناطیسی (T) (تسلا)

α : زاویه بین I و B

مثال ۱۴

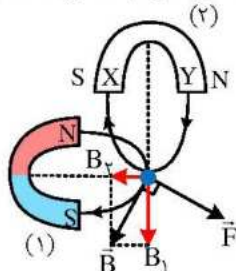
مطابق شکل در ناحیه‌ای از صفحه میدان مغناطیسی یکنواختی با شدت 0.4 T در جهت عمود بر صفحه برقرار است و یک سیم حامل جریان الکتریکی 2 A درون میدان قرار دارد. بر هر متر از این سیم چند نیوتون نیروی مغناطیسی وارد می‌شود؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



پاسخ: ابتدا دقت کنید که چون میدان بر صفحه عمود است و سیم درون صفحه قرار دارد، جهت میدان بر جهت جریان سیم عمود است و زاویه 37° که در شکل داده شده است برای گمراهی شما آورده شده است. برای محاسبه نیروی وارد بر هر متر از سیم می‌توان نوشت:

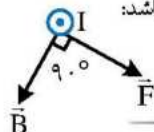
$$F = BIL \sin \theta = 0.4 \times 2 \times 1 \times \sin 90^\circ \Rightarrow F = 0.8\text{ N}$$

نیروی وارد بر یک سیم حامل جریان که در یک میدان مغناطیسی قرار دارد هم بر سیم و هم بر میدان مغناطیسی عمود است. از شکل داده شده در تست، مشخص است که F بر راستای I عمود است و برای آنکه بر راستای \vec{B} نیز عمود باشد، جهت \vec{B} باید به صورت نشان داده شده در شکل زیر باشد:



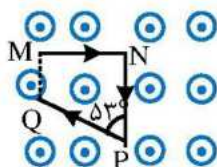
از طرفی چون جهت میدان حاصل از آهنربای (۱) در محل سیم یعنی \vec{B}_1 مشخص است، پس جهت میدان حاصل از آهنربای (۲) در محل سیم یعنی \vec{B}_2 باید در جهت نشان داده شده در شکل بالا باشد، در نتیجه باید Y قطب N آهنربای (۲) باشد.

اکنون با مشخص بودن جهت \vec{F} و \vec{B} می‌توان مطابق با قاعده دست راست جهت جریان گذرنده از سیم را به دست آورد که برون سو می‌باشد:



گروه آموزشی ماز

16 - در شکل زیر، قطعه سیم $MNPQ$ در میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 0.5 T قرار دارد و جریانی از سیم 2 A است. اندازه نیروی مغناطیسی خالص وارد بر این سیم چند میلی نیوتن و به کدام جهت است؟ ($\sin 53^\circ = 0.8$, $NP = PQ = 10 \text{ cm}$)



(۱) $\rightarrow, 20$

(۲) $\leftarrow, 20$

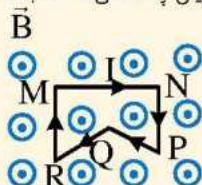
(۳) $\rightarrow, 40$

(۴) $\leftarrow, 40$

پاسخ: گزینه ۴

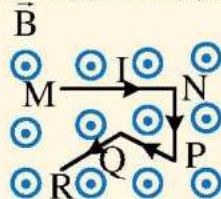
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۸	۸	۹	سوال	یازدهم	نیروی وارد بر قاب در میدان مغناطیسی	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	سختی

برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر هر قابل حامل جریان در یک میدان مغناطیسی یکنواخت صفر است و مهم نیست که قاب جریانی چه شکلی داشته باشد:



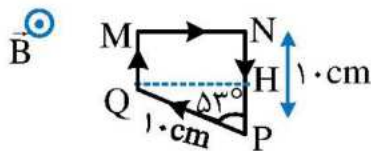
$$F_{\text{net}}(\text{قاب}) = 0$$

از نکته مهم بالا می‌توان نتیجه گرفت که برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر یک قطعه سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت، در خلاف نیروی وارد بر قطعه سیمی است که قابل را کامل می‌کند. به عنوان مثال در شکل زیر، برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر رشته سیم $MNPQR$ برابر است با نیروی مغناطیسی وارد بر قطعه سیم MR که جریانی در آن در خلاف جهت جریان قاب یعنی از M به R جریان دارد:



$$F_{MNPQR} = F_{MR}$$

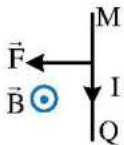
با توجه به درستی بالا، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر رشته سیم $MNPQ$ برابر است با نیروی مغناطیسی وارد بر قطعه سیم MQ که در آن جریانی از M به Q جریان دارد. بنابراین کافی است با توجه به شکل داده شده طول قطعه سیم MQ را به دست آورده و نیروی وارد بر آن را محاسبه می‌کنیم:



$$PQH : \cos 30^\circ = \frac{PH}{PQ} \Rightarrow 0.866 = \frac{PH}{10} \Rightarrow PH = 8.66 \text{ cm}$$

$$\overline{MQ} = \overline{NP} - \overline{PH} = 10 - 6 = 4 \text{ cm}$$

محاسبه خواسته تست:

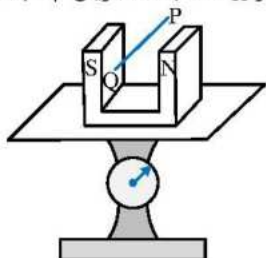


$$F_{\text{net}} = F_{MQ} = ILB \sin \theta$$

$$\Rightarrow F_{\text{net}} = 2 \times (4 \times 10^{-2}) \times (0.5) \times \sin 90^\circ = 4 \times 10^{-2} \text{ N} = 40 \text{ mN}$$

www.biomaze.ir

17 - در شکل زیر، سیم PQ به طول 50 cm در میدان مغناطیسی یکنواخت بین دو قطب آهنربا به بزرگی 0.5 T قرار دارد. از این سیم بار اول جریان $I_1 = 2 \text{ A}$ در جهت P به Q و بار دوم جریان I_2 در جهت Q به P عبور می‌دهیم. اگر اختلاف اعداد خوانده شده از ترازو 2 N باشد، جریان I_2 چند آمپر است؟

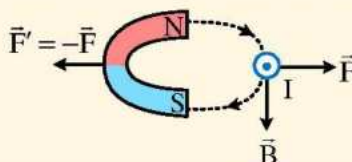


- ۱ (۱)
۲ (۲)
۴ (۳)
۵ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شایسته	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳ تا ۴	۸	۸	۸	سوال	یازدهم	نیروی مغناطیسی و جریان					

از طرف میدان مغناطیسی حاصل از یک آهنربا بر یک سیم حامل جریان نیرو وارد می‌شود، مطابق با قانون سوم نیوتن از طرف سیم حامل جریان نیز نیرویی همان اندازه و در خلاف جهت بر آهنربا وارد می‌شود:



مسئله را در دو حالت مطرح شده، بررسی می‌کنیم:

حالت اول: جریان $I_1 = 2 \text{ A}$ از P به Q دارد که در این صورت نیروی رو به پایین F_B بر سیم وارد می‌شود در نتیجه مطابق با قانون سوم نیوتن نیروی رو به بالای F_B به آهنربا و در نتیجه به ترازو وارد می‌شود، پس با فرض اینکه جرم آهنربا m باشد، داریم:

$$F_{\text{ترازو}} = mg - F_B \quad (I)$$

حالت دوم: جریان I_2 از Q به P جریان دارد که در این حالت نیروی رو به بالای F'_B بر سیم حامل جرایین وارد می‌شود، بنابراین نیروی رو به پایین F'_B به آهنربا و ترازو وارد می‌شود، پس:

$$F'_{\text{ترازو}} = mg + F'_B \quad (II)$$

با کم کردن دو رابطه (I) و (II) از یکدیگر، داریم:

$$F'_{\text{ترازو}} - F_{\text{ترازو}} = (mg + F'_B) - (mg - F_B) = F'_B + F_B$$

$$2 = F'_B + F_B \Rightarrow 2 = I_2 LB + I_1 LB = (I_2 + I_1) LB$$

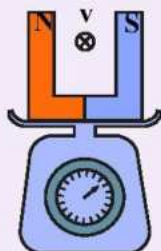
$$\Rightarrow I_2 + I_1 = \frac{2}{LB} = \frac{2}{0.5 \times 0.5} = 8 \Rightarrow I_2 + 2 = 8 \Rightarrow I_2 = 6 \text{ A}$$

بخش Q+

در این بخش یک سوال دیگر را با همین موضوع با هم بررسی می‌کنیم:

مطابق شکل زیر، آهنربایی به جرم 400 g روی ترازویی قرار دارد و بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت بین دو قطب آن 0.4 G است. ذره‌ای با بار $30\text{ }\mu\text{C}$ با تندی

$5 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ بین دو قطب آهنربا و عمود بر صفحه کاغذ به طرف داخل صفحه پرتاب می‌شود. در لحظه پرتاب ذره، ترازو چه عددی را بر حسب نیوتون نشان می‌دهد؟



۳/۹۹۴ (۴)

۴/۰۰۳ (۳)

۴/۰۰۶ (۲)

۳/۹۷۷ (۱)

ابتدا جهت نیروی وارد بر بار متحرک را مشخص می‌کنیم. از آنجا که میدان مغناطیسی خارج از آهنربا از قطب N به S است پس طبق قاعده دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی به طرف پایین است.

طبق قانون سوم نیوتون آهنربا به ذره نیروی رو به پایین وارد می‌کند و ذره نیز نیروی رو به بالا به آهنربا وارد می‌کند؛ بنابراین ترازو به اندازه بزرگی نیروی مغناطیسی کمتر از وزن آهنربا نشان می‌دهد.

مغناطیسی $-F = mg$ آهنربا = عدد ترازو

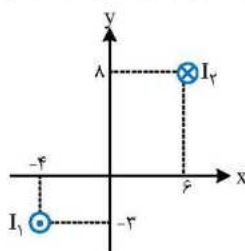
$$mg_{\text{آهنربا}} = 400 \times 10^{-3} \times 10 = 4\text{ N}$$

$$F_{\text{مغناطیسی}} = qvB = 0.4 \times 10^{-6} \times 30 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^5 = 0.006\text{ N}$$

$$\text{عدد ترازو} = 4 - 0.006 = 3.994\text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

18 - مطابق شکل، دو سیم حامل جریان در صفحه مختصات قرار دارند. در مبدأ مختصات، بردار میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم با یکدیگر زاویه چند درجه می‌سازند؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



۱) صفر

۲) ۱۶

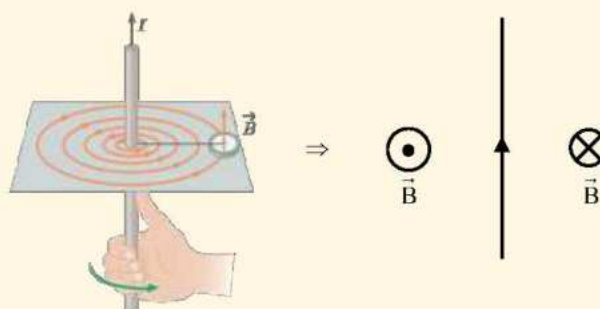
۳) ۳۰

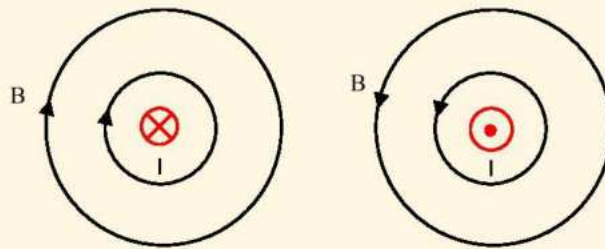
۴) ۱۶۴

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۹	۱۰	۷	سوال	پاردهم	میدان حاصل از سیم حامل جریان	ترکیب	۵	۵	سهگنی	سهگنی

۱) در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. جهت این میدان مطابق با قاعده دست راست تعیین می‌شود. برای این کار کافی است انگشت شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم و چهار انگشت دست راست را حول آن بچرخانیم، در این صورت جهت میدان مغناطیسی در همان جهت چرخش چهار انگشت خواهد بود. به شکل‌های زیر دقت کنید.





میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم
راست حامل جریان الکتریکی دورن سو در
جهت ساعتگرد است.

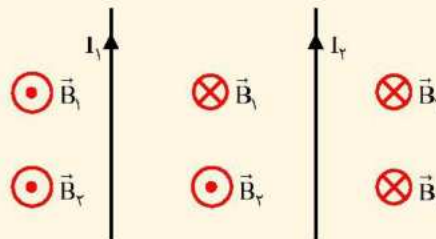
میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم
راست حامل جریان الکتریکی برون سو
در جهت پادساعتگرد است.

(۲) شدت میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم با جریان سیم رابطه مستقیم و با فاصله از سیم رابطه عکس دارد.

$B \propto I$: I : جریان سیم
 $B \propto \frac{1}{r}$: r : فاصله از سیم
 B : میدان سیم راست

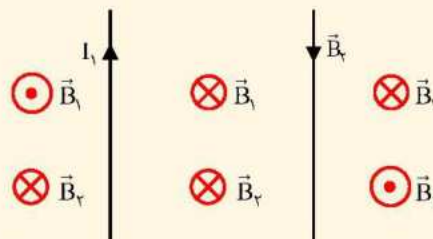
(۳) اگر دو سیم راست حامل جریان الکتریکی در نزدیکی هم قرار بگیرند، دو حالت زیر امکان پذیر است که هریک از آن‌ها را جداگانه بررسی خواهیم کرد.

حالت اول: جریان سیم‌ها هم جهت باشد.



در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل بالاست. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در فاصله بین آن‌ها مخالف هم است و در نتیجه میدان مغناطیسی در فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر صفر می‌شود. دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی خالص دقیقاً در وسط فاصله آن‌ها صفر خواهد شد.

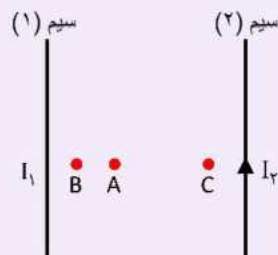
حالت دوم: جریان سیم‌ها در خلاف یکدیگر باشد.



در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل بالاست. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در خارج از فاصله بین آن‌ها مخالف هم است و در نتیجه میدان مغناطیسی در خارج از فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر می‌شود. دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی خالص در هیچ نقطه‌ای صفر نخواهد شد.

مثال (۱۵)

مطابق شکل مقابل، دو سیم راست بسیار بلند موازی در نزدیکی هم قرار دارند و میدان مغناطیسی خالص در نقطه A صفر است. کدامیک از عبارتهای زیر در مورد این شکل نادرست است؟



- الف) جریان I_2 بزرگتر از جریان I_1 است.
 ب) جهت جریان دو سیم در خلاف جهت یکدیگر است.
 ج) میدان مغناطیسی خالص در نقطه B برون سو است.
 د) میدان مغناطیسی خالص در نقطه C درون سو است.

(۱) الف)، ب) و د)

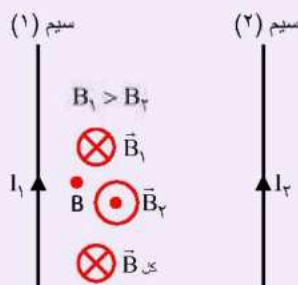
(۲) فقط ج)

(۳) ب)، ج) و د)

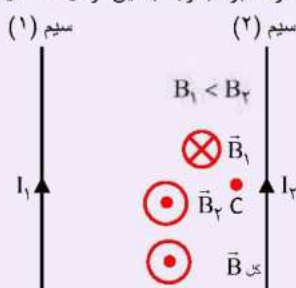
(۴) ج) و د)

برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید.

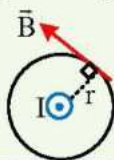
- (۱) چون میدان مغناطیسی خالص در فاصله بین دو سیم صفر شده است، جریان سیم‌ها هم‌جهت است.
 (۲) چون میدان خالص در نزدیک سیم (۱) صفر شده است، جریان I_1 کم‌تر از جریان I_2 است.
 (۳) با حرکت از نقطه A به سمت B، به سیم (۱) نزدیک می‌شویم و از سیم (۲) دور می‌شویم؛ بنابراین میدان سیم (۱) قوی‌تر شده و میدان سیم (۲) ضعیف‌تر می‌شود و در نتیجه میدان خالص در نقطه B هم‌جهت با میدان سیم (۱) خواهد بود. باتوجه به این توضیحات، میدان مغناطیسی خالص در نقطه B درون‌سو خواهد بود.



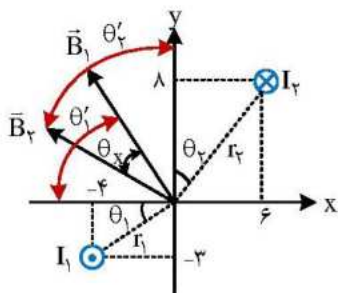
- (۴) با حرکت از نقطه A به سمت C، به سیم (۲) نزدیک می‌شویم و از سیم (۱) دور می‌شویم؛ بنابراین میدان سیم (۲) قوی‌تر شده و میدان سیم (۱) ضعیف‌تر می‌شود و در نتیجه میدان خالص در نقطه B هم‌جهت با میدان سیم (۲) خواهد بود. باتوجه به این توضیحات، میدان مغناطیسی خالص در نقطه C برون‌سو خواهد بود.



نکته: بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خطوط میدان مغناطیسی در آن نقاط مماس است. دقت کنید که زاویه بین بردار \vec{B} و شعاع r ، 90° است.



گام اول: با توجه به جهت جریان عبوری از سیم‌ها، جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها را در مبدأ مختصات مشخص می‌کنیم، سپس زوایای θ_1 و θ_2 را که بر روی شکل مشخص شده است محاسبه می‌کنیم:



$$r_1 = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16} = 5 \text{ cm}$$

$$r_2 = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = 10 \text{ cm}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{3}{5} = 0.6 \Rightarrow \theta_1 = 37^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{6}{10} = 0.6 \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

با فرض اینکه θ'_1 بین B' و جهت منفی محور x باشد، چون r_1 و B_1 بر یکدیگر عمودند، داریم:

$$\theta_1 + \theta'_1 = 90^\circ \Rightarrow \theta'_1 = 90^\circ - \theta_1 = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

و به همین ترتیب اگر θ'_2 زاویه بین B_2 و جهت مثبت محور y باشد، چون r_2 و B_2 بر هم عمودند، داریم:

$$\theta_2 + \theta'_2 = 90^\circ \Rightarrow \theta'_2 = 90^\circ - \theta_2 = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

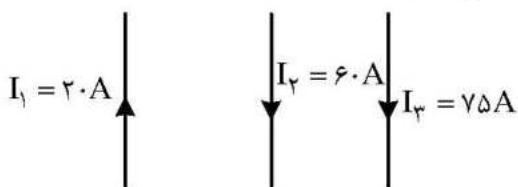
اکنون با دقت در ناحیه دوم مختصات می‌توان زاویه بین B_1 و B_2 را محاسبه کرد.

اگر این زاویه را θ_x بنامیم، داریم:

$$\theta_1' + (\theta_2' - \theta_x) = 90^\circ \Rightarrow 53^\circ + (53^\circ - \theta_x) = 90^\circ \Rightarrow \theta_x = 106^\circ - 90^\circ = 16^\circ$$

www.biomaze.ir

19 - مطابق شکل، سه سیم بلند و موازی حامل جریان در یک صفحه قرار دارند. اگر اندازه نیروی خالص وارد بر یک متر از سیم‌های (۱) و (۲) به ترتیب ۳۴ و ۴۸ میلی نیوتن باشد، نیروی وارد بر یک متر از سیم (۳) چند میلی نیوتن و جهت آن به کدام سمت است؟

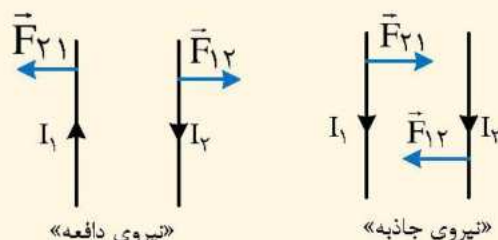


- (۱) ۱۴ ، ←
(۲) ۱۴ ، →
(۳) ۸۲ ، ←
(۴) ۸۲ ، →

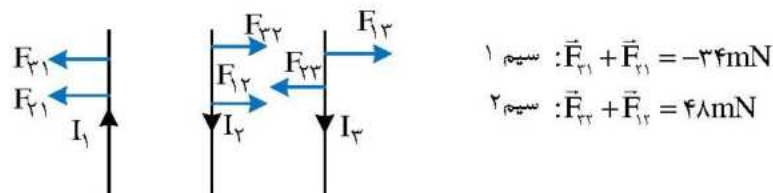
پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۸	۸	۸	سوال	یازدهم	میدان حاصل از سیم حامل جریان	پیش نیاز و ترکیب	۲	۲	سختی	متوسط

دو سیم موازی حامل جریان بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. نیروهایی که دو سیم بر یکدیگر وارد می‌کنند مطابق با قانون سوم نیوتن برابر و در خلاف جهت یکدیگرند. اگر جهت جریان در دو سیم یکسان باشد، دو سیم بر هم نیروی جاذبه و چنانچه جریان سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگر باشند، دو سیم بر یکدیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند:



با توجه به جهت جریان درون سیم‌ها، نیروهایی که هر یک از سیم‌ها بر دو سیم دیگر وارد می‌کنند را مشخص می‌کنیم. سپس برآیند نیروهای وارد بر هر یک از سیم‌ها را محاسبه می‌کنیم:



$$\begin{aligned} \text{سیم ۱: } \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} &= -34 \text{ mN} \\ \text{سیم ۲: } \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} &= 48 \text{ mN} \end{aligned}$$

حال طرفین را باهم جمع می‌کنیم، بنابراین داریم:

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = 34 \text{ mN} \Rightarrow -\vec{F}_{12} - \vec{F}_{32} = 34 \text{ mN} \Rightarrow \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -14 \text{ mN}$$

گروه آموزشی ماز

20 - با سیم روکش‌داری یک سیم لوله آرماتی به شعاع ۱۰ cm می‌سازیم. حلقه‌های سیم‌لوله بدون فاصله کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و طول سیم لوله حامل $\frac{1}{5}$ طول سیم روکش‌دار به کار رفته است. به ترتیب قطر سیم روکش‌دار چند میلی‌متر است و با عبور جریان ۱۰ A از سیم‌لوله، میدان مغناطیسی روی محور آن چند گاوس می‌شود؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T}\cdot\text{m}}{\text{A}}$ و ضخامت روکش بسیار کم است.)

$$20, 4\pi \text{ (۴)}$$

$$10, 4\pi \text{ (۳)}$$

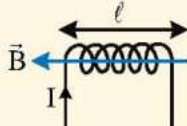
$$10, 2\pi \text{ (۲)}$$

$$20, 2\pi \text{ (۱)}$$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۶	۶	۷	سوال	یازدهم	میدان مغناطیسی در سیم‌لوله حامل جریان	پیش نیاز و ترکیب	۲	۲	سختی	متوسط

میدان مغناطیسی در سیم‌لوله حامل جریان: هرگاه از سیم‌لوله‌ای که قطر حلقه‌های آن در مقایسه با طولش کوچک باشد، جریان عبور کند، میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله در نقطه‌های دور از لبه‌های آن یکنواخت است و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:



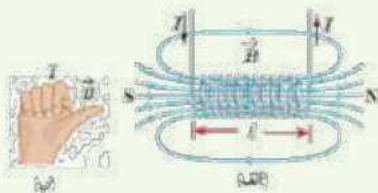
$$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

در این رابطه I جریان عبوری برحسب آمپر (A)، L طول سیمولوله برحسب متر (m)، N تعداد دورهای سیمولوله، μ تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر

$$4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$$

میدان مغناطیسی داخل سیمولوله برحسب تسلا (T) است.

نکته ۱: مطابق شکل رو به رو برای مشخص کردن جهت میدان مغناطیسی در سیمولوله از قاعده دست راست کمک می گیریم.



نکته ۲: با عبور جریان الکتریکی از سیمولوله در فضای اطراف آن یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود. همچنین مطابق شکل مشخص است که خطوط میدان مغناطیسی در فضای داخل سیمولوله متراکم تر اند.



نکته ۳: هر چقدر از لبه های حلقه های سیمولوله فاصله بگیریم، این خطوط میدان موازی تر و هم فاصله تر می شود. که با تقریب خوبی می توان آنها را میدان مغناطیسی یکنواخت در نظر گرفت.

نکته ۴) اگر با استفاده از سیمی به طول L سیمولوله ای به شعاع مقطع R بسازیم، تعداد حلقه های آن برابر است با:

$$N = \frac{L}{2\pi R}$$

نکته ۵) اگر با استفاده از سیم روکش داری به قطر مقطع D ، سیمولوله ای بسازیم که حلقه های آن چسبیده به هم و تعداد آن N باشد، در این صورت طول سیمولوله ℓ برابر است با:

$$\ell = ND \Rightarrow N = \frac{\ell}{D}$$

تست کنکور سراسری تجربی ۹۴:

طول سیم لوله ای 20 cm است و دارای 200 حلقه است که به صورت منظم پیچیده شده است. اگر از آن جریان الکتریکی $5A$ عبور کند، میدان مغناطیسی در داخل آن

چند گاوس است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

$$40\pi \text{ (۴)}$$

$$20\pi \text{ (۳)}$$

$$4\pi \text{ (۲)}$$

$$2\pi \text{ (۱)}$$

پاسخ گزینه ۳

حل:

با یک جایگذاری ساده داده ها مسئله و فرمول میدان مغناطیسی سیم لوله جواب به دست می آید:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} = (4\pi \times 10^{-7}) \times \left(\frac{200 \times 5}{20 \times 10^{-2}} \right) = 20\pi \times 10^{-4} T = 20\pi G$$

با فرض اینکه L طول سیم بکار رفته در ساخت سیمولوله، ℓ طول سیمولوله ساخته شده، D قطر مقطع سیم و R شعاع مقطع سیمولوله باشد با توجه به نکات ۱ و ۲ در درستمه داریم:

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{L}{2\pi R} \\ N &= \frac{\ell}{D} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{L}{2\pi R} = \frac{\ell}{D} \Rightarrow \frac{\ell}{L} = \frac{D}{2\pi R} \Rightarrow \frac{1}{50} = \frac{D}{2\pi \times 10^{-2}}$$

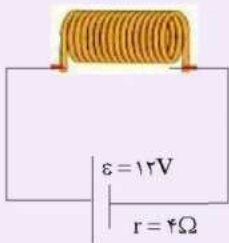
$$D = \frac{0.02\pi}{50} = 0.0004\pi m = 4\pi mm$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{D} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 50}{4\pi \times 10^{-3}} = 10^{-2} T = 10 \times 10^{-4} T = 10 G$$

بخش Q+

در این بخش یک سوال دیگر را با همین موضوع با هم بررسی می‌کنیم:

در شکل زیر، سیم‌لوله از تعدادی سیم چسبیده به هم به قطر مقطع 3mm تشکیل شده است. و ذره‌ی بارداری به جرم 80g و بار الکتریکی $q = -2mc$ به صورت درون‌سو با سرعت $5 \times 10^5 \frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌لوله شده و با سرعت ثابت در همان جهت از میدان می‌گذرد. تعداد حلقه‌های به هم چسبیده‌ی سیم‌لوله



را چند درصد افزایش دهیم تا توان خروجی باتری تغییر نکند؟ ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

- ۱) 30
۲) 50
۳) 300
۴) 500

پاسخ: از آن جا که ذره با سرعت ثابت در همان جهت قبلی حرکت می‌کند، در نتیجه نیروی مغناطیسی وارد بر آن با نیروی وزن ذره برابر است.

$$w = mg = \frac{80}{1000} \times 10 = 0.8N \downarrow$$

$$\Rightarrow F = W \rightarrow F = 0.8N \uparrow$$

از رابطه $F = |q| v B \sin \theta$ ، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را محاسبه می‌کنیم:

دقت کنید که جهت حرکت بار، عمود بر خط میدان است. $\theta = 90^\circ$

$$0.8N = 2 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^5 \times B \times 1 \rightarrow B = 8 \times 10^{-4} T$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L} = \frac{\mu_0 \cancel{N} I}{\cancel{N} D} \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{D} \Rightarrow 8 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times I}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow I = 2A$$

حال از طریق جریان، مقاومت سیم‌لوله را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \rightarrow 2 = \frac{12}{R + 4} \rightarrow R = 2\Omega$$

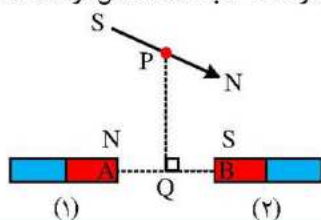
چون گفته توان خروجی باتری تغییر نکند:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \rightarrow 4 = \sqrt{2 \times R_2} \rightarrow R_2 = 8\Omega$$

می‌دانیم برای آن که مقاومت الکتریکی، 4 برابر شود، باید طول سیم را 4 برابر کنیم که چون حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند، تعداد حلقه‌ها را 4 برابر می‌کنیم، یعنی 300 درصد افزایش!!

پس گزینه‌ی 3 صحیح است!

21 - در شکل زیر، میله‌های (۱) و (۲) آهنربا هستند و PQ عمود منصف پاره خط AB است و عقربه مغناطیسی در نقطه P به حالت تعادل درآمده است. با انجام کدام یک از کارهای زیر، جهت عقربه مغناطیسی در نقطه P ، در راستای PQ و رو به بالا می‌شود؟

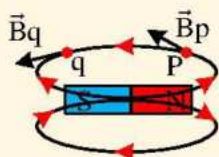


- (۱) آهنربای (۱) را اندکی به سمت چپ جابه‌جا کنیم و جای قطب‌های آهنربای (۲) را عوض کنیم.
- (۲) آهنربای (۲) را اندکی به سمت چپ جابه‌جا کنیم و جای قطب‌های آهنربای (۱) را عوض کنیم.
- (۳) آهنربای (۱) را اندکی به سمت راست جابه‌جا کنیم و جای قطب‌های آهنربای (۲) را عوض کنیم.
- (۴) آهنربای (۲) را اندکی به سمت راست جابه‌جا کنیم و جای قطب‌های آهنربای (۱) را عوض کنیم.

پاسخ: گزینه ۳

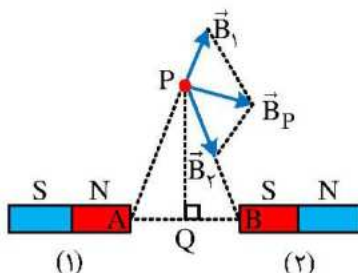
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۶	۱	۸	سوال	یازدهم	آهنربا	و ترکیب	۳	۳	سختی	متوسط

خط‌های میدان مغناطیسی آهنربا از قطب N آن خارج و به قطب S آهنربا وارد می‌شوند، در نتیجه جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب N به S و در داخل آهنربا از قطب S به N است.

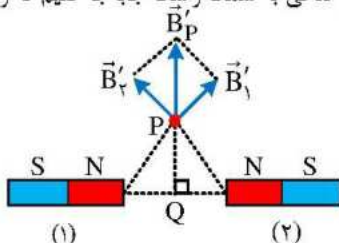


بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا برداری است مماس بر خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با آن به عنوان مثال در شکل بالا، B_P و B_Q بردار مغناطیسی در نقاط P و Q هستند.

گام اول: نقاط A و B را به نقطه P وصل می‌کنیم و سپس میدان مغناطیسی در نقطه P را که جهت آن توسط عقربه مغناطیسی نشان داده شده است در دو راستای AP و BP تجزیه می‌کنیم؛ در نتیجه \vec{B}_1 و \vec{B}_2 به ترتیب میدان مغناطیسی حامل از آهنرباهای (۱) و (۲) در نقطه P می‌باشد، بنابراین نتیجه می‌گیریم که A بر روی قطب N آهنربای (۱) و B بر روی قطب S آهنربای (۲) قرار دارد. روی عمود منصف پاره خط AB قرار دارد. $(AP = BP)$ و $B_2 > B_1$ است، بنابراین نتیجه می‌گیریم آهنربای (۲) قوی‌تر از آهنربای (۱) است.



گام دوم: برای آنکه عقربه مغناطیسی در راستای PQ و رو به بالا قرار بگیرد لازم است تا میدان‌های حاصل از آهنرباهای (۱) و (۲) در نقطه P ، مطابق شکل زیر با یکدیگر برابر و جهت آن‌ها به صورت نشان داده شده باشد، در نتیجه لازم است آهنربای (۲) را ۱۸۰ درجه دوران دهیم تا جای قطب‌های آن عوض شود. از طرفی چون آهنربای (۲) قوی‌تر است باید آهنربای (۱) را اندکی به سمت راست جابه‌جا کنیم تا از این طریق با کاهش فاصله از نقطه P ، کوچک‌تر بودن میدان مغناطیسی آن نسبت به آهنربای (۲) جبران شود.



22 - ذره‌ای با بار $-5\mu\text{C}$ و تندی $2\frac{\text{km}}{\text{s}}$ به صورت برون‌سو وارد محیطی می‌گردد که در آن میدان الکتریکی $\vec{E} = 500\hat{i} + 500\sqrt{3}\hat{j}$ و میدان مغناطیسی $\vec{B} = \sqrt{3}\hat{i} - \hat{j}$ در SI وجود دارد. در لحظه ورود ذره به محیط، اندازه برآیند نیروهایی که از طرف میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر ذره وارد می‌شود چند میلی‌نیوتون است؟

۲۵ (۴)

۲۰ (۳)

۱۵ (۲)

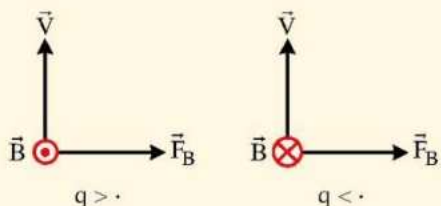
۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

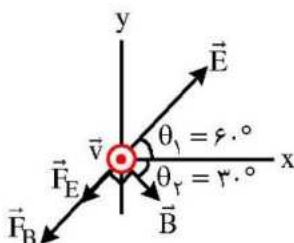
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۷	۷	۹	سوال	یازدهم	نیروی مغناطیسی	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	سختی

هرگاه ذره باردار q در میدان مغناطیسی \vec{B} با سرعت \vec{v} در حال حرکت باشد از طرف میدان بر آن نیرویی وارد می‌شود که جهت آن را می‌توان با استفاده از قاعده دست راست تعیین کرد و اندازه آن را از رابطه زیر به دست آورد:

$$F_B = qvB \sin \theta$$



مطابق شکل زیر، فرض می‌کنیم که ذره در مبدأ مختصات وارد محیط مورد نظر می‌شود. پس باتوجه به بردار میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی داده شده، جهت آن‌ها را در دستگاه مختصات، مشخص می‌کنیم.



$$\vec{E} = 500\hat{i} + 500\sqrt{3}\hat{j} \Rightarrow |\vec{E}| = \sqrt{(500)^2 + (500\sqrt{3})^2} = \sqrt{(500)^2(1+3)} = 500\sqrt{4}$$

$$\Rightarrow |\vec{E}| = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{500\sqrt{3}}{500} = \sqrt{3} \Rightarrow \theta_1 = 60^\circ$$

$$\vec{B} = \sqrt{3}\hat{i} - \hat{j} \Rightarrow |\vec{B}| = \sqrt{(\sqrt{3})^2 + (-1)^2} = \sqrt{3+1} \Rightarrow \vec{B} = 2T$$

$$\Rightarrow \tan \theta_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

بار ذره منفی است. بنابراین به هنگام ورود به میدان الکتریکی، نیرویی در خلاف جهت میدان بر آن وارد می‌شود. (شکل بالا)

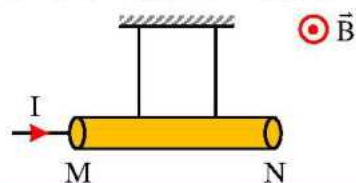
$$F_E = E|q| = (5 \times 10^6) \times 1000 = 5 \times 10^{-3} \text{ N} = 5 \text{ mN}$$

از طرفی باتوجه به جهت حرکت برون‌سوی ذره و جهت میدان مغناطیسی و استفاده از قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی که بر ذره وارد می‌شود هم جهت با \vec{F}_E است:

$$|F_B| = |q|vB \sin \theta = (5 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^3) \times 2 \times 1 = 20 \times 10^{-3} \text{ N} = 20 \text{ mN}$$

$$F_t = |F_E| + |F_B| = 5 + 20 = 25 \text{ mN}$$

23 - مطابق شکل زیر، میله رسانای MN در میدان مغناطیسی یکنواخت و برون‌سوی \vec{B} قرار دارد و از آن جریان I در جهت M به N عبور می‌کند. اگر جهت میدان مغناطیسی بدون تغییر در اندازه آن برعکس شود، نیروی کشش هریک از نخ‌ها ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. اندازه نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌شود، چند برابر وزن سیم است؟



$$\begin{aligned} & \frac{3}{7} \quad (2) \\ & \frac{3}{5} \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{7} \quad (1) \\ & \frac{1}{5} \quad (3) \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لزم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۸	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	ترکیب	۲	۲	۲	متوسط

هرگاه سیم حامل جریان I در میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} قرار گیرد، از طرف میدان بر سیم نیرویی وارد می‌شود که جهت این نیرو را با استفاده از قاعده دست راست و اندازه آن را از رابطه زیر به دست می‌آوریم:

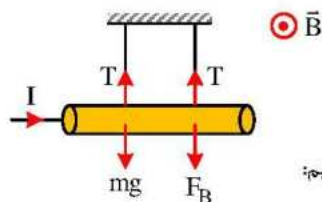


$$F = I\ell B \sin \theta$$

که در آن ℓ طول سیم و θ زاویه بین سیم و خطوط میدان است.

مسئله را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

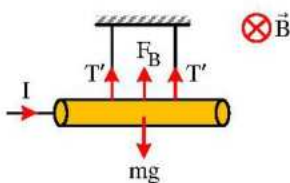
حالت اول: میدان مغناطیسی برون‌سو است و نیروی کشش هریک از نخ‌ها T است. بنابراین مطابق با قاعده دست راست، جهت نیروی مغناطیسی F_B رو به پایین است. چون میله رسانا در حال تعادل است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:



$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow 2T = mg + F_B$$

$$2T = mg + I\ell B \Rightarrow T = \frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}I\ell B$$

حالت دوم: میدان مغناطیسی درون‌سو است و نیروی کشش هریک از نخ‌ها T' است. بنابراین مانند حالت قبل، داریم:



$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow 2T' + F_B = mg$$

$$2T' + I\ell B = mg$$

$$2T' = mg - I\ell B \Rightarrow T' = \frac{1}{2}mg - \frac{1}{2}I\ell B$$

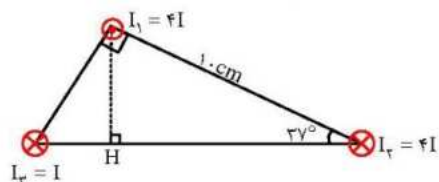
چون نیروی کشش نخ در حالت دوم نسبت به حالت اول، ۲۵ درصد کاهش یافته است، پس:

$$\frac{T' - T}{T} = -0.25 \Rightarrow \frac{\left(\frac{1}{2}mg - \frac{1}{2}I\ell B\right) - \left(\frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}I\ell B\right)}{\frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}I\ell B} = -\frac{1}{4}$$

$$\frac{-I\ell B}{\frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}I\ell B} = -\frac{1}{4} \Rightarrow 4I\ell B = \frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}I\ell B \Rightarrow \frac{7}{2}I\ell B = \frac{1}{2}mg$$

$$\frac{I\ell B}{mg} = \frac{1}{7} \Rightarrow \frac{F_B}{mg} = \frac{1}{7}$$

24 - مطابق شکل زیر، سه سیم بلند موازی بر رأس های مثلث قائم الزاویه ای عمود بر صفحه قرار دارند. اگر بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیم (1) در نقطه H برابر \vec{G} باشد، بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سه سیم در نقطه H چند گاوس است و جهت آن به کدام سمت می باشد؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)

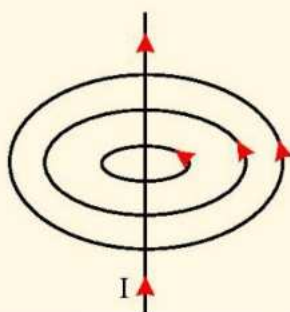


- (1) $\frac{6}{5}$ ، ↘
- (2) $\frac{6}{5}$ ، ↗
- (3) 8 ، ↘
- (4) 8 ، ↗

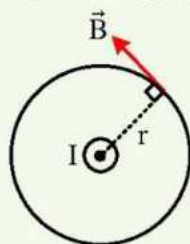
پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه 1=	۷	۸	۸	سوال	یازدهم	میدان مغناطیسی	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

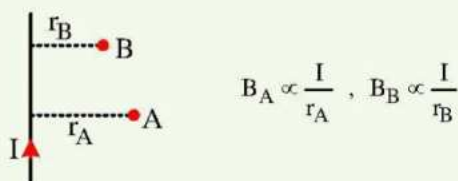
در اطراف یک سیم مستقیم حامل جریان، میدان مغناطیسی تشکیل می شود که خطوط میدان مغناطیسی حاصل از آن، دایره هایی هم مرکز هستند که جهت آنها با استفاده از قاعده دست راست تعیین می شود.



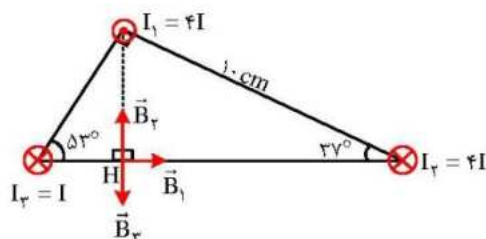
نکته ۱: بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه مماس است، در نتیجه زاویه بین \vec{B} و شعاع r ، 90° است:



نکته ۲: اندازه میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان با اندازه جریان رابطه مستقیم و با فاصله نقطه مورد نظر از سیم رابطه عکس دارد:



گام اول: فاصله هریک از سیم‌ها از نقطه H را به دست می‌آوریم:



$$I_1 I_2 H : I_1 H = I_1 I_2 \times \sin 37^\circ = 1 \times 10 / 6 = 6 \text{ cm}$$

$$I_1 H = I_1 I_2 \times \cos 37^\circ = 1 \times 10 / 8 = 8 \text{ cm}$$

$$I_1 I_2 H : \tan 37^\circ = \frac{I_1 H}{I_2 H} \Rightarrow \frac{6}{8} = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow I_2 H = \frac{8}{3} = 4 / 5 \text{ cm}$$

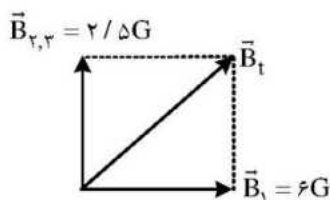
گام دوم: باتوجه به نکته ۲ درسامه و معلوم بودن میدان مغناطیسی حاصل از سیم (۱) یعنی $B_1 = 6G$ ، میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌های دیگر را در نقطه H به دست می‌آوریم:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{I_2}{I_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{B_2}{6} = \frac{1}{4} \times \frac{8}{4/5} \Rightarrow \frac{B_2}{6} = \frac{1}{4} \times \frac{6}{1} \times \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{B_2}{6} = 1 \times \frac{5}{4} \Rightarrow B_2 = \frac{15}{2} = 7.5 G$$

$$\frac{B_3}{B_1} = \frac{I_3}{I_1} \times \frac{d_1}{d_3} \Rightarrow \frac{B_3}{6} = \frac{4}{1} \times \frac{6}{4/5} \Rightarrow \frac{B_3}{6} = \frac{6}{4 \times 4/5} \Rightarrow B_3 = 2 G$$

گام سوم: در پایان برآیند میدان مغناطیسی حاصل از سه سیم را در نقطه H به دست می‌آوریم:



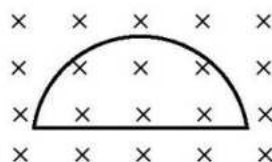
$$B_{2,3} = B_2 - B_3 = 7.5 - 2 = 5.5 G$$

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_{2,3}^2} = \sqrt{(6)^2 + (5.5)^2} = \sqrt{36 + 30.25} = \sqrt{66.25} = 8.14 G$$

www.biomaze.ir

25 - از تکه سیمی به طول ۲m و مقاومت ۱۰۰Ω، یک قاب نیم‌دایره‌ای درست کرده و مطابق شکل، آن را در میدان مغناطیسی درون‌سو که بزرگی آن برابر

$B = t^2 + 2t - 1$ (در SI) می‌باشد، قرار می‌دهیم. جریان الکتریکی متوسط القا شده در این قاب در ثانیه دوم چند میلی‌آمپر و در چه جهتی است؟ ($\pi = 3$)



۱۲، پادساعتگرد

۲۴، پادساعتگرد

۱۲، ساعتگرد

۲۴، ساعتگرد

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	میزان
-------	--------	----------	--------	------	------	----------	--------------------	----------------------	-------

درجه ۱۰	۸	۸	۹	شناسه سوال	یازدهم	الفاء	و ترکیب	درجه سختی	سختی	سختی
---------	---	---	---	------------	--------	-------	---------	-----------	------	------

قانون القاء فاراده: هرگاه شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه تغییر کند، در آن نیروی محرکه الکتریکی القاء می‌شود:

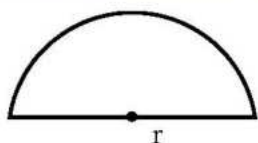
$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

که در آن N تعداد دورهای حلقه است.

و چنانچه R مقاومت الکتریکی حلقه باشد، جریان الکتریکی القاء شده در آن برابر است با:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-N \Delta\Phi}{R \Delta t} \rightarrow |\bar{I}| = \frac{N |\Delta\Phi|}{R \Delta t}$$

گام اول: طول تکه سیم 2m است، بنابراین محیط قاب نیم‌دایره‌ای ساخته شده به وسیله آن نیز 2m است، پس:



$$L = \frac{1}{2}(\pi r) + 2r = \pi r + 2r = (\pi + 2)r \rightarrow r = \frac{L}{\pi + 2} = \frac{2}{\pi + 2} = \frac{2}{5}\text{m}$$

در نتیجه مساحت قاب نیم‌دایره‌ای برابر است با:

$$A = \frac{1}{2}\pi r^2 = \frac{1}{2} \times \pi \times \left(\frac{2}{5}\right)^2 = \frac{\pi}{2} \times \frac{4}{25} = \frac{\pi}{12.5}\text{m}^2$$

گام دوم: میدان مغناطیسی در ثانیه دوم به مقدار زیر تغییر می‌کند:

$$B = t^2 + 2t - 1$$

$$t_1 = 1\text{s} \rightarrow B_1 = 1 + 2 - 1 = 2\text{T}$$

$$t_2 = 2\text{s} \rightarrow B_2 = 4 + 4 - 1 = 7\text{T}$$

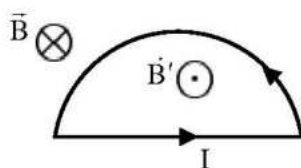
$$\Delta B = B_2 - B_1 = 7 - 2 = 5\text{T}$$

و بنابراین اندازه جریان الکتریکی متوسط القا شده در قاب نیم‌دایره‌ای در این بازه زمانی برابر است با:

$$|\bar{I}| = \frac{N |\Delta\Phi|}{R \Delta t} = \frac{N A |\Delta B|}{R \Delta t} = \frac{1}{100} \times \frac{\frac{\pi}{12.5} \times 5}{2 - 1} = \frac{1}{100} \times \frac{\pi}{2.5} \times 5$$

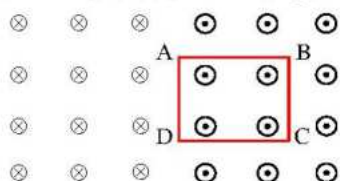
$$= \frac{12}{1000} A = 12\text{mA}$$

گام سوم: با توجه به بخش نخست از گام دوم، ملاحظه شد که بزرگی میدان مغناطیسی در حال افزایش بوده و جهت آن درون سو است. بنابراین مطابق با قانون لenz جهت جریان القایی باید در خلاف عقربه‌های ساعت باشد تا میدان برون سو حاصل از آن یعنی \vec{B}' با افزایش میدان مغناطیسی درون سو \vec{B} مخالفت کند.



www.biomaze.ir

26- مطابق شکل زیر، حلقه مربعی شکل را حول ضلع AD به اندازه 180° دوران می‌دهیم. جهت جریان القایی در حلقه به ترتیب چگونه است؟ (میدان مغناطیسی در سمت راست ضلع AD، برون سو و در سمت چپ آن درون سو است.)



- (۱) ساعتگرد - ساعتگرد
- (۲) ساعتگرد - پادساعتگرد
- (۳) پاد ساعتگرد - ساعتگرد
- (۴) پاد ساعتگرد - پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰	۷	۳	۷	سوال	یازدهم	قانون لنز		۵	۵	سهگنی	متوسط

اگر شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه در حال تغییر باشد در آن جریان الکتریکی القا می‌شود. برای تعیین جهت جریان القایی در یک پیچه از قانون لنز استفاده می‌کنیم.

قانون لنز: جریان القایی در یک پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل بوجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مخالفت می‌کند.

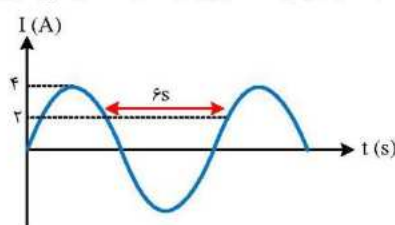
باتوجه به اینکه جهت میدان مغناطیسی در سمت راست و چپ ضلع AD با یکدیگر متفاوت است، دوران حلقه را به ۲ دوران ۹۰ درجه‌ای حول ضلع AD تقسیم‌بندی می‌کنیم:

الف) دوران صفر الی ۹۰° حول ضلع AD: در این حالت با افزایش زاویه دوران، زاویه بین خطوط میدان مغناطیسی و نیم‌خط عمود بر صفحه یعنی زاویه θ افزایش می‌یابد و در نتیجه مطابق رابطه $\phi = BA \cos \theta$ شار عبوری از حلقه کاهش می‌یابد و در نتیجه جریان الکتریکی در حلقه القا می‌شود. برای تعیین جهت جریان القایی، باتوجه به این‌که شاری که به‌صورت برون‌سو از حلقه عبور می‌کند در حال کاهش است، بنابراین جریان القایی باید در جهتی باشد که شار مغناطیسی برون‌سو ایجاد کند. پس جریان القایی باید پادساعتگرد باشد.

ب) دوران ۹۰° الی ۱۸۰° حول ضلع AD: در این حالت زاویه θ به‌طور پیوسته کاهش می‌یابد و شار مغناطیسی که به‌صورت درون‌سو از حلقه عبور می‌کند، افزایش می‌یابد و در نتیجه جریان الکتریکی در حلقه القا می‌شود و جهت آن مطابق قانون لنز باید پادساعتگرد باشد تا میدان حاصل از آن که به‌صورت برون‌سو است با افزایش بیش‌تر میدان که به‌صورت درون‌سو است، مخالفت کند.

www.biomaze.ir

27 - نمودار جریان عبوری از پیچه یک مولد جریان متناوب مطابق شکل زیر است. در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه برای نخستین بار، شار مغناطیسی عبوری از



پیچه مولد $\frac{1}{4}$ برابر شار حداکثر است؟

- ۱ (۱)
- ۱/۵ (۲)
- ۲ (۳)
- ۲/۵ (۴)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰	۶	۷	۷	سوال	یازدهم	شار مغناطیسی		۵	۵	سهگنی	متوسط

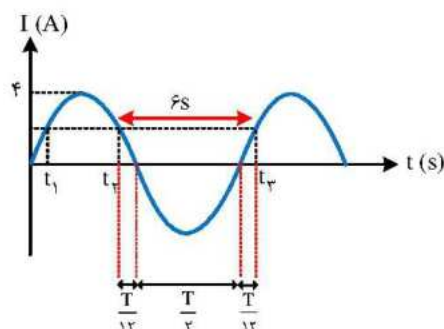
در پیچه یک مولد جریان متناوب معادله‌های شار مغناطیسی، نیروی محرکه القایی و جریان الکتریکی القایی برحسب زمان به‌صورت روابط زیر است:

$$\phi = \phi_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

گام اول: مطابق نمودار جریان الکتریکی القایی برحسب زمان داده شده، فاصله زمانی بین لحظاتی که در آن برای بار دوم و سوم، جریان عبوری از پیچه برابر ۲A می‌شود، برابر ۰.۵s است، بنابراین:

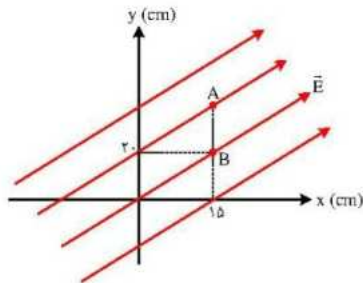


$$\epsilon = \frac{T}{12} + \frac{T}{2} + \frac{T}{12} \Rightarrow \epsilon = \frac{2T}{3} \Rightarrow T = 3s \Rightarrow I = \epsilon \sin\left(\frac{2\pi}{9}t\right)$$

در لحظه‌ای که شار عبوری $\frac{1}{3}$ برابر شار بیشینه است، یعنی $\cos\left(\frac{2\pi}{9}t\right) = \frac{1}{3}$ است، باید $\sin\left(\frac{2\pi}{9}t\right) = \frac{\sqrt{2}}{3}$ باشد:

$$\frac{2\pi}{9}t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ s}$$

28- در شکل زیر، میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $10^5 \frac{N}{C}$ در صفحه برقرار است. اندازه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه A و B که درون میدان الکتریکی هستند، چند کیلو ولت است؟



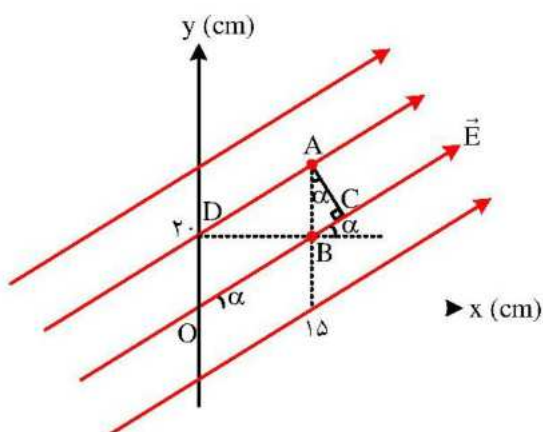
- ۱۲ (۱)
۱۴ (۲)
۱۶ (۳)
۱۸ (۴)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شفا	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از ۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	سوال	یازدهم	پتانسیل الکتریکی	و ترکیب			سختی	سخت

نکته:

اندازه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه که درون میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی E قرار دارند، از رابطه $|\Delta V| = Ed_{AB}$ به دست می‌آید که d_{AB} اندازه فاصله میان دو نقطه، در راستای میدان است.



باتوجه به شکل مقابل، مشخص است که در مثلث قائم‌الزاویه $\triangle ABC$ ، $\hat{A} = \alpha$ و $\hat{B} = 90^\circ - \alpha$ ، همان اندازه فاصله میان A و B در راستای خطوط میدان است.

$$\tan \alpha = \frac{20}{15} = \frac{4}{3} \xrightarrow{3^2 + 4^2 = 5^2} \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

چون میدان الکتریکی، یکنواخت است پس چهارضلعی ODAB یک متوازی‌الاضلاع است و $AB = OD = 20 \text{ cm}$ داریم:

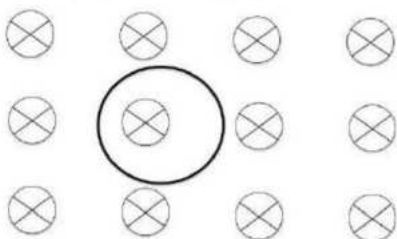
$$\sin \alpha = \frac{BC}{AB} \Rightarrow BC = AB \cdot \sin \alpha = 20 \times \frac{4}{5} = 16 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow |\Delta V_{AB}| = E d_{\parallel} = E \cdot BC = 10^5 \times 0.16 = 16000 \text{ V}$$

$$\Rightarrow |\Delta V_{AB}| = 16 \text{ kV}$$

گروه آموزشی ماز

29- از سیمی با مقاومت الکتریکی 20Ω ، حلقه‌ای به مساحت 400 cm^2 ساخته و آن را در میدان مغناطیسی یکنواختی قرار می‌دهیم. اگر بزرگی میدان در مدت دو میلی‌ثانیه و بدون تغییر جهت، 0.2 تسلا کاهش یابد، بزرگی جریان القایی متوسط در حلقه چند میلی‌آمپر و جهت آن چگونه است؟



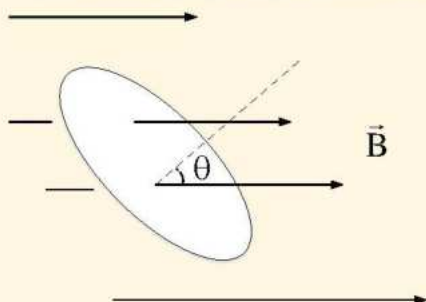
- (1) 20 و ساعتگرد
- (2) 20 و پادساعتگرد
- (3) 2 و ساعتگرد
- (4) 2 و پادساعتگرد

پاسخ: گزینه 1

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شأنیه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از 10	8	8	8	سوال	یازدهم	القا	و ترکیب		9	سطحی	متوسط

درستنامه:

می‌دانیم که شار مغناطیسی کمیتی نرده‌ای است که برای میدان مغناطیسی یکنواخت B که از پیچهای به مساحت A می‌گذرد به صورت زیر محاسبه می‌شود:



$$\Phi = BA \cos \theta$$

حال می‌دانیم، عامل مشترک در تمامی پدیده‌های منجر به جریان القایی در مدار، تغییر شار مغناطیسی عبوری از پیچه است.

به طور کلی، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد، تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \text{نیروی محرکه القایی متوسط}$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-N\Delta\phi}{R(\Delta t)} \quad \text{جریان القایی متوسط}$$

$$\begin{cases} \Delta\phi = BA(\Delta \cos\theta) \\ \Delta\phi = B \cos\theta(\Delta A) \quad (\text{همه یکاها در SI}) \\ \Delta\phi = A \cos\theta(\Delta B) \end{cases}$$

از طرفی با توجه به قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورنده جریان القایی، مخالفت کند.

با توجه به اینکه حلقه بر میدان مغناطیسی عمود است، $\cos\theta = 1$ بوده، بنابراین داریم:

$$|\Delta\phi| = |\Delta B| = (0.02)(400 \times 10^{-4}) = 8 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$|\bar{I}| = \frac{N\Delta\phi}{R\Delta t} = \frac{(1)(8 \times 10^{-4})}{(20)(2 \times 10^{-3})} = 0.02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$$

از طرفی چون میدان درون سو در حال کاهش است، جهت جریان القایی ساعتگرد خواهد بود تا با کاهش شار مغناطیسی عبوری از حلقه مخالفت کند.

حال اگر بار الکتریکی عبوری از هر مقطع فرضی سیم را بخواند، چگونه عمل می‌کنید؟ برای یافتن پاسخ به مثال زیر توجه کنید.

مثال:

اگر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بسته با مقاومت 5Ω ، به اندازه 0.4 و بر و بدون تغییر جهت کاهش یابد، بار الکتریکی القایی عبوری از هر مقطع فرضی حلقه چند میلی‌کولن است؟

۸ (۴)

۰/۸ (۳)

۲ (۲)

۲۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

برای تعیین بار الکتریکی القایی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = \frac{N(\Delta\phi)}{\Delta t} \xrightarrow{\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}} \bar{I} = \frac{N(\Delta\phi)}{R \cdot \Delta t} \xrightarrow{\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N(\Delta\phi)}{R \cdot \Delta t} \rightarrow \Delta q = \frac{N\Delta\phi}{R}$$

$$\rightarrow \Delta q = \frac{(1)(0.4)}{5} \rightarrow \Delta q = 8 \times 10^{-2} \text{ C} = 80 \text{ mC}$$

گروه آموزشی ماز

30- در شکل زیر، سیم‌لوله از تعدادی سیم چسبیده به هم به قطر مقطع 3 mm تشکیل شده است. و ذره‌ی بارداری به جرم 80 g و بار الکتریکی $q = -2 \text{ mC}$

به صورت درون سو با سرعت $5 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌لوله شده و با سرعت ثابت در همان جهت از میدان می‌گذرد. تعداد

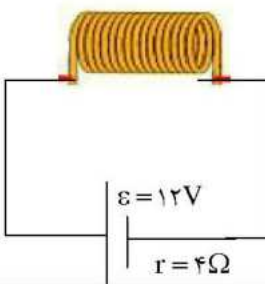
حلقه‌های به هم چسبیده‌ی سیم‌لوله را چند درصد افزایش دهیم تا توان خروجی باتری تغییر نکند؟ $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})$

۵۰ (۲)

۳۰ (۱)

۵۰۰ (۴)

۳۰۰ (۳)



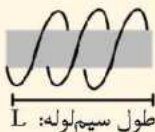
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۷	۷	۶	سوال	پاردهم	مغناطیس	و ترکیب			سختی	سخت

درسنامه

میدان مغناطیسی درون یک سیم‌لوله، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow \mu_0: \text{ضریب گذردهی مغناطیسی در خلأ} \quad \left(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}} \right)$$

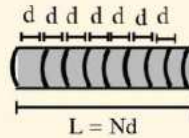


طول سیم‌لوله: L شدت جریان عبوری از سیم‌لوله: I

تعداد حلقه‌های سیم‌لوله: N

* مهم: دقت کنید در رابطه‌ی بالا، L طول سیم‌لوله است، نه طول سیم !!!

در این میان اگر حلقه‌های سیم‌لوله به هم چسبیده باشند، طول سیم‌لوله از رابطه‌ی $L = N \times d$ به دست می‌آید.



d : قطر سیم

N : تعداد حلقه‌ها

$$B = \frac{\mu_r N I}{L} = \frac{\mu_r N I}{N d} = \frac{\mu_r I}{d}$$

از آن جا که ذره با سرعت ثابت در همان جهت قبلی حرکت می‌کند، در نتیجه نیروی مغناطیسی وارد بر آن با نیروی وزن ذره برابر است.

$$w = mg = \frac{10}{1000} \times 10 = 0.1 \text{ N} \downarrow$$

$$\Rightarrow F = W \rightarrow F = 0.1 \text{ N} \uparrow$$

از رابطه‌ی $F = |q| v B \sin \theta$ ، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را محاسبه می‌کنیم:

دقت کنید که جهت حرکت بار، عمود بر خط میدان است. $\theta = 90^\circ \leftarrow$

$$0.1 = 2 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^5 \times B \times 1 \rightarrow B = 1 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B = \frac{\mu_r N I}{L} = \frac{\mu_r N I}{N d} \rightarrow B = \frac{\mu_r I}{d} \Rightarrow 1 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times I}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow I = 2 \text{ A}$$

حال از طریق جریان، مقاومت سیم‌لوله را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \rightarrow 2 = \frac{12}{R + 4} \rightarrow R = 2 \Omega$$

چون گفته توان خروجی باتری تغییر نکند:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \rightarrow 4 = \sqrt{2 \times R_2} \rightarrow R_2 = 8 \Omega$$

می‌دانیم برای آن که مقاومت الکتریکی، ۴ برابر شود، باید طول سیم را ۴ برابر کنیم که چون حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند، تعداد حلقه‌ها را ۴ برابر می‌کنیم.

یعنی ۳۰۰ درصد افزایش!!

پس گزینه‌ی ۳ صحیح است!

گروه آموزشی ماز

31 - معادله‌ی شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه بر حسب زمان به صورت $\Phi = t^2 - 5t + 6$ در SI می‌باشد. در چه لحظه یا لحظاتی جهت جریان القایی تغییر می‌کند؟

۴) فقط ۵/۲

۳) ۳ و ۴.۵

۲) فقط ۶.۵

۱) ۳.۵ و ۳.۵

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۶	۵	۷	سوال	پاردهم	مغناطیس		☒	☒	متوسط	متوسط

درسنامه:

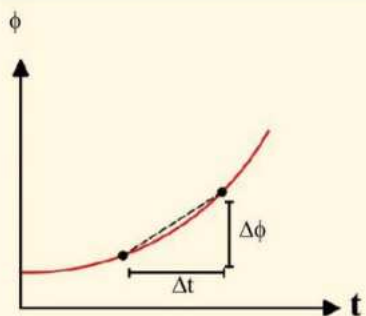
طبق قانون القای الکترومغناطیسی فارادی، تغییر شار مغناطیسی گذرنده از یک پیچه یا حلقه، سبب القای جریان الکتریکی در پیچه یا حلقه می‌شود، که هرچه آهنگ تغییرات شار مغناطیسی بیشتر باشد، یعنی شار مغناطیسی با سرعت بیش‌تری تغییر کند، شدت جریان القایی نیز بیش‌تر خواهد بود.

از آن‌جا که $\phi = AB \cos \theta$ می‌باشد، پس برای تغییر شار مغناطیسی، باید به تغییر مساحت حلقه یا تغییر میدان مغناطیسی گذرنده از حلقه و یا تغییر زاویه میان میدان مغناطیسی و نیم خط عمود در صفحه فکر کنیم.

در این صورت، نیروی محرکه‌ی القایی متوسط و جریان القایی متوسط به این صورت محاسبه می‌شوند:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \left(\frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right) \rightarrow \bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = -\frac{N}{R} \left(\frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right)$$

از رابطه‌ی بالا در نمودارها می‌توان به این شکل استفاده کرد که $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ همان شیب نمودار $(\phi - t)$ را نشان می‌دهد، پس شیب این نمودار می‌تواند جریان القایی و نیرو محرکه‌ی القایی را برای ما نمایش بدهد.



$$\text{شیب} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

مثال:

شار مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ای در SI به صورت $(\Phi = 3t^2 - 2t + 2)$ می‌باشد. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در ثانیه اول چند ولت است؟ (تجربی ۸۹)

۹ (۴)

۷ (۳)

۳ (۲)

۱ (۱)

پاسخ:

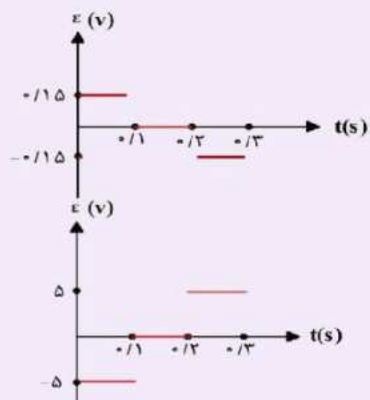
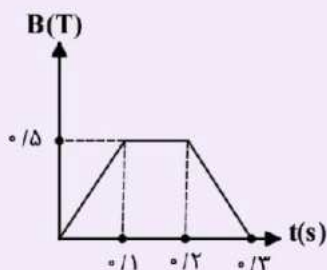
$$\left. \begin{array}{l} t = 0 \rightarrow \Phi_1 = 2 \text{ wb} \\ t = 1 \rightarrow \Phi_2 = 3 \text{ wb} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta \Phi = 1 \text{ wb}$$

$$|\varepsilon_L| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 1 \times \frac{1}{1} = 1 \text{ V}$$

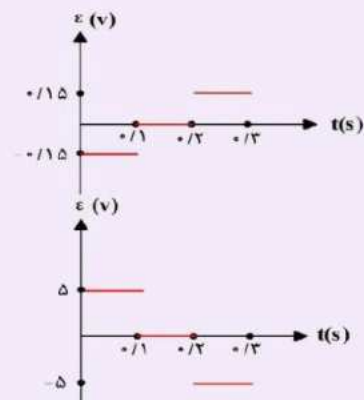
گزینه ۱ صحیح است.

مثال:

یک حلقه به شعاع ۱۰ cm و مقاومت 5Ω به طور عمود بر یک میدان مغناطیس قرار دارد و میدان مغناطیسی مطابق شکل تغییر می‌کند. نمودار نیروی محرکه القا شده در حلقه کدام است؟ ($\pi = 3$) (ریاضی خارج ۹۶)



(۲)



(۱)

(۴)

(۳)

حل مثال ۲:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = - \cancel{N} \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -A \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right)$$

$$A = \pi R^2 = \pi \times \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.03 \quad \left. \begin{array}{l} \Delta B \rightarrow (B-t) \text{ شیب نمودار} \\ \Delta T \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -0.3 \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right)$$

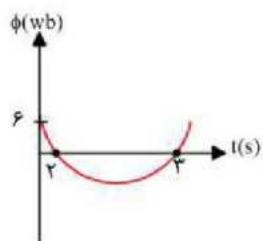
$$\text{در بازه } 0 \text{ تا } 0.1 \text{ s: } \bar{\varepsilon} = - \frac{0.3}{0.1} \left(\frac{+0.5}{0.1} \right) = -0.15 \text{ V}$$

$$\text{در بازه } 0.1 \text{ تا } 0.2 \text{ s: } \Delta B = 0 \rightarrow \bar{\varepsilon} = -0.3 \times \left(\frac{0}{0.1} \right) = \text{صفر}$$

$$\text{در بازه } 0.2 \text{ تا } 0.3 \text{ s: } \Delta B = -0.5 \text{ T} \rightarrow \bar{\varepsilon}_L = - \frac{0.3}{0.1} \times \left(\frac{-0.5}{0.1} \right) = +0.15 \text{ V}$$

با توجه به اطلاعات به دست آمده، پاسخ این سؤال، گزینه (۱) می‌باشد

برای تغییر جهت جریان القایی، باید ابتدا جریان صفر شود و سپس علامت آن تغییر کند. از آن‌جا که شیب نمودار $(\phi-t)$ ، جریان القایی را به ما نشان می‌دهد، پس باید شیب نمودار $(\phi-t)$ صفر شود و جهت شیب عوض شود: همان‌طور که می‌بینیم، جریان در رأس سهمی صفر خواهد شد:

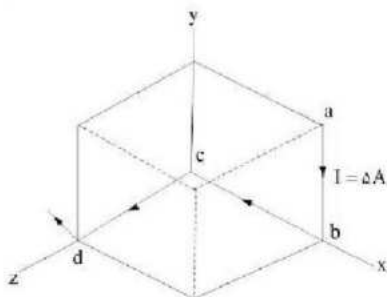


$$t_{\text{رأس}} = \frac{-b}{2a} = \frac{-(-5)}{2(1)} = 2.5 \text{ s}$$

پاسخ تست، گزینه‌ی ۴ است.

گروه آموزشی ماز

32- در فضای شامل میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = 10^{-1} \hat{i}$ (بر حسب تسلا) سیم حامل جریان ΔA به صورت زیر در میدان مغناطیسی محکم شده است. بزرگی نیروی وارد بر سیم $abcd$ از طرف میدان مغناطیسی \vec{B} چند نیوتون است؟ (طول هر یک از سیم‌های ab و bc و cd یکسان و برابر ۲ متر است.)



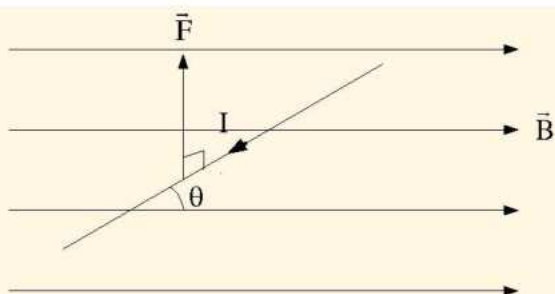
- (۱) صفر
(۲) ۲
(۳) ۱
(۴) $\sqrt{2}$

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۸	۷	سوال	پاردهم	مغناطیس	و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

درسنامه:

می‌دانیم که اگر سیم حامل جریان I به طول l در میدان مغناطیسی B قرار گیرد به گونه‌ای که راستای میدان و سیم، زاویه θ با یکدیگر بسازند، از طرف میدان بر سیم، نیرویی عمود بر راستای سیم و میدان وارد می‌شود که بزرگی‌اش به صوت زیر است:



$$F = I l B \sin \theta \quad (\text{همه یگاهها در SI هستند})$$

از طرفی جهت نیرو نیز با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌شود به گونه‌ای که اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را نمایش می‌دهد. بدیهی است که اگر راستای سیم و میدان مغناطیسی موازی باشد، بر سیم از طرف میدان نیرویی وارد نمی‌شود، یعنی:

$$F = I l B \sin \theta \quad \begin{matrix} \theta = 0^\circ \rightarrow F = 0 \\ \theta = 180^\circ \rightarrow F = 0 \end{matrix}$$

و اگر راستای سیم بر میدان عمود باشد، بیشترین نیروی ممکن به سیم، از طرف میدان وارد می‌شود، یعنی:

$$F = I l B \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90^\circ} F_{\max} = I l B$$

در اینجا ۳ سیم می‌بینیم که در میدان یکنواخت مغناطیسی B قرار دارند. بدیهی است که به سیم bc نیرویی وارد نمی‌شود؛ چون با میدان مغناطیسی که موازی محور x است، هم‌راستا است.

اما بر دو سیم cd و ab (که راستای آن‌ها عمود بر میدان است)، نیرویی از طرف میدان به صورت زیر وارد می‌شود:

$$F = I l B \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90^\circ} F_{ab} = F_{cd} = I l B \Rightarrow (5)(2)(10^{-1}) = 1 \text{ N}$$

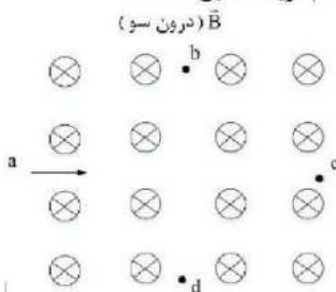
از طرف با توجه به جهت جریان و راستای سیم‌ها، بدیهی است که این نیروها بر هم عمودند، پس در نهایت داریم:

$$F_T = \sqrt{F_{ab}^2 + F_{bc}^2} = \sqrt{1+1} = \sqrt{2} \text{ N}$$

حال اگر در سؤال جهت نیروی وارد بر سیم‌ها از طرف میدان مغناطیسی پرسیده شود، چه می‌کنید؟
(پاسخ شما درست است، با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیروها و سپس برآیند آن‌ها را می‌یابیم).
همچنین اگر یک حلقه بسته حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار می‌گرفت و نیروی کل وارد بر حلقه مطلوب بود، چه می‌کنیم؟
(پاسخ شما درست است، نیروی وارد بر حلقه بسته حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی یکنواخت، صفر است)

گروه آموزشی ماز

33- مطابق شکل یک پروتون، از نقطه a با انرژی جنبشی k به طور عمود وارد میدان مغناطیسی یکنواخت B شده و از یکی از نقاط b، c و d با انرژی جنبشی k_b و k_c و k_d خارج می‌شود. اگر تنها نیروی وارد بر آن نیروی میدان مغناطیسی باشد، کدام گزینه صحیح است؟



- (۱) از b خارج شده و $k_b > k_a$
- (۲) از d خارج شده و $k_d > k_a$
- (۳) از b خارج شده و $k_b = k_a$
- (۴) از d خارج شده و $k_d = k_a$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳	۸	۶	۸	سوال	پازدهم	مغناطیس	ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

درسنامه:

به طور کلی اگر ذره باردار q با سرعت v در میدان مغناطیسی B به گونه‌ای حرکت کند که راستای بردار میدان و سرعت ذره، با یکدیگر زاویه θ بسازند، بزرگی نیروی وارد از طرف میدان مغناطیسی B به ذره به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$F = |q| VB \sin \theta \quad (\text{همه یکاها در SI هستند})$$

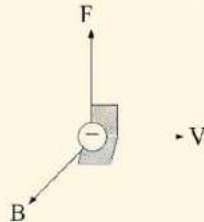
بدیهی است که جهت نیروی وارد بر ذره باردار مثبت را می‌توان با استفاده از قاعده دست راست تعیین کرد، به گونه‌ای که اگر چهار انگشت در جهت سرعت ذره باشد و بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر ذره را نمایش می‌دهد.
* توجه کنید که اگر ذره منفی باشد، یا جهت یافته شده را عکس می‌کنیم یا از همان اول، از دست چپ استفاده می‌کنیم.
اما در مورد بزرگی نیروی وارد بر ذره، اگر بردار سرعت و میدان مغناطیسی هم‌راستا باشند، نیروی وارد بر ذره صفر است. یعنی:

$$F = |q| VB \sin \theta \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\theta=0} F=0 \\ \xrightarrow{\theta=180} F=0 \end{array}$$

ولی اگر این دو بردار بر هم عمود باشند، داریم:

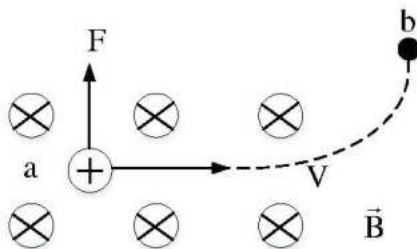
$$F = |q| VB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90} F_{\max} = |q| VB$$

و اقا یکی از مهم‌ترین نکاتی که باید به آن توجه کنیم این است که بردار نیروی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی، بر بردارهای سرعت و میدان عمود است، یعنی:



حال با توجه به اینکه کار نیروی عمود بر جابه‌جایی صفر است، نیروی میدان مغناطیسی در جابه‌جایی یک ذره باردار در میدان کاری بر روی ذره انجام نمی‌دهد، لذا اگر تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی ناشی از میدان مغناطیسی باشد، بزرگی سرعت ذره تغییر نکرده و انرژی جنبشی آن ثابت می‌ماند.

با توجه به قاعده دست راست، ذره به طرف بالا منحرف شده و مسیر حرکتش مطابق شکل است:



پس ذره از 'b' خارج می‌شود و از آن‌جا که نیروی میدان بر روی ذره کار انجام نمی‌دهد، با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی، تغییر انرژی جنبشی صفر بوده یعنی:

$$W_t = \Delta k = k_b - k_a \xrightarrow{W_t=0} k_b = k_a$$

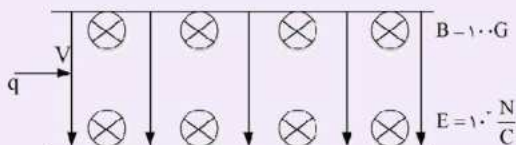
حال اگر ذره در فضایی شامل دو میدان مغناطیسی و الکتریکی عمود بر هم حرکت کند، برای تعیین نیروی خالص وارد بر ذره، باید نیروی هر یک از میدان‌ها را بر روی ذره محاسبه کنیم و در نهایت برآیند آن‌ها را بیابیم.
بدیهی است که اگر ذره بدون انحراف، در دو میدان مغناطیسی و الکتریکی یکنواخت حرکت کند، نیروی خالص وارد بر آن صفر بوده، پس بزرگی سرعت ذره (تندی ذره) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$F_{\text{net}} = 0 \rightarrow qVB = E \cdot q \rightarrow V = \frac{E}{B} \quad (\text{البته حواستان باشد که از نیروی وزن ذره صرف‌نظر کرده‌ایم})$$

حالا شما در مورد جهت سه بردار \vec{V} ، \vec{E} و \vec{B} در این حالت بحث کنید. ☺

مثال:

مطابق شکل ذره باردار $+2\mu\text{C}$ به طور عمود بر دو میدان مغناطیسی و الکتریکی یکنواخت با سرعت $5 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد فضای شامل میدان‌ها شده است. اگر تنها نیروی وارد بر ذره ناشی از این دو میدان باشد، بزرگی نیروی وارد بر ذره هنگام ورود به این فضا چند میلی‌نیوتون است؟



۱ (۱)

۲ (۲)

$\sqrt{2}$ (۳)

صفر (۴)

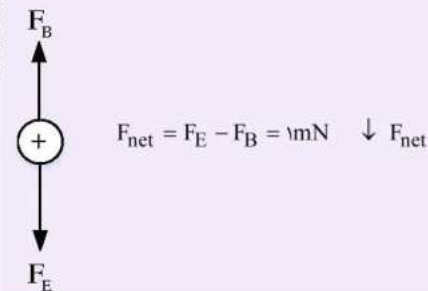
پاسخ: گزینه ۱

در ابتدا بزرگی نیروی وارد بر ذره باردار و جهت آن را می‌یابیم:

$$F_E = E |q| = 10^3 \times 2 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} \text{ N} = 2 \text{ mN} \quad \downarrow F_E$$

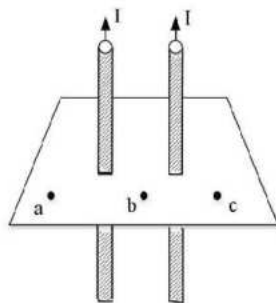
$$F_B = |q| V B \sin \theta = (2 \times 10^{-6}) (5 \times 10^4) (100 \times 10^{-3}) (1) \rightarrow F_B = 10^{-3} \text{ N} = 1 \text{ mN} \quad \uparrow F_B$$

و در نهایت داریم:



گروه آموزشی ماز

34 - مطابق شکل دو سیم موازی و بلند حامل جریان نمایش داده شده‌اند. نیروی بین دو سیم و در نقطه می‌تواند میدان مغناطیسی برآیند ناشی از دو سیم، صفر شود.



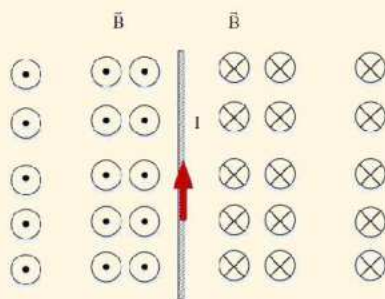
- ۱) رانشی - b
- ۲) ربایشی - b
- ۳) رانشی - a
- ۴) ربایشی - a

پاسخ: گزینه ۲

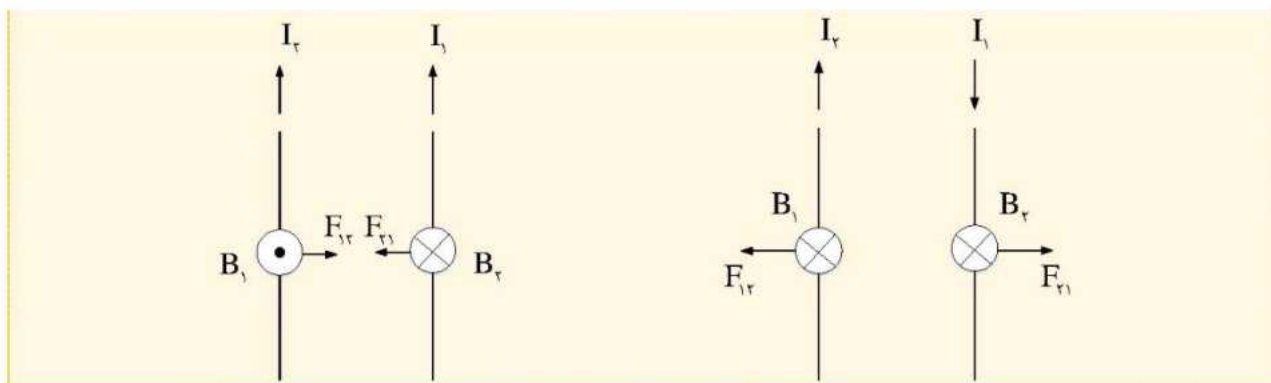
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰	۸	۴	۸	سوال	پاردهم	مغناطیس	ترکیب و نیاز	☒	☒	سختی	ساده

درسنامه:

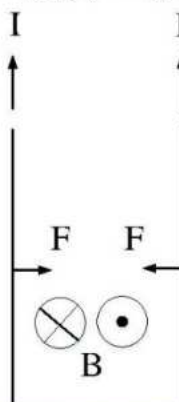
می‌دانیم که سیم‌های حامل جریان در فضای اطراف خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند که با استفاده از قاعده دست راست می‌توان جهت میدان را در اطراف آن‌ها تعیین کرد. از طرفی می‌دانیم که هر چه فاصله از سیم بیشتر شود، بزرگی میدان و البته تراکم خطوط میدان کاهش یابد.



از طرفی می‌دانیم که با توجه به جهت جریان سیم‌ها، می‌توان نقطه‌ای را یافت که میدان مغناطیسی برآیند حاصل از سیم‌ها در آن‌جا صفر شود. بدیهی است که میدان برآیند در ناحیه‌ای بین سیم‌های موازی حامل جریان‌های همسو می‌تواند صفر باشد. همچنین به دلیل اثر میدان مغناطیسی هر یک بر سیم حامل جریان دیگری، نیرویی به سیم‌ها وارد می‌شود. به گونه‌ای که اگر جریان سیم‌ها همسو باشد، نیروی وارد بر سیم‌ها ربایشی و اگر غیرهمسو باشد، رانشی است.



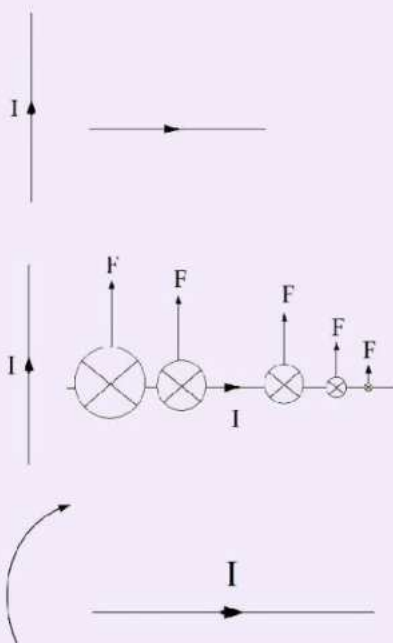
با توجه به جهت جریان سیم‌ها، نیروی بین سیم‌ها ربایشی بود و میدان مغناطیسی برآیند در نقطه b می‌تواند صفر باشد.



حال اگر یکی از سیم‌ها افقی و دیگری قائم، در صفحه کاغذ قرار داشته باشند، نیروی وارد بر سیم‌ها چگونه است؟ برای پاسخ به این سؤال به مثال زیر توجه کنید.

مثال:

در شکل زیر، سیم قائم ثابت شده و سیم افقی به راحتی می‌تواند در صفحه حرکت کند. اگر همزمان جریان I از آن‌ها عبور کند، حرکت سیم افقی چگونه است؟



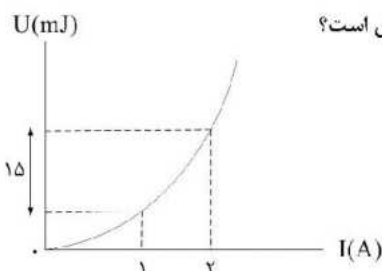
- (۱) به طرف بالا حرکت کرده و ساعتگرد دوران می‌کند.
- (۲) به طرف بالا حرکت کرده و پادساعتگرد دوران می‌کند.
- (۳) به طرف پایین حرکت کرده و ساعتگرد دوران می‌کند.
- (۴) به طرف پایین حرکت کرده و پادساعتگرد دوران می‌کند.

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم قائم در محل حضور سیم افقی، داریم:

با توجه به میزان میدان مغناطیسی و نیروی F ، سیم علاوه بر اینکه به طرف بالا حرکت انتقالی دارد، به طور ساعتگرد دوران می‌کند.

35 - نمودار تغییرات انرژی القاگر بر حسب جریان به صورت زیر است. ضریب القاوری آن چند میلی هانری است؟



- ۱ (۱)
۳ (۲)
۴ (۳)
۱۰ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۴	۸	۷	سوال	پازدهم	القا	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	ساده

درسنامه:

می دانیم که وقتی جریانی در القاگر برقرار شود، بخشی از انرژی مولد که باعث برقراری جریان شده، در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می شود که به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \quad (\text{همه یکها در SI هستند})$$

تذکر: باید به این مطلب توجه کنیم که در یک القاگر آرمانی، تنها وقتی انرژی وارد القاگر می شود که جریان در آن پایا نباشد و در حال افزایش باشد. همچنین این انرژی، هنگام کاهش جریان، آزاد می شود. هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی شود.

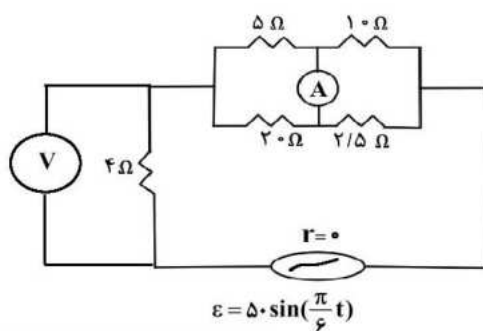
به ازای دو جریان $I_1 = 1A$ و $I_2 = 2A$ داریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \begin{cases} I_1 = 1A \rightarrow U_1 = \frac{1}{2} L \\ I_2 = 2A \rightarrow U_2 = 2L \end{cases}$$

$$U_2 - U_1 = 2L - \frac{1}{2}L = \frac{3}{2}L \xrightarrow{U_2 - U_1 = 15mJ} 15 = \frac{3}{2}L \rightarrow L = 10mH$$

گروه آموزشی ماز

36 - در شکل مقابل، یک مولد جریان متناوب، نیروی محرکه ی $\varepsilon = 50 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$ (در SI) ایجاد کرده است. عددی که ولتسنج در $t = 1s$ نشان می دهد، چند برابر عددی است که آمپرسنج در $t = 3s$ نشان می دهد؟



- ۳ (۲)
۱۰ (۴)
۳

- ۵ (۱)
۱ (۳)
۵

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۸	۸	۸	سوال	پازدهم	مغناطیس	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	سخت

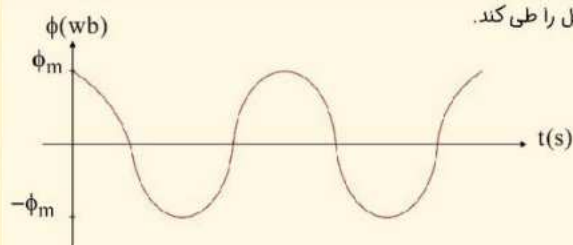
درسنامه

با چرخش یک پیچهای قرار گرفته در میدان مغناطیسی و تغییر زاویه ی پیچه با خطوط میدان، شار مغناطیسی عبوری از پیچه در زمان های مختلف تغییر می کند و به این ترتیب نیروی محرکه و جریان القایی در پیچه خواهیم داشت.
در جریان متناوب، جهت جریان در حال تغییر است.

$$\phi = \phi_m \cos\left(\frac{\pi}{T}t\right)$$

معادله ی شار مغناطیسی متناوب:

که در آن، T دوره تناوب است. یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا پیچه یک دور کامل را طی کند.



با توجه به قانون القای الکترومغناطیس فارادی، ثابت می‌شود که:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

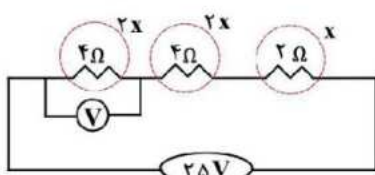
$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$$

ابتدا مقاومت معادل را پیدا می‌کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{موازی} \\ 10\Omega, 2/\Delta\Omega: R' = \frac{10 \times 2/\Delta}{10 + 2/\Delta} = 2\Omega \\ \Delta\Omega, 20\Omega: R'' = \frac{\Delta \times 20}{\Delta + 20} = 4\Omega \end{array} \right\} \rightarrow R_T = 2 + 4 + 4 = 10\Omega$$

ولتاژ در $1S$:

$$\varepsilon = \Delta \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = 2\Delta V$$



$$\begin{aligned} \Delta x &= 2\Delta \\ x &= \Delta V \\ 2x &= 10V \end{aligned}$$

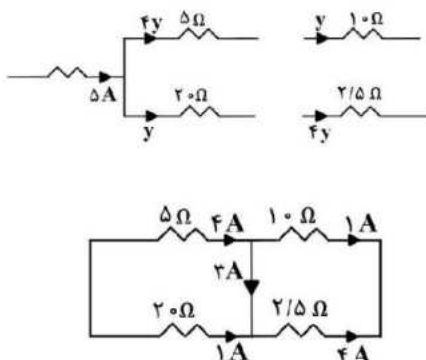
جریان آمپرستج در $2S$:

$$\varepsilon = \Delta \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{6}\right) = \Delta \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = \Delta \cdot V$$

$$I_t = \frac{\varepsilon}{R_t + r} = \frac{\Delta}{10} = \Delta A \Rightarrow$$

$$\Delta y = \Delta \rightarrow y = 1 \Rightarrow$$

$$\left| \frac{V_{(1S)}}{I_{(2S)}} \right| = \frac{10}{2}$$



گروه آموزشی ماز

37- از مواد مس، نیکل، اورانیوم، اکسیژن، کبالت، بیسموت، سرب و سدیم به ترتیب از راست به چپ ماده در حضور میدان مغناطیسی خارجی حجم حوزه‌های مغناطیسی افزایش می‌یابد و ماده در حضور میدان مغناطیسی خارجی دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها خلاف جهت میدان خارجی القا می‌شود؟

۱ و ۳ و ۴

۳ و ۲ و ۳

۲ و ۳ و ۲

۲ و ۲ و ۱

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبعت	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۰	۷	سوال	پانزدهم	ساختار مواد مغناطیسی	و ترکیب	□	□	□	متوسط

ساختار مغناطیسی مواد:

مواد مغناطیسی به سه گروه پارامغناطیس، دیامغناطیس و فرومغناطیس تقسیم می‌شوند.

مواد پارامغناطیس: اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند.



با قرار دادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیسی خارجی قوی، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها، مانند عقربه قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها، دوباره به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.

به این ترتیب می‌توان گفت مواد پارامغناطیس در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی اند.

مواد دیامغناطیس: اتم‌های مواد دیامغناطیس، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود.

مواد فرو مغناطیس: در این مواد دوقطبی‌های مغناطیسی به‌صورت گروهی، حوزه‌های مغناطیسی تشکیل می‌دهند. با قرار گرفتن این مواد در میدان مغناطیسی، حوزه‌هایی که دوقطبی‌های آن‌ها در راستای میدان است گسترش می‌یابند و ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند، در حالت اشباع تمام دوقطبی‌ها در راستای میدان قرار می‌گیرند.



مواد فرو مغناطیس به دو دسته نرم و سخت تقسیم می‌شوند:

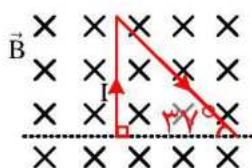
موادی مانند آهن و کبالت و نیکل فرو مغناطیس نرم و آلیاژ آن‌ها مانند فولاد، فرومغناطیس سخت هستند.

نکته: در میدان مغناطیسی، مواد فرومغناطیسی نرم، راحت‌تر آهنربا شده و پس از خروج از میدان، زودتر خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهد. مواد فرو مغناطیسی نرم در هسته پیچ‌ها و سیم‌لوله‌ها و ساخت آهنرباهای الکتریکی استفاده می‌شود.

مواد فرومغناطیس مانند آهن و نیکل و کبالت در حضور میدان مغناطیسی خارجی حجم حوزه‌های مغناطیسی بیشتری پیدا می‌کنند و مواد دیامغناطیس مانند مس، نقره، سرب و بیسموت در حضور میدان مغناطیسی خارجی دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها خلاف جهت میدان اصلی القا می‌شوند.

38- قطعه سیمی به طول 8 cm و جرم 400 g را به‌صورت شکل زیر درمی‌آوریم و آن را در میدان مغناطیسی یکنواخت و درون سو به بزرگی $2T$ قرار

می‌دهیم. جریان I عبوری از قطعه سیم چند آمپر باشد تا قطعه سیم در حالت تعادل باقی بماند؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$)



۳ (۱)

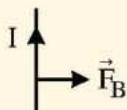
۵ (۲)

۶ (۳)

۱۰ (۴)

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناختی	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	سوال	پاردهم	نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی	پیش نیاز و ترکیب	۱۰	۱۰	۱۰	سخت

می‌دانیم که اگر سیم حامل جریان I به طول l در میدان مغناطیسی B قرار گیرد به گونه‌ای که راستای میدان و سیم، زاویه θ با یکدیگر بسازند، از طرف میدان بر سیم، نیرویی عمود بر راستای سیم و میدان وارد می‌شود که بزرگی‌اش به صورت زیر است:



$$F = IlB \sin \theta$$

که در آن θ زاویه بین سیم و خطوط میدان است.

(همه یکاهای SI هستند)

از طرفی جهت نیرو نیز با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌شود به گونه‌ای که اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را نمایش می‌دهد. بدیهی است که اگر راستای سیم و میدان مغناطیسی موازی باشد، بر سیم از طرف میدان نیرویی وارد نمی‌شود، یعنی:

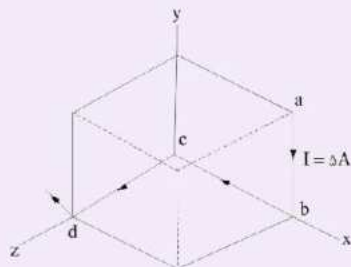
$$F = IlB \sin \theta \begin{cases} \theta = 0^\circ \rightarrow F = 0 \\ \theta = 180^\circ \rightarrow F = 0 \end{cases}$$

و اگر راستای سیم بر میدان عمود باشد، بیشترین نیروی ممکن به سیم، از طرف میدان وارد می‌شود، یعنی:

$$F = IlB \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90^\circ} F_{\max} = IlB$$

مثال:

در فضای شامل میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = 10^{-1} \vec{i}$ (بر حسب تسلا) سیم حامل جریان $5A$ به صورت زیر در میدان مغناطیسی محکم شده است. بزرگی نیروی وارد بر سیم $abcd$ از طرف میدان مغناطیسی \vec{B} چند نیوتون است؟ (طول هر یک از سیم‌های ab و bc و cd یکسان و برابر ۲ متر است.)



- (۱) صفر
(۲) ۲
(۳) ۱
(۴) $\sqrt{2}$
حل:

در اینجا ۳ سیم می‌بینیم که در میدان یکنواخت مغناطیسی B قرار دارند. بدیهی است که به سیم bc نیرویی وارد نمی‌شود؛ چون با میدان مغناطیسی که موازی محور x است، هم‌راستا است.

اما بر دو سیم ab و cd (که راستای آن‌ها عمود بر میدان است)، نیرویی از طرف میدان به صورت زیر وارد می‌شود:

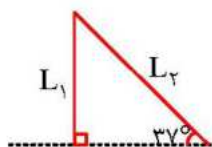
$$F = IlB \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90^\circ} F_{ab} = F_{cd} = IlB \Rightarrow (5)(2)(10^{-1}) = 1N$$

از طرف با توجه به جهت جریان و راستای سیم‌ها، بدیهی است که این نیروها بر هم عمودند؛ پس در نهایت داریم:

$$F_T = \sqrt{F_{ab}^2 + F_{bc}^2} = \sqrt{1+1} = \sqrt{2}N$$

بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

گام اول: طول L_1 و L_2 نشان داده شده در شکل زیر را به دست می‌آوریم:



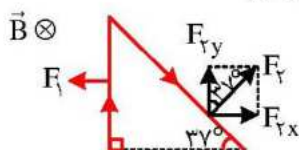
$$\sin 37^\circ = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow 0.6 = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow L_1 = 0.6L_2$$

$$L_1 + L_2 = L \Rightarrow 0.6L_2 + L_2 = 0.8$$

$$\Rightarrow 1.6L_2 = 0.8 \Rightarrow L_2 = 0.5m$$

$$L_1 = 0.6L_2 = 0.6 \times 0.5 = 0.3m$$

گام دوم: جهت نیروهایی که از طرف میدان مغناطیسی بر قطعه سیم‌های حامل جریان I_1 و I_2 وارد می‌شود را با استفاده از قاعده دست راست مشخص می‌کنیم و سپس نیرویی که بر قطعه سیم I_2 وارد می‌شود یعنی F_y را در دو راستای افقی و عمودی تجزیه می‌کنیم:



$$F_{yx} = F_y \sin 37^\circ \Rightarrow F_{yx} = 0.6 F_y$$

$$F_{yy} = F_y \cos 37^\circ \Rightarrow F_{yy} = 0.8 F_y$$

بر قطعه سیم، نیروهای F_x و F_y در راستای افقی و نیروهای $w = mg$ و F_{yy} در راستای عمودی وارد می‌شود، در نتیجه برای آن که قطعه سیم در حالت تعادل باقی بماند، لازم است تا برآیند نیروهای وارد بر آن در دو راستای افقی و عمودی صفر باشد، پس:

$$F_{x(\text{net})} = 0 \Rightarrow F_{yx} - F_x = 0 \Rightarrow F_x = F_{yx} \Rightarrow F_x = 0.6 F_y \quad (\text{I})$$

$$F_{y(\text{net})} = 0 \Rightarrow F_{yy} - mg = 0 \Rightarrow F_{yy} = mg \Rightarrow mg = 0.8 F_y \quad (\text{II})$$

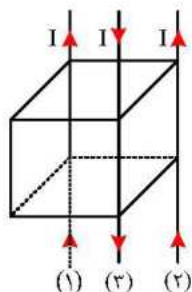
گام سوم: از تقسیم رابطه (I) بر رابطه (II) داریم:

$$\frac{F_x}{mg} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4} \Rightarrow F_x = \frac{3}{4} mg = \frac{3}{4} \times 0.4 \times 10 = 3 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_x = 3 \text{ N} \Rightarrow IL_1 B \sin 90^\circ = 3 \Rightarrow I \times 0.3 \times 2 \times 1 = 3 \Rightarrow I = \frac{3}{0.6} = 5 \text{ A}$$

گروه آموزشی ماز

39- مطابق شکل زیر، سه عدد سیم نازک مستقیم بلند که از درون هریک جریان I می‌گذرد بر روی سه یال مکعبی ثابت شده‌اند. اگر اندازه میدان مغناطیسی حاصل از سیم (1) در مرکز مکعب B باشد اندازه میدان مغناطیسی برآیند حاصل از سه سیم در مرکز مکعب چند B است؟

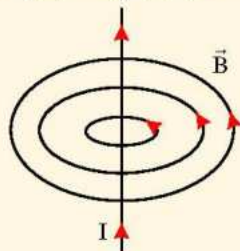


- ۱ (۱)
- $\sqrt{3}$ (۲)
- $\sqrt{5}$ (۳)
- ۳ (۴)

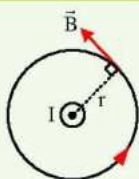
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه سوال	پایه یازدهم	مبحث میدان مغناطیسی حاصل از سیم بلند حامل جریان	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۸	۴	۸	سوال	یازدهم	میدان مغناطیسی حاصل از سیم بلند حامل جریان	پیش نیاز و ترکیب	تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط

در اطراف یک سیم مستقیم حامل جریان، میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود که خطوط میدان مغناطیسی حاصل از آن، دایره‌هایی هم‌مرکز هستند که جهت آن‌ها با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌شود.



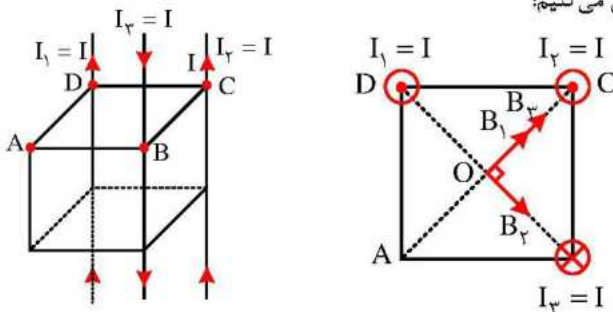
نکته ۱: بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه مماس است؛ دقت کنید که زاویه بین بردار \vec{B} و شعاع r ، 90° است:



نکته ۲: اندازه میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان با اندازه جریان رابطه مستقیم و با فاصله نقطه مورد نظر از سیم رابطه عکس دارد:

$$B_A \propto \frac{I}{r_A}, \quad B_B \propto \frac{I}{r_B}$$

باتوجه به شکل‌های زیر، فاصله سیم‌ها از مرکز مکعب برابر فاصله سیم‌ها از مرکز مربع ABCD است. باتوجه به این موضوع جهت میدان مغناطیسی سیم‌های حامل جریان را در مرکز مربع ABCD مشخص می‌کنیم:



جریان عبوری از سیم‌ها یکسان و فاصله سیم‌ها از مرکز مربع با یکدیگر برابرند، پس اندازه میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌ها در مرکز مربع با یکدیگر مساویند:

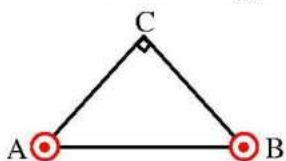
$$\left. \begin{array}{l} I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I \\ r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r \end{array} \right\} \Rightarrow B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B$$

میدان‌های مغناطیسی B_1 و B_2 هم‌جهت و میدان B_3 عمود بر آن‌هاست. بنابراین بردارهای میدان‌های مغناطیسی در نقطه O برابر است با:

$$B_O = \sqrt{(B_1 + B_2)^2 + B_3^2} = \sqrt{(B + B)^2 + B^2} = \sqrt{(2B)^2 + B^2} = \sqrt{4B^2 + B^2} = \sqrt{5}B$$

www.biomaze.ir

40 - مطابق شکل، از رأس‌های A و B مثلث قائم‌الزاویه و متساوی‌الساقین ABC دو سیم بلند و موازی حامل جریان I عبور می‌کند. ذره‌ای باردار را در رأس C با تندی مشخص به‌صورت برون‌سو پرتاب می‌کنیم و جهت نیروی وارد بر ذره به سمت بالا است. اگر جهت جریان عبوری از یکی سیم‌ها را تغییر دهیم و نیروی وارد بر ذره به سمت راست شود، به ترتیب بار ذره کدام است و جهت جریان کدام یک از سیم‌ها تغییر داده شده است؟



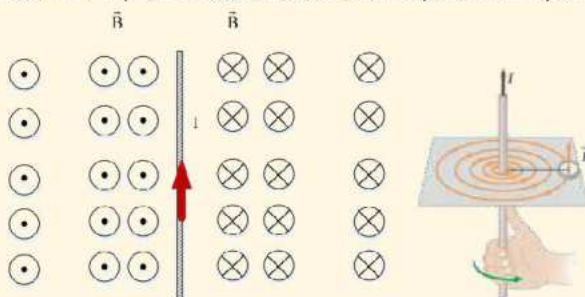
- (۲) مثبت، B
(۴) منفی، B

- (۱) مثبت، A
(۳) منفی، A

پاسخ: گزینه ۴

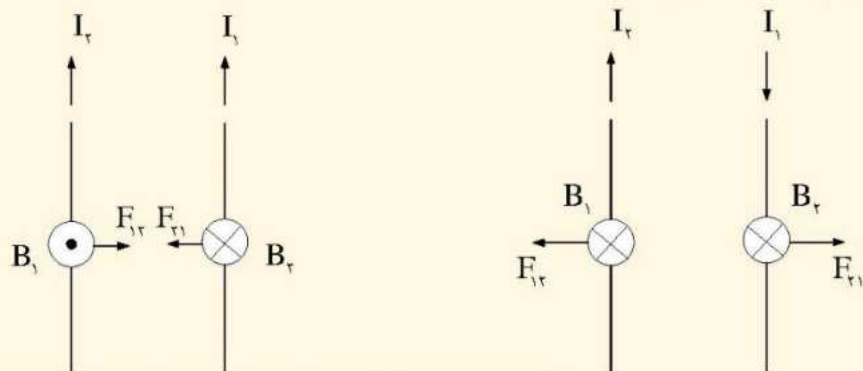
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۶	۱	۷	سوال	پازدهم	میدان مغناطیسی حاصل از سیم بلند حامل جریان	پیش‌نیاز و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

می‌دانیم که سیم‌های حامل جریان در فضای اطراف خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند که با استفاده از قاعده دست راست می‌توان جهت میدان را در اطراف آن‌ها تعیین کرد. از طرفی می‌دانیم که هر چه فاصله از سیم بیشتر شود، بزرگی میدان و البته تراکم خطوط میدان کاهش یابد.



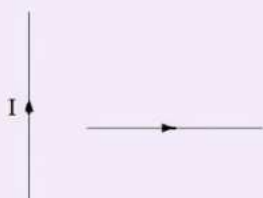
از طرفی می‌دانیم که با توجه به جهت جریان سیم‌ها، می‌توان نقطه‌ای را یافت که میدان مغناطیسی برآیند حاصل از سیم‌ها در آنجا صفر شود. بدیهی است که میدان برآیند در ناحیه‌ای بین سیم‌های موازی حامل جریان‌های هم‌سو می‌تواند صفر باشد.

همچنین به دلیل اثر میدان مغناطیسی هر یک بر سیم حامل جریان دیگری، نیرویی به سیم‌ها وارد می‌شود. به گونه‌ای که اگر جریان سیم‌ها همسو باشد، نیروی وارد بر سیم‌ها رانشی و اگر غیرهمسو باشد، رانشی است.



مثال:

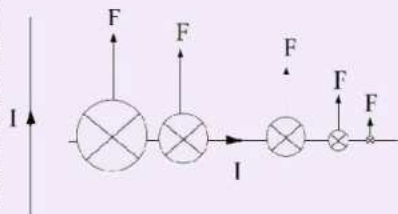
در شکل زیر، سیم قائم ثابت شده و سیم افقی به راحتی می‌تواند در صفحه حرکت کند. اگر همزمان جریان I از آن‌ها عبور کند، حرکت سیم افقی چگونه است؟



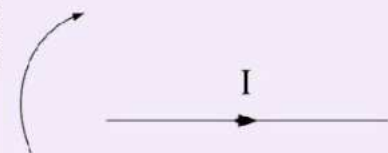
- (۱) به طرف بالا حرکت کرده و ساعتگرد دوران می‌کند.
- (۲) به طرف بالا حرکت کرده و پادساعتگرد دوران می‌کند.
- (۳) به طرف پایین حرکت کرده و ساعتگرد دوران می‌کند.
- (۴) به طرف پایین حرکت کرده و پادساعتگرد دوران می‌کند.

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم قائم در محل حضور سیم افقی، داریم:



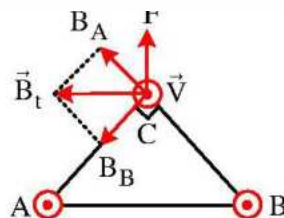
با توجه به میزان میدان مغناطیسی و نیروی F ، سیم علاوه بر اینکه به طرف بالا حرکت انتقالی دارد، به طور ساعتگرد دوران می‌کند.



گام اول: جریان عبوری از سیم‌ها با یکدیگر برابر ($I_A = I_B = I$) و فاصله سیم‌ها از نقطه C با یکدیگر مساوی است ($\overline{AC} = \overline{BC}$). بنابراین اندازه میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌ها با یکدیگر برابر است:

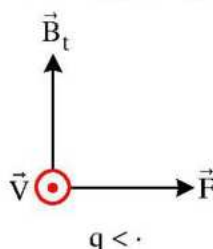
$$B_A = B_B = B$$

سپس جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌های حامل جریان و برآیند آن‌ها در نقطه C را بر روی شکل مشخص می‌کنیم:

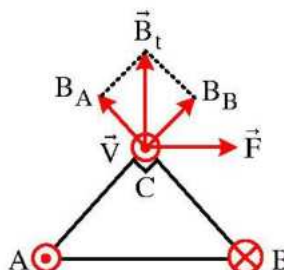


چون جهت حرکت ذره برون سو و جهت میدان مغناطیسی به سمت چپ و نیروی وارد به ذره به سمت بالا است با استفاده از قاعده دست راست نتیجه می گیریم که بار ذره باید منفی باشد.

گام دوم: بار ذره منفی و جهت حرکت آن برون سو است، بنابراین در حالتی که نیروی وارده بر ذره از طرف میدان مغناطیسی به سمت راست است، با استفاده از قاعده دست راست نتیجه می گیریم که جهت میدان مغناطیسی برآیند یعنی B_t باید به سمت بالا باشد:



جهت میدان برآیند B_t هنگامی به سمت بالا می شود که جهت میدان حاصل از سیم B، برعکس شود که در نتیجه جهت جریان عبوری از سیم B باید برون سو باشد:



گروه آموزشی ماز

41 - سیم لوله ای به طول 50 cm دارای 400 حلقه است و از آن جریان I عبور می کند. سیم مورد استفاده در ساخت این سیم لوله، روکش دار بوده و حلقه های آن نزدیک به هم پیچیده شده اند. اگر طرفین این سیم لوله را به سمت یکدیگر فشار دهیم و حلقه های سیم لوله به یکدیگر بچسبند، میدان مغناطیسی درون آن 25 درصد افزایش می یابد. قطر سیم روکش دار چند میلی متر است؟

۴ (۴)

۳ (۳)

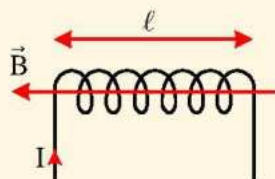
۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۶	۷	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی حاصل از سیم لوله حامل جریان					

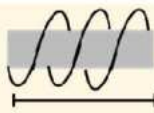
میدان مغناطیسی در سیم لوله حامل جریان: هرگاه از سیم لوله ای که قطر حلقه های آن در مقایسه با طولش کوچک باشد، جریان I عبور کند، میدان مغناطیسی داخل سیم لوله در نقطه های دور از لبه های آن یکنواخت است و مقدار آن از رابطه زیر به دست می آید:



$$B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{N}{l} I$$

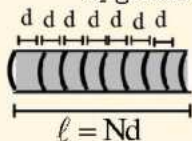
که در آن N تعداد حلقه های سیم لوله و l طول سیم لوله است.

* مهم: دقت کنید در رابطه‌ی بالا، ℓ طول سیم‌لوله است، نه طول سیم !!!



طول سیم‌لوله: ℓ

در این میان اگر حلقه‌های سیم‌لوله به هم چسبیده باشند، طول سیم‌لوله از رابطه‌ی $\ell = N \times d$ به دست می‌آید.



d : قطر سیم

N : تعداد حلقه‌ها

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} = \frac{\mu_0 \cancel{N} I}{\cancel{N} d} = \frac{\mu_0 I}{d}$$

با فشار دادن طرفین سیم‌لوله به سمت یکدیگر، طول سیم‌لوله کاهش می‌یابد و بنابراین میدان مغناطیسی درون آن افزایش می‌یابد:

$$B = \frac{\mu_0 N}{\ell} I \quad (I \text{ و } N \text{ ثابت}) \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{\ell}{\ell'}$$

$$B' = B + \frac{25}{100} B = 1/25 B \Rightarrow \frac{B'}{B} = 1/25$$

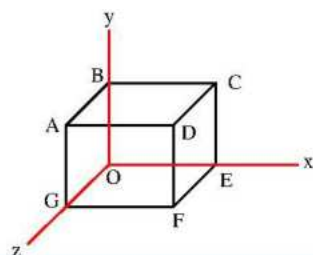
از مقایسه‌ی دو رابطه‌ی بالا، داریم:

$$\frac{\ell}{\ell'} = 1/25 \Rightarrow \frac{50}{\ell'} = 1/25 \Rightarrow \ell' = \frac{50}{1/25} = \frac{50}{\frac{1}{25}} = \frac{50 \times 25}{1} = 1250 \text{ cm}$$

$$\ell' = Nd \Rightarrow 1250 = 400 \times d \Rightarrow d = 1250/400 \text{ cm} = 3.125 \text{ mm}$$

www.biomaze.ir

42 - مطابق شکل زیر، مکعبی در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = \vec{i} + 3\vec{j}$ برحسب یکای SI قرار دارد. شار مغناطیسی گذرنده از سطح BGE چند برابر شار مغناطیسی گذرنده از سطح ACEG است؟



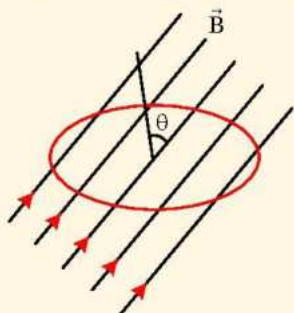
$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 2 \end{pmatrix}$$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	معماری	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱۰	۸	۹	۹	سوال	یازدهم	شار مغناطیسی	و ترکیب		۲	سختی	سخت

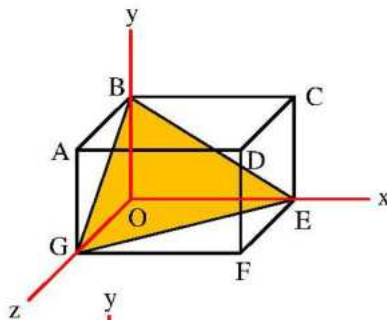
شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه در میدان مغناطیسی یکنواخت از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید که در آن B بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت و A سطح مقطع پیچ و θ زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه با خط‌های میدان مغناطیسی است:



$$\phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

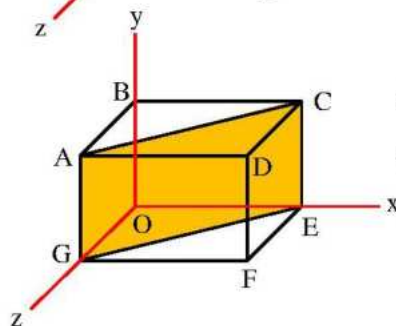
نکته: شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه با تعداد خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از آن متناسب است.

باتوجه به نکته بیان شده در درسنامه و توجه به شکل زیر، شاری که از سطح BGE می‌گذرد را می‌توان به صورت مجموع دو شار در نظر گرفت؛ یکی شاری که بر اثر عبور مؤلفه x میدان $(\vec{B}_x = \vec{i})$ از آن به وجود می‌آید که این شار معادل شاری است که از عبور مؤلفه x میدان از سطح BOG به وقوع می‌پیوندد و دیگری شاری است که بر اثر عبور مؤلفه y میدان $(\vec{B}_y = \vec{j})$ از آن پدید می‌آید که این شار معادل شاری است که از عبور مؤلفه y میدان از سطح EOG به وجود می‌آید. با فرض اینکه a طول هر پال مکعب است، داریم:



$$\begin{aligned}\phi_{BEG} &= \phi_x + \phi_y = B_x \times S_{BOG} + B_y \times S_{EOG} \\ &= 1 \times \left(\frac{1}{2}a^2\right) + 1 \times \left(\frac{1}{2}a^2\right) = a^2\end{aligned}$$

و به همین ترتیب برای شار عبوری از سطح ACEG داریم:



$$\begin{aligned}\phi_{ACEG} &= \phi_x + \phi_y \\ \phi_{ACEG} &= B_x \times S_{ABOG} + 1 \times a^2 = a^2\end{aligned}$$

دقت کنید که در رابطه بالا چون سطح ACEG موازی محور y است، مؤلفه y میدان از آن عبور نمی‌کند و در نتیجه شار حاصل از آن صفر است. ($\theta = 90^\circ$)

و در پایان محاسبه خواسته تست:

$$\frac{\phi_{BEG}}{\phi_{ACEG}} = \frac{a^2}{a^2} = 1$$

گروه آموزشی ماز

43- الکترونی با تندی $2/4 \times 10^5 \frac{m}{s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. اندازه نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی به الکترون وارد می‌شود هنگامی پیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند. اگر میدان مغناطیسی $2/5 T$ و از شرق به غرب باشد، جهت میدان الکتریکی که بتواند این نیرو را خنثی کند و اندازه آن بر حسب $\frac{N}{C}$ در کدام گزینه آمده است؟

- (۱) پایین - 6×10^5 (۲) شمال - 6×10^5
(۳) پایین - $9/6 \times 10^{-14}$ (۴) شمال - $9/6 \times 10^{-14}$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۷	سوال	پانزدهم	نیروی مغناطیسی					

(۱) نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$F = |q| VB \sin \theta$$

B : شدت میدان مغناطیسی

$|q|$: اندازه بار الکتریکی

θ : زاویه بین بردار میدان و سرعت

V : تندی حرکت بار الکتریکی

(۲) در مورد نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک به موارد زیر دقت کنید.

(الف) بردار \vec{F} الزاماً بر بردارهای \vec{B} و \vec{V} عمود است.

- (ب) بردارهای \vec{B} و \vec{V} هر زاویه‌ای می‌توانند با هم داشته باشند.
- (ج) هنگامی که \vec{B} و \vec{V} بر هم عمودند، نیروی مغناطیسی بیشینه می‌شود.
- (د) هنگامی که \vec{B} و \vec{V} هم‌راستا باشند، نیروی مغناطیسی صفر می‌شود.

مثال

بار الکتریکی q با سرعت \vec{V} وارد میدان مغناطیسی \vec{B} می‌شود و نیروی مغناطیسی \vec{F} به آن وارد می‌شود. چه تعداد از گزاره‌های زیر الزاماً صحیح است؟

(الف) بردار \vec{F} بر بردار \vec{V} عمود است.

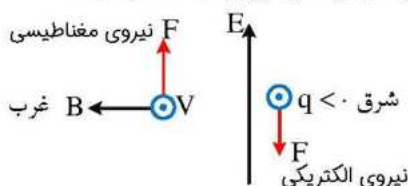
(ب) بردار \vec{B} بر بردار \vec{V} عمود است.

(ج) بردار \vec{B} بر بردار \vec{F} عمود است.

(د) \vec{V} بر \vec{B} عمود باشد، اندازه \vec{F} بیشینه می‌شود.

مطابق نکات فوق، عبارت‌های (الف)، (ج) و (د) الزاماً صحیح هستند ولی عبارت (ب) می‌تواند صحیح باشد یا نباشد. بنابراین ۳ تا از عبارت‌های داده شده الزاماً صحیح هستند.

جهت جنوب را به صورت برون‌سو در نظر می‌گیریم. با توجه به قاعده دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون در این میدان مغناطیسی رو به بالا خواهد بود و برای اینکه نیرویی در خلاف این جهت بر الکترون از طرف یک میدان الکتریکی وارد شود، میدان الکتریکی باید به سمت بالا باشد.



$$F_{\max} = E|q|$$

$$|q|vB = E|q| \Rightarrow E = vB = 2/4 \times 10^5 \times 2/5 = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

تست کنکور ریاضی ۱۴۰۰

در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، یک ذره α با سرعت $5 \cdot \frac{m}{s}$ عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است و شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی، $4 \times 10^5 \frac{m}{s^2}$ است. بزرگی میدان مغناطیسی چند گاوس است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم ذره $\alpha = 6/68 \times 10^{-27} \text{ kg}$)

پاسخ: این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:

گام اول: محاسبه نیروی وارد بر ذره آلفا

مطابق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F = ma = 6/68 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^5 = 2/672 \times 10^{-21} \text{ N}$$

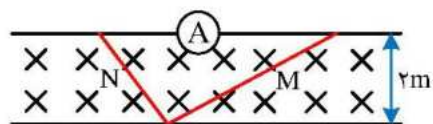
$$F = qVB \sin 90^\circ \Rightarrow 2/672 \times 10^{-21} = 3/2 \times 10^{-19} \times 5 \times B \Rightarrow B = 1/67 \times 10^{-4} \text{ T} = 1/67 \text{ G}$$

گام دوم: محاسبه میدان مغناطیسی

دقت کنید بار ذره آلفا برابر $2e$ است.

گروه آموزشی ماز

- 44- در شکل زیر، دو میله فلزی M و N روی یک ریل رسانا در میدان مغناطیسی یکنواخت $1/5 \text{ T}$ قرار دارند. اگر میله M با تندی $2 \frac{m}{s}$ به سمت راست و میله N با تندی $3 \frac{m}{s}$ به سمت چپ شروع به حرکت کند عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد چند آمپر است؟ (مقاومت میله‌های M و N به ترتیب ۸ و ۴ اهم است و از مقاومت ریل رسانا صرف‌نظر کنید).



۱/۷۵ (۱)

۱ (۲)

۱/۲۵ (۳)

۱/۵ (۴)

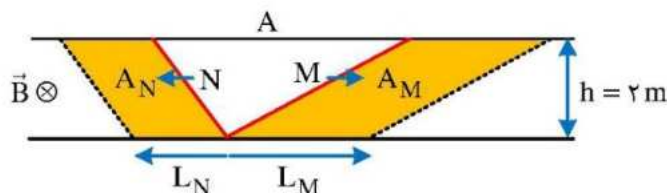
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۷	۷	سوال	پاردهم	قانون لenz	و ترکیب	۱۵	۱۵	سهگتی	متوسط

با تغییر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه در آن نیروی محرکه الکتریکی القاء می‌شود. بنابراین باتوجه به رابطه شار مغناطیسی ($\phi = BA \cos \theta$) با تغییر یکی از کمیت‌های A ، B و θ می‌توان شار مغناطیسی عبوری از حلقه را تغییر داد و در آن نیروی محرکه الکتریکی القاء کرد. به عنوان مثال اگر مساحت حلقه تغییر کند، داریم:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -NB \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

گام اول: مطابق شکل زیر، پس از گذشت مدت زمان t از شروع حرکت، میله‌های M و N به ترتیب به مقدار L_M و L_N به راست و چپ جابه‌جا می‌شوند:



$$L_M = v_M t = vt, \quad L_N = v_N t = vt$$

در نتیجه مساحت قاب تشکیل شده توسط میله‌های M و N و ریل‌سازها به مقدار ΔA افزایش پیدا می‌کند:

$$\Delta A = A_M + A_N = L_M \times h + L_N \times h = (vt) \times 2 + (vt) \times 2 = 4t + 2t = 6t$$

بنابراین اندازه جریان القاء شده در قاب برابر خواهد شد با:

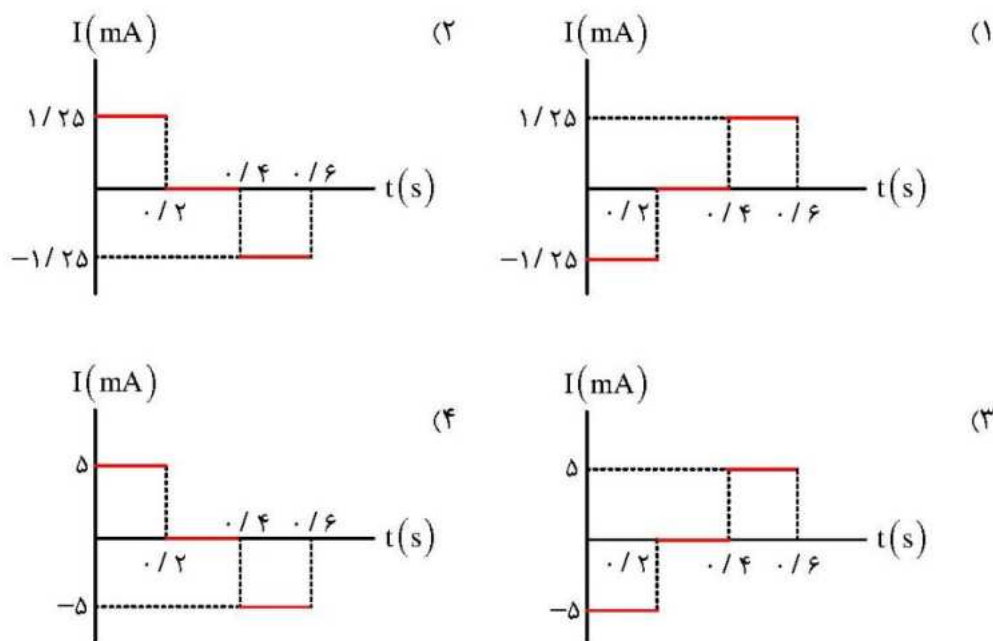
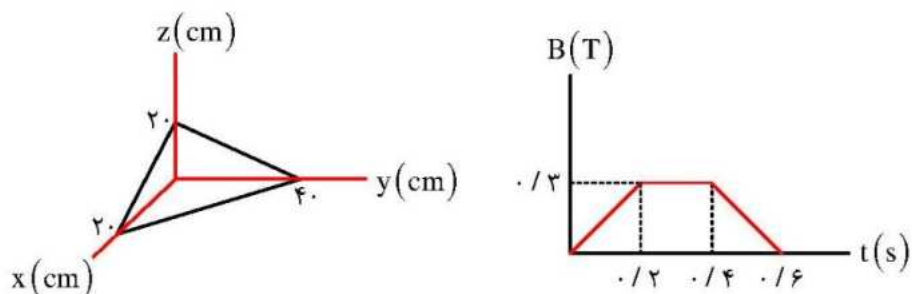
$$\left. \begin{aligned} \bar{I} &= \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{N \Delta \phi}{R \Delta t} = \frac{N}{R} B \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} \\ R &= R_M + R_N = 8 + 4 = 12 \Omega \end{aligned} \right\}$$

$$\theta = 0^\circ, \quad N = 1$$

$$\bar{I} = \frac{1}{12} \times 1/5 \times 1 \times \frac{6t}{t} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4} = 1/25 A$$

دقت کنید که چون برای جریان متوسط القاء شده در مدار مقدار ثابتی به دست می‌آید، جریان القاء شده در مدار در هر لحظه‌ای پس از شروع حرکت دارای مقدار ثابت $1/25 A$ است.

45- مطابق شکل، رسانایی به مقاومت $12\ \Omega$ بر روی محورهای مختصات در یک میدان مغناطیسی قرار دارد. میدان مغناطیسی هم‌جهت با محور x و اندازه آن مطابق نمودار زیر تغییر می‌کند. نمودار جریان القاء شده در رسانا کدام است؟



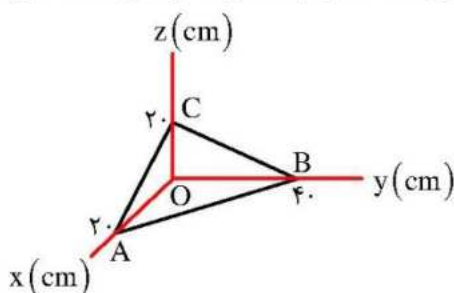
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۹	سوال	پاردهم	قانون فاراده	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

با تغییر میدان مغناطیسی عبوری از یک حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه تغییر کرده و مطابق با قانون القاء فاراده در آن نیروی محرکه الکتریکی القاء می‌شود:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

شار مغناطیسی عبوری از حلقه رسانای مثلثی شکل که در جهت محور x از آن عبور می‌کند برابر شاری است که در جهت محور x از سطح OCB عبور می‌کند:



$$\phi = B_x S_{OCB} = B_x \times \left(\frac{1}{2} \times 0.2 \times 0.4 \right)$$

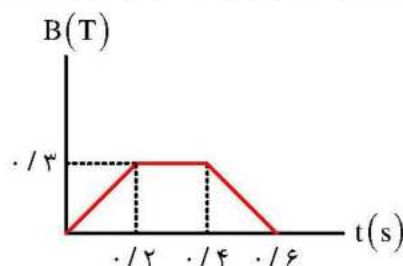
$$\Rightarrow \phi = 0.04 B_x$$

اکنون می‌توان جریان القاء شده در حلقهٔ رسانا را که بر اثر تغییر میدان مغناطیسی عبوری از حلقه ایجاد می‌شود را به‌دست آورد:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{-N \Delta\phi}{R \Delta t} = \frac{-N}{R} \times 0.4 \times \frac{\Delta B_x}{\Delta t} = \frac{-1}{12} \times 0.4 \times \frac{\Delta B_x}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{I} = \frac{-1}{300} \frac{\Delta B_x}{\Delta t} \quad (I)$$

برای محاسبهٔ جریان القایی در هر بازهٔ زمانی کافی است تا شیب نمودار میدان مغناطیسی - زمان داده شده را در آن بازه به‌دست آورد و در رابطهٔ بالا قرار داد:



$$0 < t < 0.2 \text{ s} \Rightarrow \frac{\Delta B_x}{\Delta t} = \frac{0.3}{0.2} = \frac{3}{2} \xrightarrow{(I)} \bar{I} = \frac{-1}{300} \times \frac{3}{2} = \frac{-1}{200} \text{ A} = -0.005 \text{ A} = -5 \text{ mA}$$

$$0.2 < t < 0.4 \text{ s} \Rightarrow \frac{\Delta B_x}{\Delta t} = 0 \xrightarrow{(I)} \bar{I} = 0$$

$$0.4 < t < 0.6 \text{ s} \Rightarrow \frac{\Delta B_x}{\Delta t} = \frac{-0.3}{0.2} = \frac{-3}{2}$$

$$\xrightarrow{(I)} \bar{I} = \frac{-1}{300} \times \left(\frac{-3}{2} \right) = \frac{1}{200} \text{ A} = 0.005 \text{ A} = 5 \text{ mA}$$

گروه آموزشی ماز

46- سیم‌لولهٔ A به شعاع مقطع 10 cm و طول 1 m دارای 200 دور سیم است و از آن جریان $I = t^2 + 1$ در SI می‌گذرد. سیم‌لولهٔ B به شعاع سطح مقطع 5 cm و طول 1 m دارای 250 دور سیم بوده و به‌طور هم‌محور در داخل سیم‌لولهٔ A قرار گرفته است. اندازهٔ نیروی محرکه القایی متوسط در

سیم‌لولهٔ B در 2 ثانیه اول چند میلی‌ولت است؟ ($\pi^2 = 10$ و $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$)

4 (4)

3 (3)

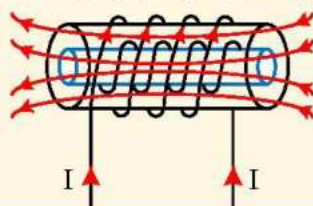
2 (2)

1 (1)

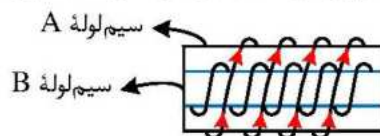
پاسخ: گزینه 1

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه 10	8	8	9	سوال	یازدهم	قانون فاراد		15	15	سختی	سختی

هرگاه سیم‌لوله‌ای با سطح مقطع کوچک‌تر به‌طور هم‌محور درون سیم‌لوله‌ای با سطح مقطع بزرگ قرار گیرد و از سیم‌لولهٔ بزرگ‌تر جریان I عبور کند، در این صورت فقط بخشی از شار گذرنده از فضای درون سیم‌لولهٔ بزرگ‌تر از درون سیم‌لولهٔ کوچک‌تر عبور می‌کند:



سیم‌لولهٔ B درون سیم‌لولهٔ A قرار دارد. بنابراین فقط بخشی از شار مغناطیسی گذرنده از فضای درون سیم‌لولهٔ A از درون سیم‌لولهٔ B عبور می‌کند.



اگر I_B شعاع سطح مقطع سیم‌لولهٔ B باشد، شار مغناطیسی گذرنده از آن برابر است با:

$$\Phi_B = B_A \cdot A_B \cdot \cos \theta = (\mu_0 n_A I) \times (\pi r_B^2) \times 1 \rightarrow \left(n_A = \frac{N_A}{\ell_A} \right)$$

$$\Phi_B = \mu_0 \pi \frac{N_A}{\ell_A} I_B^2 I = \left(4\pi \times 10^{-7} \right) \times \pi \times \frac{200}{1} \times \left(5 \times 10^{-2} \right)^2 I = 2 \times 10^{-6} I$$

اکنون با استفاده از رابطه به دست آمده، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در سیم‌لوله B را در بازه زمانی مورد نظر به دست می‌آوریم:

$$|\mathcal{E}| = N_B \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = N_B \times \left(2 \times 10^{-6} \right) \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$|\mathcal{E}| = 250 \times 2 \times 10^{-6} \times \frac{\Delta I}{\Delta t} = 5 \times 10^{-4} \frac{\Delta I}{\Delta t} = 5 \times 10^{-4} \frac{I_2 - I_1}{t_2 - t_1} \rightarrow (I = t' + 1)$$

$$|\mathcal{E}| = 5 \times 10^{-4} \frac{(4+1) - (0+1)}{2-0} = 5 \times 10^{-4} \times \frac{4}{2} = 10 \times 10^{-4} = 10^{-3} \text{ V} = 1 \text{ mV}$$

www.biomaze.ir

47- در یک مولد جریان متناوب، بین شار مغناطیسی عبوری از پیچه و نیروی محرکه القاء شده در آن کدام یک از رابطه‌های زیر همواره برقرار است؟ (\mathcal{E}_m و Φ_m مقادیر پیشینه کمیت‌های متناظر خود هستند.)

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_m \Phi + \Phi_m \mathcal{E} &= \mathcal{E}_m \Phi_m \quad (2) \\ \mathcal{E}_m^2 \Phi^2 - \Phi_m^2 \mathcal{E}^2 &= \mathcal{E}_m^2 \Phi_m^2 \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_m \Phi &= \Phi_m \mathcal{E} \quad (1) \\ \mathcal{E}_m^2 \Phi^2 + \Phi_m^2 \mathcal{E}^2 &= \mathcal{E}_m^2 \Phi_m^2 \quad (3) \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۳

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسایی	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۸	۸	سوال	یازدهم	جریان متناوب	و ترکیب	۱۵	۱۵	سه	متوسط

معادله شار مغناطیسی بر حسب زمان و معادله نیروی محرکه القایی بر حسب زمان در پیچه یک مولد جریان متناوب به شکل زیر است:

$$\Phi = \Phi_m \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$$

باتوجه به درسته داریم:

$$\Phi = \Phi_m \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \Rightarrow \frac{\Phi}{\Phi_m} = \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \Rightarrow \frac{\Phi^2}{\Phi_m^2} = \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_m} = \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \Rightarrow \frac{\mathcal{E}^2}{\mathcal{E}_m^2} = \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$$

از جمع طرفین رابطه‌های بالا با یکدیگر خواهیم داشت:

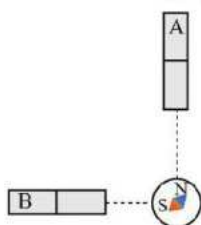
$$\frac{\Phi^2}{\Phi_m^2} + \frac{\mathcal{E}^2}{\mathcal{E}_m^2} = \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right) + \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \Rightarrow \frac{\Phi^2}{\Phi_m^2} + \frac{\mathcal{E}^2}{\mathcal{E}_m^2} = 1$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_m^2 \Phi^2 + \Phi_m^2 \mathcal{E}^2 = \mathcal{E}_m^2 \Phi_m^2$$

گروه آموزشی ماز

48- مطابق شکل، دو آهنربای میله‌ای مشابه که راستای آن‌ها عمود بر هم است، در مجاورت یکدیگر قرار دارند و عقربه‌ای مغناطیسی در فاصله‌ی یکسان از دو آهنربا، به صورت نشان داده شده در شکل، جهت‌گیری کرده است. قطب‌های A و B به ترتیب از راست به چپ کدام گزینه هستند؟

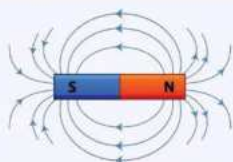
- (۱) S ، N
(۲) S ، S
(۳) N ، N
(۴) S ، S



پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۱	۶	سوال	یازدهم	آهنربا	ترکیب	۱۵	۱۵	سه	متوسط

آهنربا



در اطراف هر آهنربای میله‌ای خطوط میدان مغناطیسی به صورت شکل مقابل است. طبق این شکل می‌توان گفت این خطوط در بیرون آهنربا از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند.

هم‌چنین عقربه مغناطیسی، آهنربای کوچکی است که می‌تواند آزادانه حرکت کند و در جهت میدان مغناطیسی که در آن محل حضور دارد، قرار گیرد. اگر یک عقربه مغناطیسی را در محلی قرار دهیم:
(۱) چنانچه در آن محل، میدان مغناطیسی خاصی وجود نداشته باشد، قطب N عقربه تقریباً به سمت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد، چرا که عقربه تحت تأثیر میدان مغناطیسی زمین قرار خواهد گرفت.
(۲) اگر میدان مغناطیسی خالصی، در آن محل وجود داشته باشد، عقربه به گونه‌ای جهت‌گیری می‌کند که قطب N آن در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد.

A.

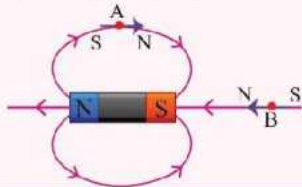
مثال:

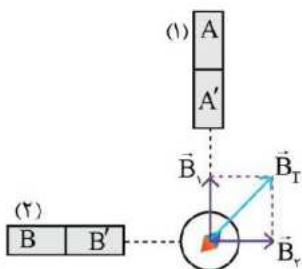


با توجه به شکل مقابل، اگر عقربه مغناطیسی را در نقاط A و B قرار دهیم، جهت‌گیری عقربه در این دو منطقه را مشخص نمایید.

B.

با توجه به شکل خطوط میدان مغناطیسی در اطراف این آهنربا، جهت‌گیری عقربه مغناطیسی در نقاط A و B باید به گونه‌ای باشد که قطب N عقربه به سمت میدان قرار گیرد. بنابراین جهت عقربه در این دو نقطه مانند آنچه در شکل نشان داده شده است، می‌باشد.





گزینه ۱ درست است.

از آنجا که قطب N عقربه باید در جهت میدان مغناطیسی خالص باشد، پس جهت میدان مغناطیسی خالص (B_T) باید مانند شکل مقابل بوده باشد. پس با توجه به اینکه برآیند دو بردار همواره در فضای بین آن‌ها واقع است B_1 و B_2 باید مانند آنچه در شکل می‌بینید باشد! در نتیجه چون \vec{B}_1 به قطب A' از آهنربای (۱) وارد می‌شود، قطب A' قطب S و قطب A قطب N است. همچنین چون \vec{B}_2 از قطب B' آهنربای (۲) خارج می‌شود، قطب B' قطب N و قطب B قطب S است.

گروه آموزشی ماز

49- کدام یک از گزاره‌های زیر دربارهٔ میدان‌های مغناطیسی و قطب‌های مغناطیسی درست است؟

الف- قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

ب- جهت میدان مغناطیسی کرهٔ زمین در طول زمان ثابت نمی‌ماند.

پ- اگر یک سوزن مغناطیسی شده را از وسط آن آویزان کنیم، غالباً به صورت افقی قرار می‌گیرد. به شیب خط راستای آن، شیب مغناطیسی گفته می‌شود.

ت- خطوط میدان مغناطیسی در فواصل نزدیک به آهنربا به صورت مسیره‌های بسته و در فاصله‌های دورتر به صورت مسیره‌هایی باز هستند.

(۴) الف و ب

(۳) پ و ت

(۲) ب و ت

(۱) الف و پ

پاسخ: گزینه ۴

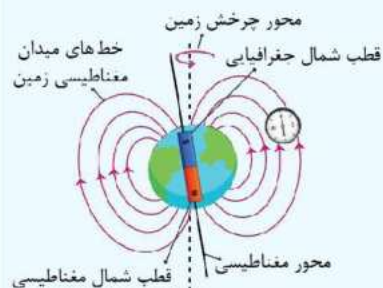
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	*	۷	سوال	یازدهم	میدان و قطب‌های مغناطیسی				سهگنی	متوسط

نکات طلایی

نکته ۱: برای نمایش شکل میدان مغناطیسی در اطراف آهنرباها از خطوط جهت‌داری به نام خطوط میدان مغناطیسی استفاده می‌شود. این خطوط همواره به صورت مسیره‌های بسته‌ای هستند که در اطراف نقاطی با شدت میدان قوی‌تر، تراکم بیشتری دارند.

نکته ۲: یک تفاوت اساسی بین قطب‌های الکتریکی و مغناطیسی در این است که قطب‌های الکتریکی می‌توانند به صورت تک‌قطبی ظاهر شوند اما قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

نکته ۳: کرهٔ زمین خود، دارای یک میدان مغناطیسی است که جهت آن در خارج از کره زمین از جنوب جغرافیایی به سمت شمال جغرافیایی است. البته که جهت میدان مغناطیسی کرهٔ زمین ثابت نمی‌ماند و در طول فواصل زمانی خاصی می‌تواند به طور کامل وارونه شود. محور جغرافیایی درست منطبق بر محور مغناطیسی زمین نیست و مقداری با آن زاویه می‌سازد.



موارد الف و ب عبارت‌هایی درست هستند.

بررسی موارد:

پ: به دلیل اینکه راستای جغرافیایی و راستای مغناطیسی کرهٔ زمین دقیقاً بر یکدیگر منطبق نیستند، اگر یک آهنربای میله‌ای و یا سوزن مغناطیس شده را به وسیله نخ به صورت افقی آویزان کنیم، این آهنربا یا سوزن درست در راستای افقی قرار نمی‌گیرد. به زاویهٔ بین آهنربا یا سوزن با راستای افقی «شیب مغناطیسی» گفته می‌شود.

ت: خطوط میدان مغناطیسی همواره و تحت هر شرایطی به صورت مسیره‌های بسته ظاهر می‌شوند و هیچ‌گاه نمی‌توانند به صورت مسیره‌های باز باشند.

گروه آموزشی ماز

50- دو پروتون را درون یک میدان مغناطیسی بکنواخت، با تندی‌های برابر v تحت زاویه‌های θ_1 و θ_2 با راستای میدان، پرتاب می‌کنیم. اگر بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر یکی از آن‌ها بیشینهٔ مقدار ممکن و بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر دیگری نصف بیشینهٔ مقدار ممکن باشد، حاصل عبارت $|\theta_1 - \theta_2|$ بر حسب درجه کدام است؟

(۴) ۱۸۰

(۳) ۳۰

(۲) ۶۰

(۱) ۹۰

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۵	۷	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	و ترکیب	۵	۵	سهگنی	متوسط

نیروی مغناطیسی

اگر یک ذره باردار با بار q درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت به شدت B با تندی ثابت v پرتاب شود، نیرویی از طرف میدان بر آن وارد می‌شود که بزرگی آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = qvB \sin \theta$$

در این رابطه θ ، زاویه بین سرعت و میدان مغناطیسی است.

طبق این رابطه اگر $\theta = 90^\circ$ باشد، $\sin \theta = 1$ شده و بزرگی این نیرو بیشینه می‌شود. همچنین اگر $\theta = 0^\circ$ یا $\theta = 180^\circ$ باشد، $\sin \theta = 0$ شده و نیرو صفر می‌شود. پس در حالتی که ذره عمود بر راستای خطوط میدان حرکت کند، بزرگی نیروی وارد بر آن بیشینه و در حالتی که ذره به موازات خطوط میدان حرکت کند، بزرگی نیروی وارد بر آن صفر خواهد شد.

پاسخ تشریحی:

در حالت اول، بزرگی نیروی وارد بر ذره بیشینه مقدار ممکن است پس می‌توان نوشت:

$$F = qvB \sin \theta_1 \xrightarrow{F=F_{\max}} \sin \theta_1 = 1 \rightarrow \theta_1 = 90^\circ$$

که در این حالت داریم: $F = F_{\max} = qvB$

در حالت دوم که بزرگی نیروی وارد بر ذره نصف مقدار بیشینه است می‌توان نوشت:

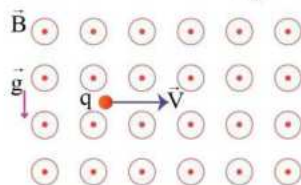
$$F = qvB \sin \theta_2 \xrightarrow{qvB=F_{\max}} F = F_{\max} \sin \theta_2$$

$$F = \frac{1}{2} F_{\max} \rightarrow \frac{1}{2} F_{\max} = F_{\max} \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_2 = 30^\circ \text{ یا } \theta_2 = 150^\circ$$

$$\rightarrow |\theta_1 - \theta_2| = |90^\circ - 30^\circ| = 60^\circ \text{ یا } |90^\circ - 150^\circ| = 60^\circ$$

گروه آموزشی ماز

51- ذره‌ای به جرم ۲۰۰ میلی‌گرم و بار الکتریکی $-2\mu C$ مطابق شکل زیر در یک میدان مغناطیسی به بزرگی $4 \times 10^{-3} T$ با تندی $4 \times 10^5 \frac{m}{s}$ پرتاب می‌شود. برای آن که این ذره از مسیر خود منحرف نگردد، نیروی چند نیوتن و در چه جهتی باید بر ذره اعمال کنیم؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)



(۱) $4 \times 10^{-3} N$ ، به سمت بالا

(۲) $4 \times 10^{-3} N$ ، به سمت پایین

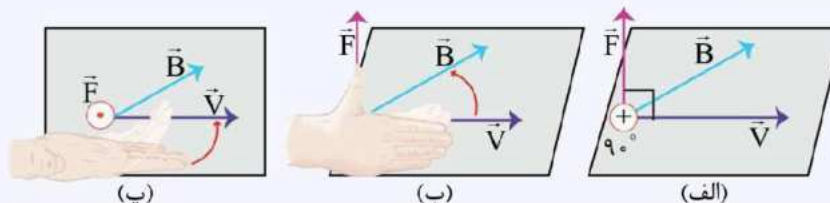
(۳) $1 \times 10^{-3} N$ ، به سمت بالا

(۴) $1 \times 10^{-3} N$ ، به سمت پایین

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۷	۸	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	و ترکیب	۵	۵	سهگنی	متوسط

نیروی مغناطیسی

برای یافتن جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. به این صورت که اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت بردار \vec{B} بگیریم به گونه‌ای که با خم کردن طبیعی انگشتان، چهار انگشت به سمت \vec{B} قرار گیرد، انگشت شست دست راست در این حالت، جهت بردار \vec{F} را نشان خواهد داد. به شکل‌های زیر دقت نمایید:



توجه داشته باشید که جهت نیروی وارد بر بار منفی قرینه جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

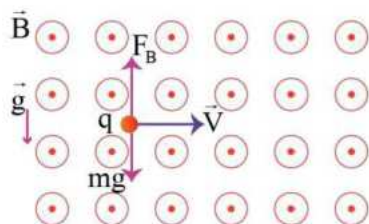
مثال:



در شکل مقابل اگر الکترونی عمود بر صفحه و به طرف داخل پرتاب شود، نیرویی که میدان مغناطیسی \vec{B} بر آن وارد می‌کند به کدام سمت است؟

طبق قانون دست راست با قرارگیری چهار انگشت در جهت درون‌سو به گونه‌ای که خم شدن عادی آن‌ها به سمت بالا باشد، انگشت شست دست راست به سمت راست جهت‌گیری خواهد کرد. اما چون ذره الکترون است و بار آن منفی است جهت اصلی نیروی وارد بر این ذره به سمت چپ خواهد بود.

پایان بخش تشریحی



با توجه به جهت میدان مغناطیسی و به کمک قانون دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره (F_B) رو به بالا خواهد بود. (توجه داشته باشید که بار ذره منفی است.)
هم‌چنین نیروی وزن ذره رو به پایین است. با محاسبه و مقایسه مقدار این دو نیرو می‌توان به جهت و اندازه نیروی سوم به جهت منحرف نشدن ذره پی برد!

$$\begin{cases} F_B = |q|vB \sin \theta \quad \theta = 90^\circ \rightarrow F_B = 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} \times 1 = 3/2 \times 10^{-3} \text{ N} \\ mg = 200 \times 10^{-6} \times 10 = 2 \times 10^{-3} \text{ N} \end{cases}$$

بنابراین از آنجا که $F_B > mg$ است، جهت منحرف نشدن ذره (صفر شدن نیروی خالص وارد بر ذره) لازم است که نیروی سوم رو به پایین بوده و بزرگی آن معادل با $F' = F_B - mg$ باشد. پس:

$$F' = 3/2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3} = 1/2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

52 - اگر بخواهیم در نقطه‌ای از سطح زمین، یک ذره باردار را با تندی معینی عمود بر میدان مغناطیسی زمین پرتاب کنیم، در کدام نقطه شتابی که ذره تحت تأثیر نیروی میدان مغناطیسی زمین پیدا می‌کند، کمترین است؟

(۲) قطب جنوب

(۱) قطب شمال

(۴) بزرگی این شتاب در تمام نقاط زمین یکسان است.

(۳) خط استوا

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب یا	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۳	۶	سوال	یازدهم	نیروی مغناطیسی	و ترکیب			سختی	ساده

نیروی مغناطیسی

اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (0.65 G) و در استوا کمترین (0.25 G) است. بزرگ‌ترین میدان مغناطیسی مداوم، که امروزه در آزمایشگاه تولید شده در حدود ۴۵ تسلا است.

پایان بخش تشریحی

طبق قانون دوم نیوتن می‌توان شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی را به صورت زیر بدست آورد:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|q|vB \sin \theta}{m}$$

در حالت‌های مختلف در این سؤال $\theta = 90^\circ$ و $\sin \theta = 1$ و مقادیر $|q|$ و v نیز ثابت‌اند. اما شدت میدان مغناطیسی زمین در نقاط مختلف متفاوت بوده و برای داشتن کمترین شتاب ممکن، باید ذره در کمترین میدان مغناطیسی که در خط استوا است پرتاب شده باشد.

گروه آموزشی ماز

53- یک ذره باردار با بار منفی، در فضایی تحت تأثیر همزمان میدان الکتریکی \vec{E} و میدان مغناطیسی \vec{B} در حال حرکت است. اگر از نیروی وزن ذره صرف نظر کنیم، لزوماً در کدام یک از شکل های زیر، نیروهای وارد بر ذره متوازن نمی باشند؟ (وزن ذره ناچیز است)



پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۵	۲	۷	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	ساده

نیروی مغناطیسی

اگر یک ذره باردار در فضایی که همزمان یک میدان الکتریکی (\vec{E}) و یک میدان مغناطیسی (\vec{B}) حضور دارند در حرکت باشد، دو نیرو یکی از طرف میدان الکتریکی و دیگری از طرف میدان مغناطیسی بر آن وارد می شود که هر کدام به این صورت جهت یابی و محاسبه می شوند:

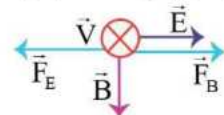
(۱) نیروی الکتریکی: بزرگی این نیرو از رابطه $F_E = E|q|$ بدست می آید و اگر ذره باردار، بار مثبت داشته باشد جهت نیرو، موازی و هم جهت میدان و چنانچه ذره بار منفی داشته باشد، جهت آن موازی و در خلاف جهت میدان الکتریکی خواهد بود.

(۲) نیروی مغناطیسی: بزرگی این نیرو از رابطه $F_B = |q|vB\sin\theta$ بدست آمده و جهت آن نیز به کمک قانون دست راست تعیین خواهد گردید.

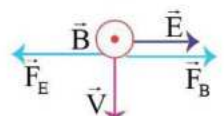
پاسخ تشریحی

در هر گزینه باید جهت نیروی حاصل از میدان الکتریکی (F_E) و جهت نیروی حاصل از میدان مغناطیسی (F_B) را یافته و امکان صفر شدن نیروی خالص را بررسی نمائیم. توجه داشته باشید که بار ذره منفی است!

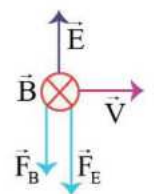
۱: امکان صفر شدن نیروی خالص و متوازن بودن نیروها وجود دارد.



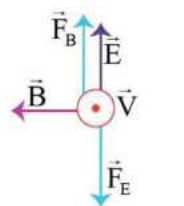
۲: امکان صفر شدن نیروی خالص و متوازن بودن نیروها وجود دارد.



۳: دو نیرو موازی و هم جهت با یکدیگر هستند و امکان صفر شدن نیروی خالص وجود ندارد!



۴: امکان صفر شدن نیروی خالص و متوازن بودن نیروها وجود دارد.



گروه آموزشی ماز

54- از سیمی به طول L جریان الکتریکی ثابتی عبور داده و آن را به گونه‌ای درون یک میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم که بیشینه نیروی ممکن از طرف میدان مغناطیسی بر آن وارد می‌شود. اگر شدت جریان عبوری از سیم را ۳۶٪ کاهش، طول سیم را ۲۵٪ افزایش و سپس سیم را به اندازه ۶۰ درجه حول محوری عمود بر صفحه آن دوران دهیم، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند درصد و چگونه تغییر خواهد کرد؟

$$(\sin 30^\circ = 0.5, \sin 60^\circ = 0.85)$$

۱) ۳۳٪، افزایش

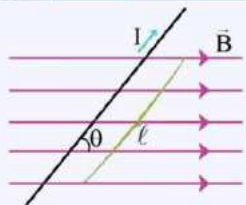
۲) ۳۲٪، کاهش

۳) ۶۰٪، افزایش

۴) ۶۰٪، کاهش

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناخته	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۸	سوال	پاردهم	نیروی مغناطیسی					



نیروی مغناطیسی

اگر سیم راست و بلندی حامل جریان I درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت به شدت B قرار گیرد، نیروی مغناطیسی از طرف میدان به سیم وارد می‌شود که بزرگی آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = IB\ell \sin \theta$$

در این رابطه ℓ بیانگر طول و θ زاویه بین راستای سیم و خطوط میدان است.

نکات طلایی

نکته ۱: اگر سیم بر راستای میدان عمود باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن بیشینه می‌شود:

$$\theta = 90^\circ \rightarrow \sin \theta = 1 \rightarrow F_{\max} = IBL$$

نکته ۲: اگر سیم موازی با راستای میدان باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن صفر می‌شود:

$$\theta = 0^\circ, 180^\circ \rightarrow \sin \theta = 0 \rightarrow F_{\min} = 0$$

پاسخ تشریحی:

در حالت اول که نیروی وارد بر سیم بیشینه است می‌توان نتیجه گرفت:

$$\sin \theta = 1 \rightarrow \theta = 90^\circ$$

اکنون طبق داده‌های سؤال می‌توان نوشت:

$$I_2 = I_1 - \frac{36}{100} I_1 = \frac{64}{100} I_1 = \frac{16}{25} I_1$$

$$L_2 = L_1 + \frac{25}{100} L_1 = \frac{125}{100} L_1 = \frac{5}{4} L_1$$

$$\theta_2 = \theta_1 - 60^\circ = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ \quad \text{یا} \quad \theta_2 = \theta_1 + 60^\circ = 150^\circ \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2}$$

$$F = IBL \sin \theta \xrightarrow{\text{ثابت } B} \frac{F_2}{F_1} = \frac{I_2}{I_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{16}{25} \times \frac{5}{4} \times \frac{1}{1} = \frac{2}{5}$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{2}{5} F_1 = \frac{40}{100} F_1 = \frac{100 - 60}{100} F_1 \rightarrow \text{پس نیرو به اندازه ۶۰٪ کاهش می‌یابد.}$$

گروه آموزشی ماز

55- تکه سیم MN به طول ۵۰ cm، در مداری مانند شکل روبه‌رو بسته شده و درون یک میدان مغناطیسی به بزرگی 0.4 T قرار دارد. اگر مقدار مقاومت رئوستای R معادل 3Ω باشد، رئوستا را چند اهم و چگونه باید تغییر دهیم تا عدد نمایش داده شده توسط نیروسنج ۴۰۰ میلی نیوتن کاهش یابد؟

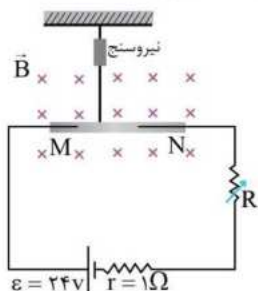
(نیروسنج به مرکز جرم تکه سیم متصل است.)

۱) 2Ω ، افزایش

۲) 2Ω ، کاهش

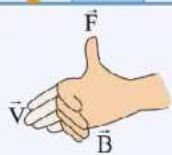
۳) 1Ω ، افزایش

۴) 1Ω ، کاهش



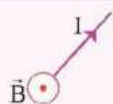
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	تشابه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۸	۸	۹	سوال	پازدهم	نیروی مغناطیسی	ترکیب	۲	۲	سختی	سختی

نیروی مغناطیسی

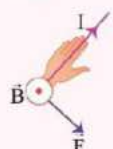


برای یافتن جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان از قاعده دست راست به صورت مقابل استفاده می‌کنیم. چهار انگشت دست راست را در جهت جریان عبوری از سیم به گونه‌ای می‌گیریم که با خم شدن عادی آن‌ها، انگشتان به سمت بردار \vec{B} خم شوند. در این صورت انگشت شست دست راست جهت \vec{F} را نمایش خواهد داد.

مثال:

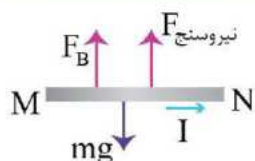


با توجه به شکل مقابل، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را تعیین نمایید.



اگر از قاعده دست راست استفاده کنیم، جهت این نیرو مانند آنچه در شکل مقابل می‌بینید، خواهد شد.

پاسخ تشریحی:



نیروهای وارد بر سیم در شکل مقابل رسم شده است. توجه داشته باشید که جهت نیروی مغناطیسی (F_B) با در نظر گرفتن اینکه جریان از قطب مثبت باتری خارج شده و در سیم به سمت راست و جهت میدان مغناطیسی درون سو است، به کمک قاعده دست راست معین شده است.

از آنجا که نیروی mg مقدار ثابتی می‌باشد برای آن که مقدار نیروی F_B به اندازه 400 میلی‌نیوتن کاهش یابد، لازم است که F_B به همین مقدار افزایش یابد (افزایش F_B سبب شل شدن فنر نیروستنج و کاهش عدد آن خواهد شد). از طرف دیگر تغییر رئوستا بر روی جریان عبوری از مدار تأثیر می‌گذارد و سایر عوامل ثابت خواهد ماند. پس می‌توان نوشت:

$$\Delta F_B = 400 \text{ mN} = 4 \times 10^{-1} \text{ N}$$

$$\begin{cases} F_B = I_l B \sin \theta \\ F_{B_r} = I_l B \sin \theta \end{cases} \rightarrow \Delta F_B = \Delta I B \sin \theta$$

$$\xrightarrow{\theta=90^\circ} 4 \times 10^{-1} = \Delta I \times 4 \times 10^{-1} \times 5 \times 10^{-1} \times 1 \rightarrow \Delta I = 2 \text{ A} \rightarrow I_r = I_l + 2$$

هم‌چنین در حالت اولیه:

$$I_l = \frac{\varepsilon}{R_l + r} = \frac{24}{3+1} = 6 \text{ A} \rightarrow I_r = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

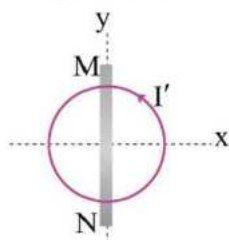
اکنون اگر مقاومت رئوستا R_r باشد می‌توان نوشت:

$$I_r = \frac{\varepsilon}{R_r + r} \rightarrow 8 = \frac{24}{R_r + 1} \rightarrow R_r = 2 \Omega$$

پس مقاومت رئوستا از 3Ω باید به 2Ω برسد، یعنی 1Ω باید کاهش یابد.

گروه آموزشی ماز

56 - سیم حامل جریان MN بدون تماس با حلقه مسطح حامل جریان بر روی آن قرار دارد. اگر نیروی وارد بر قطعه‌ای از سیم MN که درون حلقه قرار دارد در جهت مثبت محور X باشد، جهت جریان عبوری از سیم MN و جهت بردار میدان مغناطیسی حاصل از حلقه در نقطه M به ترتیب از راست به چپ در چه جهتی است؟



- (۱) $+y$ ، برون‌سو
- (۲) $+y$ ، درون‌سو
- (۳) $-y$ ، برون‌سو
- (۴) $-y$ ، درون‌سو

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۲	۶	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	متوسط



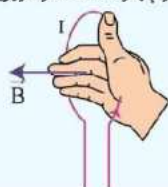
میدان مغناطیسی

طبق آزمایش مشاهده شده که با عبور جریان الکتریکی از یک حلقه مسطح، در فضای اطراف این حلقه میدان مغناطیسی تولید شده است. (مانند شکل مقابل)

همان گونه که در شکل مشاهده می شود، خطوط میدان مغناطیسی ناشی از حلقه حامل جریان در درون آن متراکم تر از بیرون آن است. پس شدت میدان در داخل حلقه بیشتر از بیرون آن و همچنین جهت آن مخالف جهت میدان در بیرون حلقه است. همچنین در مرکز حلقه و دور از لبه ها، میدان تقریباً یک میدان یکنواخت است.

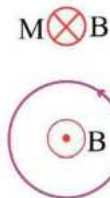
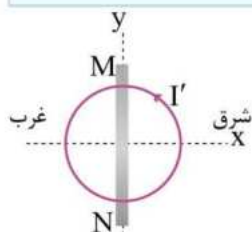
نکته:

برای تعیین جهت میدان مغناطیسی در درون حلقه از قاعده دست راست به صورت مقابل استفاده می کنیم. به این صورت که حلقه را به گونه ای در دست می گیریم که انگشت شست دست راست در جهت جریان در روی حلقه باشد. در این صورت جهت خم شدن و عبور چهار انگشت از درون حلقه جهت \vec{B} خواهد بود.

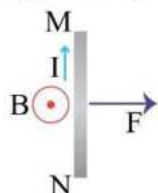


پاسخ تشریحی:

طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از حلقه در مرکز حلقه، بیرون سو و در نقطه M درون سو خواهد بود.

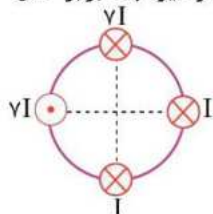


این میدان، سبب وارد شدن نیروی مغناطیسی بر سیم حامل جریان MN می شود که جهت این نیرو در جهت مثبت محور x است، به کمک قانون دست راست می توان جهت جریان عبوری از سیم را به دست آورد. طبق شکل، جهت جریان به سمت +y است.



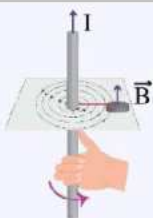
گروه آموزشی ماز

57- مطابق شکل، چهار سیم راست، نازک و با طول بسیار بلند، روی یک دایره فرضی و عمود بر صفحه با فواصل مساوی قرار دارند. اگر بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان I در مرکز دایره برابر B باشد، بزرگی میدان مغناطیسی خالص حاصل از سیم ها در مرکز دایره چند برابر B و جهت آن به کدام سمت است؟



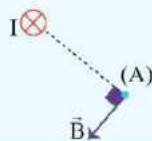
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۴	۷	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	ساده

میدان مغناطیسی



آزمایش نشان داده که با عبور جریان از یک سیم رسانا، در اطراف آن میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود به طوری که خطوط این میدان به شکل دایره‌هایی هم‌مرکز به مرکزیت خود سیم می‌باشند. طبق آزمایش، هرچه جریان عبوری از سیم بزرگ‌تر باشد، شدت میدان مغناطیسی حاصل از آن نیز بیشتر ($B \propto I$) و هرچه فاصله از سیم بیشتر باشد، بزرگی میدان کاهش خواهد یافت ($B \propto \frac{1}{R}$)

برای تعیین جهت میدان ناشی از سیم از قاعده دست راست به این شکل استفاده می‌کنیم که با دست راست خود سیم را به گونه‌ای در دست می‌گیریم که انگشت شست دست راست در جهت جریان باشد. در این صورت جهت چرخش و خم شدن چهار انگشت، جهت خطوط میدان مغناطیسی خواهد بود.



نکته:

اگر سیم عمود بر صفحه کاغذ (جریان به صورت درون‌سو یا برون‌سو) قرار داشت، برای رسم بردار میدان حاصل از آن در یک نقطه (مثل نقطه A) در شکل مقابل، کافی است آن نقطه را با یک خط به سیم وصل کنیم و راستای بردار میدان بر این خط عمود خواهد شد. جهت بردار را نیز به کمک قاعده دست راست گفته شده بدست خواهد آمد.

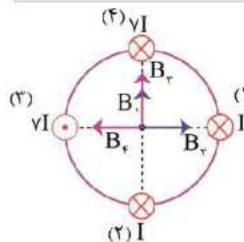
مثال:

در شکل مقابل، دو سیم راست و موازی حامل جریان، عمود بر صفحه کاغذ قرار دارند. بردار میدان مغناطیسی خالص ناشی از دو سیم در نقطه M را رسم نمایید.



طبق درسنامه گفته‌شده، جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از دو سیم در نقطه M در شکل زیر نشان داده شده است. با برآیندگیری از دو بردار \vec{B}_1 و \vec{B}_2 جهت بردار میدان خالص (\vec{B}_t) به صورت نشان داده شده در شکل خواهد بود.

پاسخ تشریحی:



روی شکل، هر یک از سیم‌ها را شماره‌گذاری کرده‌ایم و به کمک قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی هر یک از سیم‌ها را در مرکز دایره رسم نموده‌ایم. فاصله هر چهار سیم تا مرکز دایره مساوی است بنابراین بزرگی میدان هر سیم فقط به شدت جریان عبوری از سیم بستگی دارد. از آنجا که $B \propto I$ است، پس اگر میدان ناشی از سیم حامل جریان I (میدان‌های B_1 و B_2) را B بنامیم می‌توان چنین نوشت:

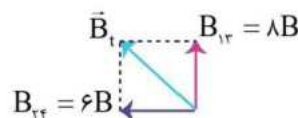
$$\begin{cases} B_1 = B_2 = B \\ B_3 = B_4 = \sqrt{2}B \end{cases}$$

اکنون برآیند میدان‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$B_{13} = B_1 + B_3 = \sqrt{2}B$$

$$B_{24} = |B_2 - B_4| = \sqrt{2}B$$

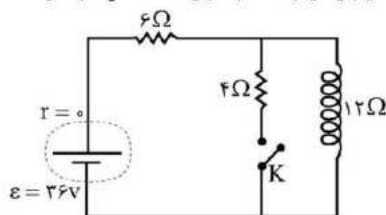
$$B_t = \sqrt{B_{13}^2 + B_{24}^2} = \sqrt{(\sqrt{2}B)^2 + (\sqrt{2}B)^2} = 2B$$



گروه آموزشی ماز

58 - یک سیم‌لوله آرمانی به طول ۱۴۴cm که دارای ۳۰۰۰ دور سیم است را در مداری مانند شکل مقابل پسته‌ایم و در ابتدا کلید باز است. اگر کلید را

ببندیم، بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیم‌لوله چند درصد تغییر می‌کند؟ ($\mu_r = 12 \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$)



۱) ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد.

۲) ۲۵٪ کاهش می‌یابد.

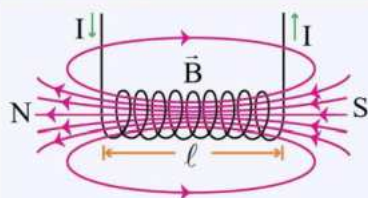
۳) ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

۴) ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۹	۹	۹	سوال	پاردهم	میدان مغناطیسی	و ترکیب			سه	سه

میدان مغناطیسی



با عبور جریان از یک سیم‌لوله مسطح، میدان مغناطیسی در اطراف آن تولید می‌شود. طبق شکل مقابل، این میدان در درون سیم‌لوله متراکم‌تر از بیرون آن بوده و بزرگی آن در درون سیم‌لوله بیشتر است. همچنین بین حلقه‌های سیم‌لوله و دور از لبه‌ها، میدان سیم‌لوله یک میدان یکنواخت است.

اگر طول سیم‌لوله l ، تعداد دورهای آن N و جریان عبوری از آن I باشد، بزرگی میدان ناشی از آن در مرکز حلقه‌ها و دور از لبه‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{N\mu_r I}{l}$$

در این رابطه μ_r را تراوایی مغناطیسی خلأ نامیده و داریم: $\mu_r = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$



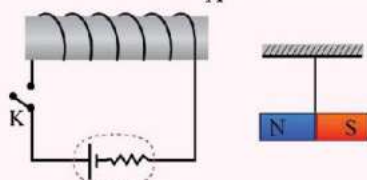
نکته:

برای یافتن جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله در درون آن از قاعده دست راست به این صورت استفاده می‌کنیم که چهار انگشت دست راست را دور سیم‌لوله دور می‌دهیم به طوری که جهت چهار انگشت به سمت جریان در جلوی سیم‌لوله باشد. در این صورت انگشت شست دست راست جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را نشان خواهد داد.

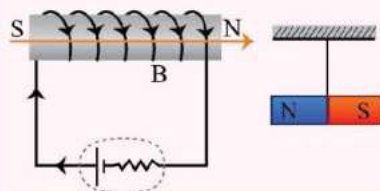
مثال:

در شکل مقابل سیم‌لوله دارای ۲۰۰۰ دور سیم بوده و طول آن ۶۰cm است. با وصل کردن کلید k جریانی به شدت ۵A از سیم‌لوله عبور می‌کند. پس از وصل

کردن کلید بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌لوله در درون آن چند تسلا بوده و آهنربا به سیم‌لوله جذب یا از آن دفع می‌شود؟ ($\mu_r = 12 \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$)



با وصل کلید و عبور جریان، جهت جریان در جلوی حلقه‌های سیم‌لوله به سمت پائین بوده و طبق قانون دست راست جهت میدان ناشی از آن به سمت راست است. پس قطب N آهنربای سیم‌لوله در سمت راست آن و نزدیک به قطب N آهنربا است و آهنربا از سیم‌لوله دفع می‌شود. از طرف دیگر می‌توان نوشت:

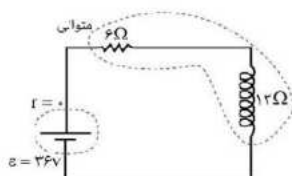


$$B = \frac{N\mu_r I}{l} = \frac{2 \times 10^3 \times 12 \times 10^{-7} \times 5}{0.6} = 2 \times 10^{-2} T$$

پاسخ: تشریحی

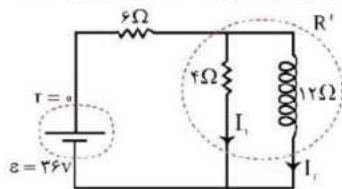
در حالت باز بودن کلید، مقاومت ۴ اهمی در مدار قرار نداشته و مدار به شکل مقابل است. در این حالت می‌توان نوشت:

$$R_{eq} = 6 + 12 = 18 \Omega$$



از سیم‌لوله نیز همین جریان عبور می‌کند $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{36}{18} = 2A \rightarrow$

در حالت بسته بودن کلید، مدار به شکل مقابل است. در این شرایط دو مقاومت ۴ و ۱۲ اهمی با یکدیگر موازی و معادل آن‌ها با مقاومت ۶ اهمی متوالی است.



$$R' = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3 \rightarrow R'_{eq} = 6 + 3 = 9\Omega$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{36}{9 + 9} = 4A$$

اکنون باید جریان عبوری از سیم‌لوله (I_2) را بیابیم. چون مقاومت‌های ۴ و ۱۲ اهمی موازی هستند.

$$V_{12\Omega} = V_{R'} \rightarrow 12I_2 = R' \times I' \rightarrow I_2 = 1A$$

در حالت اولیه میدان مغناطیسی درون لوله سیم‌لوله را بدست می‌آوریم:

$$B_1 = \frac{N\mu_0 I_1}{\ell} = \frac{3 \times 10^3 \times 12 \times 10^{-7} \times 2}{144 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-3} T$$

چون تعداد دور و طول سیم‌لوله ثابت است می‌توان نوشت:

$$\Delta B = \frac{N\mu_0 \Delta I}{\ell} \rightarrow \Delta B \propto \Delta I \rightarrow \frac{\Delta B}{B_1} = \frac{\Delta I}{I_1} = \frac{1-2}{2} = -\frac{1}{2}$$

$$\text{درصد تغییرات میدان} = \frac{\Delta B}{B_1} \times 100\% = -\frac{1}{2} \times 100\% = -50\%$$

بنابراین میدان مغناطیسی ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

59 - کدام یک از مواد زیر در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کند؟

- (۱) بیسموت (۲) فولاد (۳) نقره (۴) آلومینیوم

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان ساده
درجه از ۱ تا ۳	۴	۵	۵	سوال	یازدهم	مواد مغناطیسی	ترکیب	۱۵	۱۵	سهگانه	سهگانه

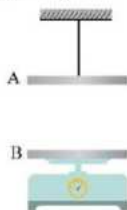
پاسخ تشریحی:

با توجه به صورت سؤال، ماده موردنظر باید از جمله مواد پارامغناطیس باشد که آلومینیوم در این دسته از مواد قرار دارد.

گروه آموزشی ماز

60 - دو سیم موازی و بلند فاقد جریان الکتریکی را یکی روی یک ترازو قرار داده و دیگری را توسط نخ سبک از سقف آویزان می‌کنیم. چنانچه در این

حالت جریانی به سمت راست از سیم A و جریانی به سمت چپ از سیم B عبور داده شود، بزرگی نیروی کشش نخ و عدد نشان داده شده توسط ترازو به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

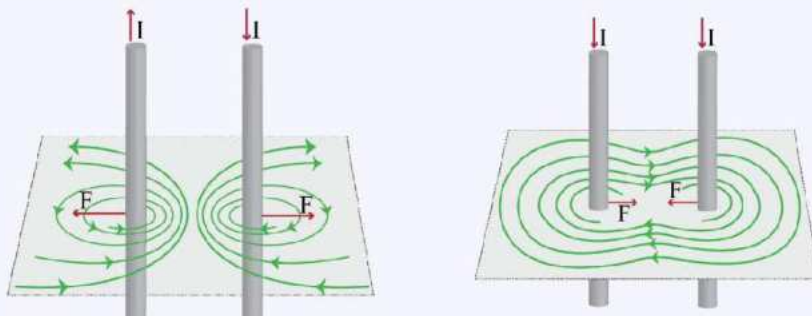


- (۱) افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد
(۲) کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد
(۳) افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد
(۴) کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۲	۷	سوال	یازدهم	نیروی مغناطیسی	پیش نیاز و ترکیب	۲	۲	سختی	متوسط

نیروی مغناطیسی

اگر از دو سیم راست، بلند و موازی، جریان الکتریکی عبور کند، میدان هر سیم سبب وارد شدن نیرو به سیم دیگر شده و به این ترتیب می‌گوئیم دو سیم بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.



می‌توان نشان داد اگر جریان عبوری از دو سیم همسو باشد، نیروی بین آن‌ها به صورت جاذبه بوده و دو سیم یکدیگر را می‌ربایند. در حالی که اگر جریان دو سیم ناهمسو باشد، نیروی بین آن‌ها دافعه است و دو سیم یکدیگر را می‌رانند. همچنین نیرویی که دو سیم حامل جریان به یکدیگر وارد می‌کنند، نیروها عمل و عکس‌العمل است و در نتیجه مقدار این دو نیرو همواره با هم مساوی است. حتی اگر جریان‌های دو سیم مساوی نباشد!

پایه تشریحی

در حالت اول، نیروی کشش نخ با نیروی وزن سیم A برابر است و عدد نمایش داده شده توسط ترازو نیز معادل با وزن سیم B می‌باشد.

با عبور جریان از سیم‌ها به دلیل ناهمسو بودن جریان‌ها، دو سیم به یکدیگر نیروی دافعه وارد کرده و نیروهای وارد بر هر سیم مانند آنچه در شکل نشان داده شده می‌باشد. در این حالت برای سیم A می‌توان نوشت:

$$T = W_A - F$$

این تساوی نشان می‌دهد بزرگی نیروی کشش وارد بر نخ نسبت به حالت قبل کاهش می‌یابد. از طرفی برای سیم B نیز می‌توان این گونه نوشت:

$$F_N = W_B + F$$

بنابراین عدد نشان داده شده توسط ترازو در حالت جدید بیشتر از حالت قبل خواهد شد.

گروه آموزشی ماز

61 - کدام یک از گزینه‌های زیر، یکای شار مغناطیسی را برحسب یکاهای دیگر به درستی بیان می‌کند؟

۴) $\frac{N}{A \cdot m}$

۳) $\frac{J}{A \cdot m}$

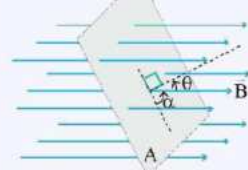
۲) $\frac{N}{A}$

۱) $\frac{J}{A}$

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۴	۷	سوال	یازدهم	شار مغناطیسی	پیش نیاز و ترکیب	۲	۲	سختی	متوسط

شار مغناطیسی

اگر خطوط میدان مغناطیسی از درون قابی عبور کند، کمیتی نرده‌ای به نام شار مغناطیسی تعریف می‌کنیم که معیاری است از تعداد خطوط عبوری میدان از درون قاب! این کمیت را با Φ نمایش می‌دهیم و به صورت زیر آن را به‌دست می‌آوریم:



$$\Phi = BA \cos \theta$$

در این رابطه B بزرگی میدان مغناطیسی برحسب T، A مساحت قاب برحسب m^2 و θ زاویه نیم‌خط عمود بر قاب با میدان است. یکای شار مغناطیسی در SI معادل وبر است و با Wb نشان داده می‌شود.

نکته: در سؤال اغلب زاویه سطح قاب با میدان (که در شکل فوق آن را α نامیده‌ایم) داده می‌شود. در این شرایط زاویه θ (که باید در رابطه شار وارد شود) متمم زاویه α خواهد بود. ($\theta = 90 - \alpha$)

نکته: چنانچه قاب به موازات خطوط میدان قرار داشته باشد، شار مغناطیسی عبوری از قاب صفر خواهد شد:

$$\alpha = 0 \rightarrow \theta = 90 - \alpha = 90 \rightarrow \cos \theta = 0 \rightarrow \varphi = 0$$

نکته: اگر قاب عمود بر خطوط میدان قرار داشته باشد، شار مغناطیسی عبوری از آن بیشینه است:

$$\alpha = 90 \rightarrow \theta = 0 \rightarrow \cos \theta = 1 \rightarrow \varphi = \varphi_{\max} = BA$$

طبق رابطه شار مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$\varphi = BA \cos \theta \rightarrow [\varphi] = [B] \times [A]$$

از طرفی برای میدان مغناطیسی با توجه به نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی داریم:

$$\begin{aligned} F &= IBL \sin \theta \rightarrow [F] = [I] \times [B] \times [L] \\ F &= ma \rightarrow [F] = [m] \times [a] \rightarrow [F] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \\ \rightarrow \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} &= A \times [B] \times m \rightarrow [B] = \frac{\text{kg}}{A \cdot \text{s}^2} \end{aligned}$$

در نتیجه داریم:

$$[\varphi] = [B] \times [A] = \frac{\text{kg}}{A \cdot \text{s}^2} \times \text{m}^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{A \cdot \text{s}^2}$$

عبارت $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ (طبق رابطه $W = Fd$) معادل با یکای انرژی (یعنی ژول) است. پس داریم:

$$[\varphi] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{A \cdot \text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{A} = \frac{J}{A}$$

گروه آموزشی ماز

62 - قابی مستطیل شکل در اختیار داریم که سطح آن با خطوط یک میدان مغناطیسی یکنواخت زاویه 30° درجه می‌سازد. زاویه سطح قاب با میدان را چند

درجه و چگونه تغییر دهیم تا شار عبوری از قاب، 20% افزایش یابد؟ ($\sin 37^\circ = 0.6, \sin 53^\circ = 0.8$)

(۲) 23° درجه - افزایش

(۱) 7° درجه - افزایش

(۴) 23° درجه - کاهش

(۳) 7° درجه - کاهش

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۷	۷	سوال	یازدهم	شار مغناطیسی				متوسط	

میدان و مساحت قاب بدون تغییر و ثابت است و چون در حالت اول سطح قاب با میدان زاویه 30° درجه ساخته است می‌توان نوشت:

$$\theta = 60 \rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2}$$

$$\varphi = BA \cos \theta \xrightarrow{\cos \theta = \frac{1}{2}} \varphi_1 = \frac{1}{2} BA$$

طبق گفته سؤال شار مغناطیسی در حالت دوم، ۲۰٪ بیشتر از حالت اول است. بنابراین:

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \frac{20}{100} \Phi_1 = \frac{6}{5} \Phi_1 = \frac{6}{5} \left(\frac{1}{2} BA \right) = \frac{3}{5} BA$$

$$\Phi_2 = BA \cos \theta_2 \rightarrow \frac{3}{5} BA = BA \cos \theta_2 \rightarrow \cos \theta_2 = \frac{3}{5} \rightarrow \theta_2 = 53^\circ$$

پس در این حالت سطح قاب با خطوط میدان زاویه 37° می‌سازد که نسبت به حالت اولیه 7 درجه افزایش یافته است.

گروه آموزشی ماز

63 - یک قاب دایره‌ای شکل شامل 500 دور سیم عمود بر خطوط یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 200 G قرار دارد. اگر شعاع قاب با آهنگ ثابت

$$\frac{cm}{s} \text{ از } 15 \text{ cm به } 5 \text{ cm برسد، بزرگی نیرو محرکه القایی متوسط در قاب در این مدت زمان چند ولت است؟ } (\pi = 3)$$

۲/۴ (۴)

۰/۶ (۳)

۰/۳ (۲)

۱/۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۸	۷	سوال	یازدهم	قانون القای فارادی	تربیت و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	متوسط

قانون القای فارادی

طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، اگر شار عبوری از یک قاب تغییر کند، در قاب نیرو محرکه‌ای القا می‌شود که مقدار آن با آهنگ تغییر شار متناسب است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

در این رابطه، N تعداد دور قاب و $\bar{\varepsilon}$ نیرو محرکه القایی متوسط است.

نکات طلایی

نکته ۱: علامت منفی در این رابطه به جهت نیروی محرکه القایی اشاره دارد و مربوط به قانون لنز می‌باشد.

نکته ۲: Φ در این رابطه را می‌توان با رابطه مربوط به شار، یعنی $\Phi = BA \cos \theta$ ترکیب نمود.

نکته ۳: از ترکیب این رابطه با رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ و با در نظر گرفتن اینکه در نیرو محرکه‌های القایی مقاومت درونی وجود ندارد ($r=0$)، می‌توان جریان القایی در مدار را به صورت زیر بدست آورد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow{\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, r=0} I = -\frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t}$$

مثال:

شار عبوری از یک حلقه که شامل 2000 دور سیم است در SI از رابطه‌ای به صورت $\Phi = (2t^2 - 5t + 4) \times 10^{-4}$ بدست می‌آید. بزرگی نیرو محرکه القایی در قاب در بازه زمانی $t_1 = 1 \text{ s}$ تا $t_2 = 3 \text{ s}$ چند ولت است؟

با جایگذاری لحظات $t_1 = 1 \text{ s}$ و $t_2 = 3 \text{ s}$ در معادله شار، می‌توانیم مقادیر شار در این دو لحظه را بدست آورد:

$$\Phi = (2t^2 - 5t + 4) \times 10^{-4} \begin{cases} t_1 = 1 \rightarrow \Phi_1 = 1 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ t_2 = 3 \rightarrow \Phi_2 = 7 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{cases} \rightarrow \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$|\bar{\varepsilon}| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{2000 \times 6 \times 10^{-4}}{2} = 0.6 \text{ V}$$

پاسخ تشریحی:

به کمک آهنگ تغییر شعاع می‌توانیم مدت زمان این تغییرات را بدست آوریم:

$$\text{آهنگ تغییر شعاع} = \frac{|\Delta r|}{\Delta t}$$

$$\rightarrow 20 = \frac{|5 - 15|}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 0.5 \text{ s}$$

$$\begin{cases} \phi_r = BA_r \cos \theta = B \times \pi r_r^2 \times \cos \theta \\ \phi_l = BA_l \cos \theta = B \times \pi r_l^2 \times \cos \theta \end{cases} \rightarrow \Delta \phi = B \times \pi \times (r_r^2 - r_l^2) \times \cos \theta$$

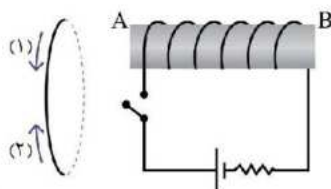
اکنون می‌توان از قانون القای فاراده استفاده کرد. توجه کنید که سطح قاب بر میدان عمود است بنابراین:

$$\theta = 0 \rightarrow \cos \theta = 1$$

$$\begin{aligned} \left| \varepsilon \right| &= N \frac{|\Delta \phi|}{\Delta t} = N \frac{B \times \pi \times |r_r^2 - r_l^2| \times \cos \theta}{\Delta t} \\ &= \frac{5 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times 3 \times |5^2 - 15^2| \times 10^{-4} \times 1}{5 \times 10^{-1}} = 1/2 \text{ V} \end{aligned}$$

گروه آموزشی ماز

64- در شکل مقابل با بستن کلید k جهت میدان مغناطیسی در درون سیم‌لوله و جهت جریان القایی در حلقه مجاور آن به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



- (۱) A به B - جهت (۱)
 (۲) A به B - جهت (۲)
 (۳) B به A - جهت (۱)
 (۴) B به A - جهت (۲)

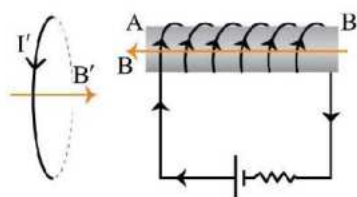
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۲	۸	سوال	پاردهم	قانون لنز	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

قانون لنز

جهت جریان القایی را به کمک قانونی به نام قانون لنز بدست می‌آوریم. طبق این قانون: «جهت جریان القایی در قاب همواره به گونه‌ای است که اثرات مغناطیسی ناشی از آن با تغییرات شار مخالفت می‌کند» برای تحلیل و حل مسائل مربوط به قانون لنز ابتدا باید نحوه تغییر یافتن شار را متوجه شویم. سپس:
 (۱) اگر شار در حال افزایش باشد ← جهت میدان ناشی از جریان القایی باید در خلاف جهت میدان عبوری از قاب باشد.
 (۲) اگر شار در حال کاهش باشد ← جهت میدان ناشی از جریان القایی باید در جهت میدان عبوری از قاب باشد. در نهایت با یافتن جهت میدان ناشی از جریان القایی و به کمک قانون دست راست می‌توان جهت جریان القایی را بدست آورد.

پاسخ تشریحی:



با بستن کلید و عبور جریان از سیم‌لوله، طبق قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله از B به A خواهد بود.

با وصل کلید، جریان عبوری از سیم‌لوله در حال افزایش است. بنابراین بزرگی میدان و بزرگی شار عبوری از حلقهٔ رسانا نیز در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، جهت میدان ناشی از جریان القایی (که با B' نشان داده شده) باید در خلاف جهت B باشد تا با افزایش آن مخالفت کند. پس B' به سمت راست بوده و جهت جریان القایی به کمک قانون دست راست

در جهت (۱) بدست خواهد آمد.

گروه آموزشی ماز

65- یک قاب مسطح در صفحهٔ xoy قرار دارد و خطوط یک میدان مغناطیسی عمود بر سطح قاب، از درون آن می‌گذرد. اگر بزرگی میدان مغناطیسی

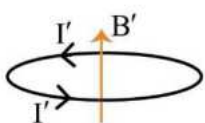
برحسب زمان از رابطهٔ $B = 2t^2 - 16t + 30$ (در SI) به‌دست بیاید، در ۱۰ ثانیه اول، چند ثانیه جهت جریان القایی در قاب، از دید ناظری که از بالا به آن نگاه می‌کند به‌صورت پادساعتگرد خواهد بود؟ (جهت برون‌سو را به عنوان جهت مثبت در نظر بگیرید.)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

پاسخ: گزینه ۳

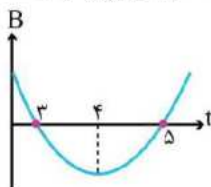
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۷	۸	سوال	پاردهم	جریان القایی	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

اگر قرار باشد که جهت جریان القایی در قاب در جهت پادساعتگرد باشد، طبق قانون دست راست، باید جهت میدان ناشی از این جریان، از دید ناظر به صورت برون سو باشد. پس در این بازه ها $B' > 0$ خواهد بود.



اکنون نمودار B بر حسب t را رسم می‌کنیم تا رفتار تابع B را در طول بازه‌های مختلف تحلیل کنیم:

بازه $0 < t < 3$ ← در این بازه $B > 0$ (برون سو) و بزرگی آن در حال کاهش است پس طبق قانون لنز، B' باید هم جهت با B یعنی برون سو ($B' > 0$) باشد. بنابراین در این بازه جریان القایی پادساعتگرد خواهد بود.



بازه $3 < t < 4$ ← در این بازه $B < 0$ (درون سو) و بزرگی آن در حال افزایش است. پس طبق قانون لنز B' باید در خلاف جهت آن یعنی برون سو ($B' > 0$) باشد. در نتیجه در این بازه هم جریان القایی پادساعتگرد می‌باشد.

بازه $4 < t < 5$ ← در این بازه $B < 0$ و بزرگی آن در حال کاهش است. پس B' باید هم جهت با B یعنی درون سو باشد که جریان القایی ساعتگرد می‌شود.

بازه $t > 5$ ← در این بازه $B > 0$ و بزرگی آن در حال افزایش است. پس B' باید خلاف جهت با B یعنی درون سو باشد.

پس در کل در بازه‌های $0 < t < 3$ و $3 < t < 4$ یعنی به مدت ۴ ثانیه جهت جریان القایی پادساعتگرد خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

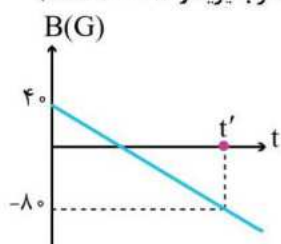
66 - میدان مغناطیسی \vec{B} با سطح حلقه‌ای به مساحت 20 cm^2 زاویه 37° درجه می‌سازد و نمودار تغییرات بزرگی این میدان بر حسب زمان مانند شکل مقابل است. بار القایی در حلقه در بازه زمانی $0 \leq t \leq t'$ چند میکروکولن است؟ (مقاومت الکتریکی حلقه را 0.2Ω در نظر بگیرید و $\cos 37^\circ = 0.8$)

(۱) ۱۲۰

(۲) ۷۲

(۳) صفر

(۴) باید t' معلوم باشد.



پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳	۶	۶	۷	سوال	پانزدهم	بار القایی				سه	متوسط

بار القایی

برای یافتن بار القایی طبق رابطه $\Delta q = I \Delta t$ می‌توانیم جریان القایی را در زمان ضرب کنیم. در درسنامه‌های قبلی دیدیم که جریان القایی از رابطه $I = -\frac{N \Delta \phi}{R \Delta t}$ بدست می‌آید. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta q = \left(-\frac{N \Delta \phi}{R \Delta t} \right) \times \Delta t$$

$$\rightarrow \Delta q = -\frac{N}{R} \Delta \phi$$

براساس این رابطه می‌توان نتیجه گرفت اندازه بار القایی در قاب، به زمان بستگی نداشته و فقط به تغییرات شار بستگی دارد.

ابتدا تغییرات شار مغناطیسی را بدست می آوریم:

$$\theta = 90 - 37 = 53 \rightarrow \cos \theta = 0.6$$

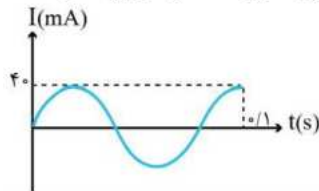
$$\begin{cases} \phi_1 = B_1 A \cos \theta \\ \phi_2 = B_2 A \cos \theta \end{cases} \rightarrow \Delta \phi = B_2 A \cos \theta - B_1 A \cos \theta = \Delta B \times A \times \cos \theta$$

$$= (-80 - 40) \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-3} \times 0.6 = -144 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

$$|\Delta q| = \frac{N}{R} |\Delta \phi| = \frac{1 \times 144 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-1}} = 72 \times 10^{-6} \text{ C} = 72 \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

67 - نمودار تغییرات شدت جریان عبوری از سیم‌لوله‌ای به ضریب القاوری ۵۰۰ میلی‌هائری مطابق شکل است. انرژی ذخیره‌شده در سیم‌لوله در لحظه



$$t = \frac{1}{75} \text{ s}$$

$$0.3 \text{ (1)}$$

$$300 \text{ (2)}$$

$$0.1 \text{ (3)}$$

$$100 \text{ (4)}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شعاعه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۶	۷	سوال	یازدهم	انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله

۱) اگر جریان عبوری از یک سیم‌لوله (القاگر) تغییر کند، سیم‌لوله به مدار انرژی داده یا از آن انرژی می‌گیرد. هنگام افزایش جریان، انرژی در سیم‌لوله ذخیره و هنگام کاهش جریان، انرژی از سیم‌لوله آزاد خواهد شد. انرژی ذخیره‌شده در یک سیم‌لوله از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

در این رابطه I جریان عبوری از سیم‌لوله و L ضریب القاوری آن است. ویژگی‌های فیزیکی و ساختمانی یک سیم‌لوله با ضریب القاوری آن بیان می‌شود و یکای این ضریب در SI معادل هائری (H) است.

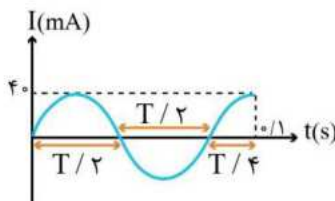
۲) در جریان‌های متناوب معادله جریان برحسب زمان از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

که T بیانگر دوره تناوب جریان و I_{\max} بیانگر جریان بیشینه است.

نکته:

در نمودار جریان برحسب زمان، طول افقی هر نیم‌دایره از نمودار معادل $\frac{T}{2}$ و طول افقی هر ربع دایره از نمودار معادل $\frac{T}{4}$ می‌باشد.



طبق نمودار مقابل می‌توان نتیجه گرفت $I_{\max} = 40 \text{ mA}$ و همچنین:

$$\frac{T}{2} + \frac{T}{2} + \frac{T}{4} = 0.1 \rightarrow \frac{5T}{4} = \frac{1}{10} \rightarrow T = \frac{2}{25} \text{ s}$$

پس معادله جریان برحسب زمان به این صورت نوشته می‌شود:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \rightarrow I = 40 \times 10^{-3} \sin\left(\frac{2\pi}{\frac{2}{25}}t\right) = 40 \times 10^{-3} \sin(25\pi t)$$

با جایگذاری $t = \frac{1}{75} \text{ s}$ در معادله می‌توانیم جریان در این لحظه را پیدا کنیم:

$$I = 4 \times 10^{-2} \sin\left(25\pi \times \underbrace{\frac{1}{75}}_{\frac{\pi}{3}}\right) = 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow I = 2\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ A}$$

اکنون می‌توانیم انرژی ذخیره‌شده در سیم‌لوله را بدست آوریم:

$$L = 500 \text{ mH} = 5 \times 10^{-1} \text{ H}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-1} \times \left(2\sqrt{3} \times 10^{-2}\right)^2 = 30 \times 10^{-5} \text{ J} = 300 \mu\text{J}$$



شرکت تعاونی خدمات آموزشی کارکنان
سازمان سنجش آموزش کشور

۱- گزینه ۱ درست است.

طبق قاعده دست راست اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان در سیم قرار گیرد به طوری که سوی بسته شدن آنها، جهت میدان مغناطیسی در محل سیم راست را نشان دهد (در این سوال از N تا S)، انگشت شست دست راست که کاملاً باز شده باشد، جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم را نشان می‌دهد.

۲- گزینه ۴ درست است.

چون جرم ذره باردار ناچیز فرض شده است، برای اینکه ذره در همان امتداد حرکت کند باید دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره اثر هم را خنثی کنند، پس خواهیم داشت:

$$|q| VB \sin \theta = |q| E \xrightarrow{\theta=90^\circ} |q| VB = E |q| \Rightarrow V = \left(\frac{500}{2 \times 10^{-2}} \right) \frac{m}{s} = 2.5 \times 10^4 \frac{m}{s}$$

۳- گزینه ۲ درست است.

آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهن‌ریا می‌شوند؛ یعنی حجم حوزه‌های مغناطیسی در آنها در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سختی تغییر می‌کند و با حذف میدان مغناطیسی خارجی، خاصیت آهن‌ریایی ایجاد شده در آنها تا مدت زیادی تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. به همین علت این‌گونه مواد را، مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند.

۴. گزینه ۴ درست است.

بر اساس قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و با توجه به این‌که بردار میدان مغناطیسی بر سطح حلقه عمود است و ثابت می‌باشد، داریم:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (BA \cos \theta)}{\Delta t} \xrightarrow{\theta=0^\circ, B=\text{ثابت}} \bar{\varepsilon} = -\frac{NB \Delta A}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \left[-\frac{1 \times 3 \times 10^{-2} \times (10 - 50) \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-1}} \right] V \\ \Rightarrow \bar{\varepsilon} &= \left[\frac{-3 \times 10^{-2} \times (-40) \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-1}} \right] V = 6 \times 10^{-4} V \end{aligned}$$

۵. گزینه ۴ درست است.

چون میدان مغناطیسی ناشی از جریان سیم راست درون این حلقه، برون‌سو است و میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی، داخل حلقه درون‌سو است، طبق قانون لنز نتیجه می‌شود که شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال افزایش است. پس جریان سیم راست می‌تواند در حال افزایش باشد.

۶. گزینه ۳ درست است.

برای اینکه جهت جریان در جریان متناوب، عوض شود، باید شدت جریان به‌طور لحظه‌ای برابر صفر شود. لذا خواهیم داشت:

$$0.04 \sin 100\pi t = 0 \Rightarrow \sin 100\pi t = \sin n\pi \Rightarrow 100\pi t = n\pi \Rightarrow t = \left(\frac{n}{100} \right) s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} n=1 \Rightarrow t = \frac{1}{100} s \\ n=2 \Rightarrow t = \frac{2}{100} s \\ n=3 \Rightarrow t = \frac{3}{100} s \\ n=4 \Rightarrow t = \frac{4}{100} s > \frac{1}{200} s \quad (\text{غ ق ق}) \end{cases}$$

بنابراین نتیجه می‌شود که در بازه زمانی صفر تا $\frac{1}{200} s$ ، جهت جریان، ۳ بار تغییر می‌یابد.

۷- گزینه ۳ درست است.

زیرا داریم:

$$F = |q| v B \sin 90^\circ = (10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-2}) N = 10^{-2} N$$

$$a = \frac{F}{m} = \left(\frac{10^{-2}}{5 \times 10^{-2}} \right) \frac{m}{s^2} = 0.2 \frac{m}{s^2}$$

۸- گزینه ۴ درست است.

با توجه به جهت جریان در سیم راست، طبق قاعده دست راست، نتیجه می‌شود که جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم راست، در محل حلقه ۱، برون‌سو ولی در محل حلقه ۲، درون‌سو می‌باشد و چون میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم راست در نقاط نزدیک‌تر به سیم قوی‌تر است، با توجه به جهت حرکت حلقه‌ها، نتیجه می‌شود که شار عبوری از حلقه ۱ در حال افزایش ولی شار عبوری از حلقه ۲ در حال کاهش است. بنابراین در هر دو حلقه جریان القایی ایجاد می‌شود که طبق قانون لنز باید در جهتی باشد که میدان مغناطیسی ناشی از آن در مرکز حلقه ۱، در خلاف جهت میدان مغناطیسی جریان سیم راست در این نقطه باشد و در مرکز حلقه ۲، هم‌جهت با میدان مغناطیسی جریان سیم راست در مرکز حلقه باشد. بنابراین جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی در مرکز هر دو حلقه، درون‌سو می‌باشد. لذا طبق قاعده دست راست نتیجه می‌شود که جهت جریان القایی در هر دو حلقه، ساعتگرد می‌باشد.

۹- گزینه ۳ درست است.

زیرا می‌توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 3600 = \frac{1}{2} L \times 40000 \Rightarrow L = 0.18 H = 180 \text{ mH}$$

۱۰- گزینه ۴ درست است.

$$|\mathcal{E}| = BLv = 0.4 \times 0.2 \times 0.25 = 0.02 \text{ V}$$

$$R = \frac{\mathcal{E}}{I} = \frac{0.02}{40 \times 10^{-3}} = 0.5 \Omega$$

۱۱- گزینه ۱ درست است.

طبق قاعده دست راست جهت نیروی $F = BIL$ مغناطیسی روبه پایین است.

$$F = 0.5 \times 10^{-4} \times 1.5 \times 2 = 1.5 \times 10^{-4}$$

۱۲- گزینه ۴ درست است.

با استفاده از قاعده دست راست، قطب‌های A و B هر دو S می‌باشند.

۱۳- گزینه ۳ درست است.

برای تعیین تعداد دور سیم در هر سانتی‌متر از سیملوله، می‌توان ℓ را برابر ۱ cm فرض کرد و N را به دست آورد. پس خواهیم داشت:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} \Rightarrow 6 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times N \times 0.5}{10^{-2}} \Rightarrow N = 10$$

* روش دیگر: می‌توان نوشت:

$$B = \mu_0 N I \Rightarrow 6 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7} \times n \times 0.5 \Rightarrow n = 10^3 \frac{\text{دور}}{\text{m}} = 10 \frac{\text{دور}}{\text{cm}}$$

۱۴- گزینه ۴ درست است.

زیرا خواهیم داشت:

$$\Phi = \mathcal{E} t^2 - \lambda t \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 0.5 \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = -3 \text{ Wb} \\ t_2 = 1.5 \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = -3 \text{ Wb} \end{cases} \Rightarrow \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0$$

$$|\mathcal{E}| = \left| -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 0$$

۱۵- گزینه ۱ درست است.

با توجه به آن که الکترون بدون انحراف از میان صفحه‌ها عبور کرده است. می‌توان نوشت:

$$F_B = F_E \Rightarrow qvB \sin \alpha = qE \Rightarrow E = Bv \sin \alpha$$

$$\Rightarrow E = 2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^5 \times 1 = 400 \frac{N}{C}$$

$$E = \frac{\Delta v}{d} \Rightarrow 400 = \frac{\Delta v}{20 \times 10^{-3}} \Rightarrow \Delta v = 8V$$

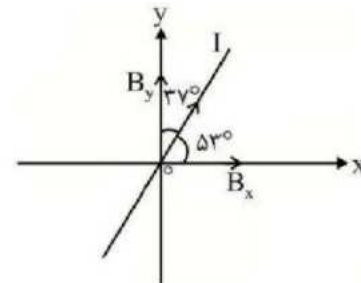
۱۶- گزینه ۱ درست است.

مؤلفه‌های میدان مغناطیسی را روی دو محور مشخص می‌کنیم. در این صورت داریم:

$$\otimes F_x = B_x I \sin 53^\circ = 5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^0 / 8 = 1.25 \times 10^{-3} N$$

$$\odot F_y = B_y I \sin 37^\circ = 10 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^0 / 6 = 1.25 \times 10^{-3} N$$

$$|F_{net}| = (1.25 - 1.25) \times 10^{-3} = 0 N \quad \odot$$



۱۷- گزینه ۱ درست است.

با خارج کردن هسته آهنی، میدان سیملوله کاهش می‌یابد و شار گذرنده از سیملوله نیز کم می‌شود. تغییر شار، نیروی محرکه‌ای القا می‌کند که این نیروی محرکه باعث ایجاد جریان القایی می‌شود. طبق قانون لنز این جریان با کاهش شار مخالفت می‌کند. پس باید جریان در مدار افزایش یابد. وقتی هسته آهنی به‌طور کامل از سیملوله خارج شد، شار ثابت می‌ماند و جریان القایی به صفر می‌رسد و جریان به مقدار اولیه خود برمی‌گردد.

۱۸- گزینه ۴ درست است.

با توجه به آنکه پیچ به عمود بر محور X قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\phi = B_x A \cos \theta = (3 \sin 20^\circ \pi t) \times 100 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow$$

$$\phi = 0.3 \sin 20^\circ \pi t$$

اکنون برای محاسبه نیروی محرکه القایی داریم:

$$|\mathcal{E}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| = \frac{400 \times 0.3}{60} \left| \sin \frac{\pi}{3} - \sin 0 \right| = 7200 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3600 \sqrt{3} V = 3 / 6 \sqrt{3} kV$$

۱۹- گزینه ۲ درست است.

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 7/2 = \frac{1}{2} \times 0.4 I^2 \Rightarrow I^2 = 36 \Rightarrow I = 6A$$

۲۰- گزینه ۲ درست است.

(آ) درست

(ب) درست

(پ) درست

(ت) نادرست

۲۱- گزینه ۴ درست است.

در رابطه $\phi = A(B \cos \theta)$ ، $B \cos \theta$ مؤلفه‌ای از \vec{B} است که موازی با خط عمود بر سطح حلقه (در اینجا محور Y)

است. از طرف دیگر به کمک قانون انتهای فاراده و $\bar{\mathcal{E}} = \bar{I}R = \frac{\Delta q}{\Delta t} R$ داریم:

$$|-N \times \Delta \phi| = \Delta q \times R$$

$$|-400 \times (3/6 + 1/2) \times 10^{-3} \times 300 \times 10^{-4}| = \Delta q \times 40 \rightarrow \Delta q = 1/44 \text{ mC}$$

۲۲. گزینه ۳ درست است.

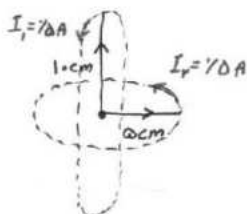
ابتدا بزرگی I_{\max} را به دست می‌آوریم:

$$I_{\max} = \frac{\mathcal{E}_{\max}}{R} \rightarrow I_{\max} = \frac{160\sqrt{3}}{40} = 2\sqrt{3} \text{ A}$$

$$\frac{I}{I_{\max}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} = \sin \theta \rightarrow \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2} \rightarrow \theta = 30^\circ$$

سؤال زاویه میان سطح پیچه و خطوط میدان مغناطیسی را خواسته است: $\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

۲۳. گزینه ۳ درست است.



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2 R_1} = \frac{12 \times 10^{-7}}{2} \times \frac{0/5}{0/1} = 3 \times 10^{-6} \pi$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2 R_2} = \frac{12 \times 10^{-7}}{2} \times \frac{0/5}{0/5} = 6 \times 10^{-6} \pi$$

$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 10^{-6} \sqrt{3^2 + 6^2} = 3\sqrt{5} \times 10^{-6} \pi$$

۲۴. گزینه ۲ درست است.

$$x = r \cos \pi t + \Delta t^2 + \gamma$$

$$t = 0$$

$$x = r \cos \pi(0) + \Delta(0)^2 + \gamma$$

$$x = 3 - \gamma = -4 \xrightarrow{\text{حرکت در محور } x} \vec{d} = -4\vec{i}$$

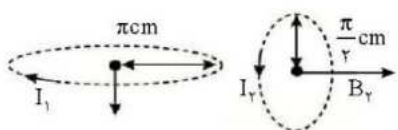
۲۵- گزینه ۴ درست است.

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$|\bar{\mathcal{E}}| = 1000 \times 50 \times 10^{-4} \times 0.16 \rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = 0.8 \text{ V}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{0.8}{20} \rightarrow I = 4 \times 10^{-2} \text{ A} = 4 \text{ mA}$$

۲۶- گزینه ۲ درست است.



$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu_0 N I}{2 R} \rightarrow B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{2}{\pi \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{3}{\frac{\pi}{2} \times 10^{-2}} = 12 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

$$\vec{B} = 12 \times 10^{-5} \vec{i} - 4 \times 10^{-5} \vec{j} = (12\vec{i} - 4\vec{j}) \times 10^{-5}$$

۲۷- گزینه ۴ درست است.

$$|AB| = |0/8 - (-1/8)| = 2/8$$

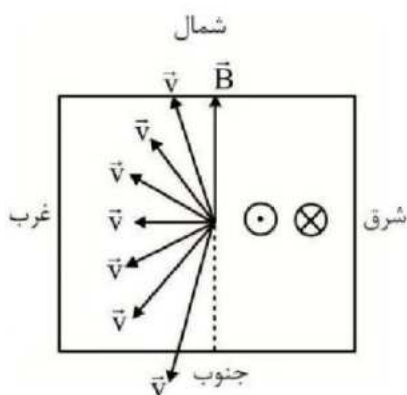
$$|\vec{E}| = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \left| -N \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} \right| = \left| -N \frac{4000 \times 10^{-4} \times 2/8}{2} \right| = 5/2 \times 10^{-2} \times N$$

$$R = NR \rightarrow R = N \times 0/05 \rightarrow \vec{I} = \frac{\vec{E}}{R}$$

یک حلقه

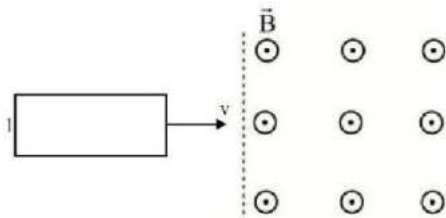
$$I = \frac{5/2 \times 10^{-2} \times N}{N \times 0/05} = 1/04 \text{ A}$$

۲۸- گزینه ۳ درست است.



برای آن که الکترون بر مسیری مستقیم و افقی حرکت کند باید نیروی مغناطیسی وارد بر آن، قرینه نیروی وزن آن باشد. با توجه به شکل، به کمک قاعده دست راست می‌توان گفت، جهت \vec{v} همه جهت‌های نیمه سمت چپ صفحه به غیر از شمال و جنوب می‌تواند باشد.

۲۹- گزینه ۲ درست است.



نیروی محرکه القایی در پیچ‌های با N دور، در لحظه‌هایی که خطوط میدان مغناطیسی عبوری تنها از قسمتی از پیچ عبور می‌کند از $\mathcal{E} = NBlv$ به دست می‌آید:

$$\frac{\mathcal{E}_{(1)}}{\mathcal{E}_{(2)}} = \frac{N_{(1)}}{N_{(2)}} \times \frac{l_{(1)}}{l_{(2)}} \times \frac{v_{(1)}}{v_{(2)}} = \frac{200}{300} \times \frac{2a}{a} \times \frac{2v}{v} = \frac{8}{3}$$

۳۰- گزینه ۱ درست است.

سرعت نزدیک شدن آهنربا به یک حلقه رسانا، آهنگ تغییر شار مغناطیسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه بر اندازه نیروی محرکه القایی مؤثر است.

۳۱- گزینه ۳ درست است.

به کمک قاعده دست راست و مسیر حرکت در قسمت (۳)، علامت بار q ، مثبت است. در نتیجه در هنگام عبور از قسمت (۴) باید مسیر II را طی کند. همچنین جهت میدان در قسمت (۱)، درون سو \otimes است.

۳۲- گزینه ۳ درست است.

هر گاه جریان عبوری از یک القاگر افزایش یابد، انرژی مغناطیسی درون میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

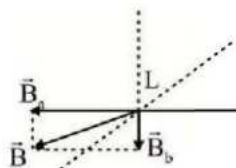
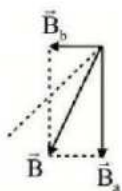
۳۳- گزینه ۲ درست است.

با توجه به نمودار، $T = \frac{1}{100} s$ است.

$$\phi = \phi_m \cos \frac{2\pi}{T} t \rightarrow \phi = 24 \cos \frac{2\pi}{\frac{1}{100}} \times \frac{1}{300} = 24 \cos \frac{2\pi}{3} = -12 \text{ mWb}$$

۳۴- گزینه ۱ درست است.

جهت میدان‌های مغناطیسی سیم‌های a و b در رأس K به صورت مقلبل است: با توجه به شکل، جریان سیم a بزرگتر از جریان سیم b است. در نتیجه میدان‌های مغناطیسی این دو سیم در رأس L به صورت زیر است:



۳۵- گزینه ۴ درست است.

مواد پارامغناطیسی مانند اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن، در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعف و موقت پیدا می‌کنند.

۳۶- گزینه ۳ درست است.

با توجه به جهت جریان القایی که از N به M ، جریانی پادساعتگرد در حلقه رسانا ایجاد می‌شود. بنا به قانون لنز، شار مغناطیسی در حال کاهش است. این یعنی جهت حرکت میله به سمت چپ است. به کمک قانون القاء فاراده، داریم:

$$IR = BLv \rightarrow 2 \times 10^{-3} \times 200 = 0.4 \times 0.25v \rightarrow v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

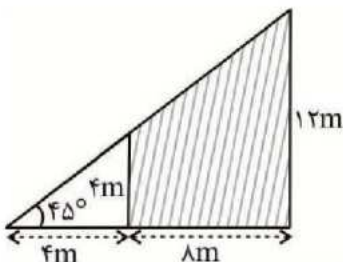
۳۷- گزینه ۱ درست است.

با توجه به رابطه $\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ، شیب نمودار $\phi - t$ برابر با $-\frac{\bar{\mathcal{E}}}{N}$ است. پس تنها نمودار مربوط به گزینه ۱ می‌تواند پاسخ باشد.

۳۸- گزینه ۳ درست است.

با توجه به جهت چرخش ذره در ناحیه (۲)، علامت الکتریکی ذره باردار منفی است و جهت چرخش ذره در ناحیه (۴) نیز ساعتگرد است. به کمک قاعده دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار با بار منفی در ناحیه (۱) به سمت چپ است، پس جهت نیروی الکتریکی باید به سمت راست باشد. با توجه به $\vec{F}_E = q\vec{E}$ ، جهت بردار \vec{E} به سمت چپ است.

۳۹- گزینه ۱ درست است.



با حرکت میله به سمت راست، مساحت حلقه بسته تغییر می‌کند. با توجه به زاویه 45° در رأس ریل‌ها، مساحت حلقه بسته به اندازه مساحت دوزنقه هاشور خورده تغییر می‌کند.

$$\Delta A = \frac{4+12}{2} \times 8 = 64 \text{ m}^2$$

برای آن که میله به انتهای ریل برسد به $\Delta t = \frac{8}{2} = 4 \text{ s}$ زمان نیاز دارد.

$$|\vec{E}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\vec{E}| = \left| \frac{B \Delta A}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\vec{E}| = \frac{0.6 \times 64}{4} = 9.6 \text{ V}$$

با توجه به افزایش مساحت و در نتیجه افزایش شار مغناطیسی عبوری، جریان القایی باید پادساعتگرد باشد تا با افزایش شار مخالفت کند.

۴۰- گزینه ۱ درست است.

سیم در امتداد محور X قرار دارد. در نتیجه تنها مؤلفه y میدان مغناطیسی که بر سیم عمود است بر آن نیرو وارد می‌کند:

$$F = ILB_y \rightarrow ma \rightarrow 5 \times 0.2 \times 12 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-3} \text{ a} \rightarrow a = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

۴۱- گزینه ۳ درست است.

تنها هنگامی که جریان عبوری از یک القاگر افزایش یابد، انرژی مغناطیسی درون میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

۴۲- گزینه ۳ درست است.

به کمک قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی خالص در نقاط a، b، c و d به ترتیب \odot ، \otimes ، \odot و \otimes است. به کمک قاعده دست راست و با توجه به مثبت بودن علامت بار، جهت \vec{F} تنها در محل نقطه (b) درست است.

۴۳- گزینه ۱ درست است.

در لحظه t_1 ، مقدار شار مانند لحظه $t = 0$ مثبت و در حال افزایش است. پس بنا به قانون لنز، جریان القایی باید با این افزایش شار مخالفت کند. جهت جریان القایی باید به گونه‌ای باشد تا میدان درون سو ایجاد کند. پس باید جریانی ساعتگرد ایجاد شود. از طرف دیگر:

$$\frac{\phi}{\phi_m} = \cos \theta \rightarrow \cos \theta = \frac{12}{15} = 0.8 \rightarrow \sin \theta = 0.6 = \frac{I}{I_m} \rightarrow I = 0.6 \times 25 = 15 \text{ mA}$$

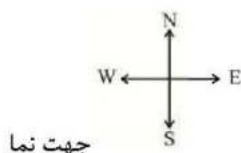
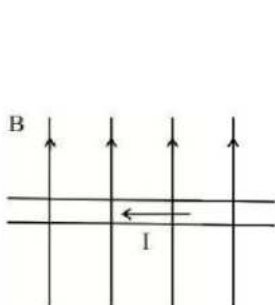
۴۴- گزینه ۳ درست است.

$$F = ILB \sin \theta$$

$$L = \frac{F}{IB \sin \theta} \rightarrow L = \frac{0.36}{2 \times 1500 \times 10^{-4} \times 0.6} = \frac{36 \times 10^{-3}}{1800 \times 10^{-4}} = \frac{36 \times 10^{-3}}{18 \times 10^{-2}}$$

$$\rightarrow L = 2 \times 10^{-1} = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

۴۵- گزینه ۴ درست است.



جهت نما

چون جهت جریان عمود بر میدان مغناطیسی است: $\sin \theta = 1$

$$\begin{cases} L = 15 \text{ m} \\ I = 6.4 \text{ A} \\ B = 400 \times 10^{-4} \text{ T} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} F &= ILB \\ F &= 6.4 \times 15 \times 400 \times 10^{-4} \\ F &= 38400 \times 10^{-4} \text{ N} = 3.84 \text{ N} \end{aligned}$$

۴۶- گزینه ۱ درست است.

$$\begin{cases} B = \frac{\mu_0 NI}{L} \\ N = ? \\ L = 0.5 \\ I = 3 \text{ A} \\ B = 720 \times 10^{-4} \text{ T} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} N &= \frac{BL}{\mu_0 I} \\ N &= \frac{720 \times 10^{-4} \times 0.5}{4 \times 10^{-7} \times 3} = \frac{360 \times 10^{-4}}{12 \times 10^{-7}} = 10 \times 10^3 \Rightarrow N = 10000 \end{aligned}$$

۴۷- گزینه ۲ درست است.

اطلاعات سوال

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 100 \\ A = 20 \times 10 \text{ m}^2 \\ B_y = 2 \times 10^{-1} \text{ T} \\ \Delta t = 2 \times 10^{-2} \text{ s} \\ B_x = 5 \times 10^{-1} \text{ T} \\ \theta = \frac{\pi}{2} \end{array} \right.$$

$$\phi_1 = B_1 A \cos \theta = 0,5 \times 20 \times 10^{-4} = 10 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\phi_2 = B_2 A \cos \theta = 0,2 \times 20 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \rightarrow \bar{\epsilon} = -100 \frac{(4-10) \times 10^{-4}}{0,02} = \frac{600 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = 300 \times 10^{-2} = 3 \text{ ولت}$$

۴۸. گزینه ۴ درست است.

$$\text{اطلاعات سوال} \begin{cases} I = 200 \text{ A} \\ U = 2,5 \text{ KWh} \\ L = ? \end{cases}$$

$$U = 2,5 \text{ kwh}$$

$$U = 2,5 \times 10^3 \text{ W} \times (3600 \text{ S}) = 9 \times 10^6 \text{ J}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \quad \text{از طرفی داریم:}$$

$$L = \frac{2U}{I^2} \rightarrow L = \frac{2 \times 9 \times 10^6 \text{ J}}{(200 \text{ A})^2} = \frac{18 \times 10^6 \text{ J}}{4 \times 10^4 \text{ A}^2}$$

$$L = 4,5 \times 10^2 \text{ H}$$

۴۹. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{cases} N = 400 = 4 \times 10^2 \\ L = 24 \text{ cm} = 24 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \\ B = 50 \times 10^{-4} \text{ T} \end{cases} \quad \begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 NI}{L} \\ I &= \frac{BL}{\mu_0 N} \rightarrow I = \frac{50 \times 10^{-4} \times 24 \times 10^{-2}}{4 \times 3 \times 10^{-7} \times 4 \times 10^2} \\ I &= \frac{1200 \times 10^{-6}}{48 \times 10^{-5}} = 25 \times 10^{-1} = 2,5 \text{ A} \end{aligned}$$

۵۰. گزینه ۴ درست است.

$$\begin{cases} U = 1/44 \times 10^5 \text{ J} \\ L = 1/8 \times 10^2 \text{ H} \rightarrow \\ I = ? \end{cases} \quad \begin{aligned} U &= \frac{1}{2} LI^2 \rightarrow I^2 = \frac{2U}{L} \\ I^2 &= \frac{2/88 \times 10^5}{1/8 \times 10^2} = 1/6 \times 10^3 = 1600 \\ I &= \sqrt{1600} = 40 \text{ A} \end{aligned}$$

۵۱. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{cases} m = 5 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ V = 2 \times 10^2 \text{ m/s} \\ g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \\ \theta = \frac{\pi}{2} \\ q = 20 \times 10^{-6} \text{ C} \\ \vec{B} = ? \end{cases} \quad \begin{cases} F = qVB \sin \theta \\ F = mg \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{شرط مسأله} \\ \Rightarrow mg = qVB \end{matrix}$$

$$B = \frac{mg}{qV} = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10}{20 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^2}$$

$$B = \frac{50 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-4}} = 125 \times 10^{-1} = 12.5 \text{ T}$$

۵۲. گزینه ۳ درست است

$$\begin{cases} N = 300 = 3 \times 10^2 \\ I = 3/2 \text{ A} \\ B = 80 \times 10^{-3} \text{ T} \\ \ell = ? \\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}} \\ \pi = 3/14 \end{cases}$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \rightarrow \ell = \frac{\mu_0 NI}{B}$$

$$\ell = \frac{12.56 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^2 \times 3/2}{8 \times 10^{-3}} = \frac{120.756 \times 10^{-5}}{8 \times 10^{-3}}$$

$$\ell = \frac{120 \times 10^{-5}}{8 \times 10^{-3}} = 15 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \ell = 15 \text{ cm}$$

۵۳- گزینه ۲ درست است.

$$F = |q| VB \sin \theta$$

$$V = \frac{F}{|q| B \sin \theta} = \frac{33/2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6} \times 240 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{33/2 \times 10^{-6}}{960 \times 10^{-10} \times \frac{1}{2}} = \frac{33/2 \times 10^{-6} \times 2}{9/6 \times 10^{-8}} = 6/9 \times 10^2 = 690 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۵۴. گزینه ۳ درست است.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

$$I = \frac{BL}{\mu_0 N} \rightarrow I = \frac{240 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^{-2}}{12/5 \times 10^{-7} \times 320}$$

$$I = \frac{1200 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} = 300 \times 10^{-2} = 3 \text{ A}$$

۵۵. گزینه ۱ درست است.

$$L = 4 \text{ m}$$

$$B = 600 \times 10^{-4} \pi$$

$$F = 6 \text{ N}$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$F = LIB \sin \theta$$

$$I = \frac{F}{LB \sin \theta}$$

$$I = \frac{6}{4 \times 600 \times 10^{-4} \times 1} = \frac{6}{2/4 \times 10^{-1}} \rightarrow I = 2/5 \times 10^1 = 25 \text{ A}$$

۵۶. گزینه ۱ درست است.

$$F = BLI \sin \alpha$$

$$F = 0/4 \times 2 \times 20 \sin 90^\circ = 16 \text{ N}$$

۵۷. گزینه ۴ درست است.

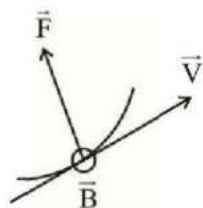
با توجه به اینکه آهنربای یک قطبی وجود ندارد خطوط از N شروع و به S پایان می گیرند.

۵۸. گزینه ۲ درست است.

خطوط میدان به قطب S وارد می شود پس A و C هر دو قطب S و با توجه به تراکم خطوط آهنربای (۱) ضعیفتر است.

۵۹. گزینه ۲ درست است.

۶۰. گزینه ۳ درست است.



$$F = qVB \sin \theta$$

$$0/8 = q \times 8 \times 10^6 \times 0/4 \times \sin 90^\circ$$

$$q = \frac{0/8}{8 \times 10^6 \times 0/4 \times 1} =$$

$$q = \frac{1 \times 10^{-1}}{4 \times 4 \times 10^4} = 0/25 \times 10^{-5}$$

$$q = 2/5 \times 10^{-6} \text{ C} = 2/5 \mu\text{C}$$

بار q مثبت طبق قانون دست راست

۶۱. گزینه ۴ درست است.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} = \frac{6}{1+1} = 3A$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 400 \times 3}{20 \times 10^{-2}} = 240\pi \times 10^{-5} T$$

۶۲. گزینه ۲ درست است.

۶۳. گزینه ۲ درست است.

مطابق قانون دست راست و با توجه به منفی بودن بار الکترون، جهت نیروی مغناطیسی به سمت چپ خواهد شد.

۶۴. گزینه ۲ درست است.

با کاهش مقاومت R_1 ، جریان افزایش می‌یابد. جهت جریان در مدار ۱ به گونه‌ای است که در سمت راست سیم‌لوله (۱) قطب S ایجاد می‌شود. و این قطب در حال تقویت شدن به دلیل افزایش جریان است. در سمت چپ سیم‌لوله (۲) جریان القایی در جهتی برقرار می‌شود که در سمت چپ این سیم‌لوله قطب S تشکیل می‌شود. از این رو جریان القایی در مقاومت R_2 از a به b، رو به افزایش خواهد بود.

۶۵. گزینه ۳ درست است.

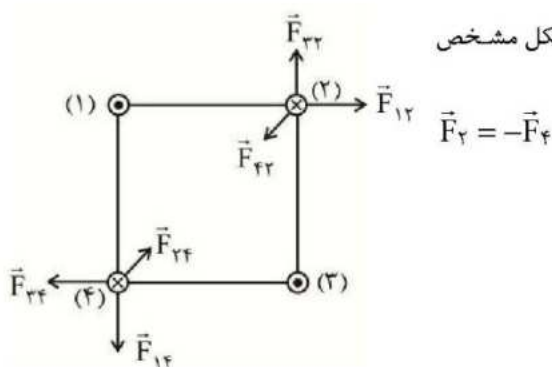
$$\mathcal{E} = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \left| -N \frac{A \cos\theta \Delta B}{\Delta t} \right| = \left| -400 \times \frac{50 \times 10^{-4} \times \cos 0 \times (-0.6 - 0.4)}{0.2} \right| = 100V$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{100}{20} = 5A$$

چون میدان مغناطیسی رو به بالا در حال کاهش است، به این ترتیب طبق قانون لنز جهت جریان القایی باید از p به q باشد.

۶۶- گزینه ۲ درست است.

نیروی وارد بر سیم‌های ۲، ۴ را رسم کرده‌ایم. همانطور که در شکل مشخص است نیروهای وارد بر سیم‌های (۲) و (۴) قرینه هم هستند.



۶۷. گزینه ۴ درست است.

$$\mathcal{E} = BLV = 2 \times 0.1 \times V$$

$$\mathcal{E} = IR = 3 \times 0.5 = 1.5$$

$$\rightarrow 0.2V = 1.5 \rightarrow 2V = 15 \rightarrow V = \frac{15}{2} = 7.5 \frac{m}{s}$$

B القایی درون سو است پس شار درون سوی میدان خارجی باید کاهش یابد. پس میله باید به سمت چپ رود تا مساحت حلقه کاهش یابد.



تست و پاسخ 1

سیم به طول 300 m را به صورت پیچ مسطح دایره‌ای شکل درآورده و آن را در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 8 T طوری قرار می‌دهیم که سطح پیچ عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد. اگر در مدت 24 s پیچ را بچرخانیم تا زاویه بین میدان با سطح پیچ 18° تغییر کند، در آن نیروی محرکه متوسط 100 V القا خواهد شد. پیچ دارای چند حلقه است؟ ($\pi \approx 3$)

۵۰۰ (۴)

۴۰۰ (۳)

۳۰۰ (۲)

۲۰۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

حواستون باشه یکی از اشتباهات متداول در حل این سؤال، این است که چون پیچ 18° نسبت به حالت اول چرخیده است، بزرگی $\Delta \cos \theta$ را برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود، در حالی که باید $|\cos 18^\circ - \cos 0| = 2$ در نظر گرفته شود.

خودت حل کنی بهتره ابتدا به کمک قانون القای فاراده، یک رابطه بین تعداد حلقه‌ها و شعاع پیچ به دست آورده، سپس با داشتن طول سیم به کاررفته که برابر با $L = N \times 2\pi r$ است. یک رابطه دیگر بین تعداد حلقه‌ها و شعاع پیچ به دست آورید و در نهایت به کمک دو رابطه به دست آمده، تعداد حلقه‌ها را محاسبه کنید.

درس نامه طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، اگر شار مغناطیسی‌ای که از یک مدار بسته می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود؛ برای پیچ یا سیم‌لوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد، بزرگی نیروی محرکه القایی با تعداد حلقه‌ها و آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

تغییر شار مغناطیسی \rightarrow ایجاد نیروی محرکه القایی \rightarrow ایجاد جریان القایی

$$\begin{aligned} \bar{\mathcal{E}}_{\text{القایی}} &= -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{آهنگ تغییر شار مغناطیسی (Wb/s)} \\ \bar{I}_{\text{القایی}} &= \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{جریان القایی متوسط (A)} \\ \bar{I} &= \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \quad \text{نیروی محرکه القایی متوسط (V)} \end{aligned}$$

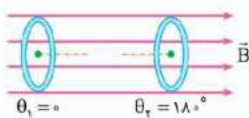
تذکر علامت منفی در رابطه نیروی محرکه القایی، مربوط به قانون لنز و جهت جریان القایی بوده و ارتباطی با مقدار $\bar{\mathcal{E}}$ و \bar{I} ندارد.

عوامل به وجودآورنده القای الکترومغناطیسی

طبق رابطه $\Phi = AB \cos \theta$ ، هر عاملی که باعث تغییر شار مغناطیسی شود، سبب ایجاد نیروی محرکه و جریان القایی می‌شود.

$$\begin{aligned} (1) \quad \text{تغییر میدان مغناطیسی } (\Delta B) \quad & \bar{\mathcal{E}} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow \text{آهنگ متوسط تغییر میدان مغناطیسی (T/s)} \\ & \bar{I} = -\frac{N}{R} A \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ (2) \quad \text{تغییر مساحت } (\Delta A) \quad & \bar{\mathcal{E}} = -NB \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} \rightarrow \text{آهنگ متوسط تغییر مساحت (m}^2/\text{s)} \\ & \bar{I} = -\frac{N}{R} B \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} \\ (3) \quad \text{تغییر زاویه بین بردار عمود بر سطح و بردار میدان مغناطیسی } (\Delta \cos \theta) \quad & \bar{\mathcal{E}} = -NBA \frac{\Delta \cos \theta}{\Delta t} \rightarrow \cos \theta_1 - \cos \theta_2 \\ & \bar{I} = -\frac{N}{R} BA \frac{\Delta \cos \theta}{\Delta t} \end{aligned}$$

پاسخ تشریحی با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:



$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{A \text{ و } B \text{ ثابت}} \bar{\mathcal{E}} = -NAB \frac{\Delta \cos \theta}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta \cos \theta = \cos 18^\circ - \cos 0^\circ = -1 - 1 = -2}{A = \pi r^2 = 2\pi \text{ m}^2, B = 8 \text{ T}, \bar{\mathcal{E}} = 100 \text{ V}, \Delta t = 24 \text{ s}} \rightarrow 100 = -N \times 2\pi \times 8 \times \frac{-2}{24} = 20N \Rightarrow N = 5 \quad (I)$$

از طرفی با داشتن طول سیم به کاررفته در پیچه و مقطع دایره‌ای پیچه، داریم:

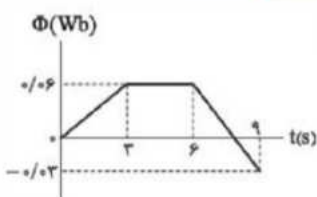
$$L = N \times 2\pi r \xrightarrow{L=300m, \pi=3} 300 = 6Nr \Rightarrow Nr = 50 \text{ (II)}$$

در نهایت با تقسیم رابطه (I) بر رابطه (II)، داریم: $N = 500$

$$\xrightarrow{\frac{(I)}{(II)}} \frac{Nr^2}{Nr} = \frac{5}{50} \Rightarrow r = 0.1m \xrightarrow{Nr=50} N \times 0.1 = 50 \Rightarrow N = 500$$

تست و پاسخ 2

نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان، مطابق شکل زیر است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در بازه زمانی ۲ تا ۷ ثانیه چند میلی‌ولت است؟



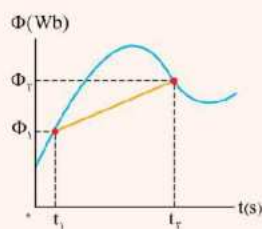
بزرگی شیب خط واصل
دو نقطه از نمودار $\Phi - t$

- (۱) ۰/۰۰۲
(۲) ۲
(۳) ۰/۰۰۴
(۴) ۴

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره برای پاسخ به این سؤال، باید به خوبی با مفهوم شیب خط آشنا باشید تا بتوانید شار مغناطیسی را در لحظات ۲s و ۷s به دست آورید. این سؤال با کنکور ریاضی خارج کشور ۱۳۸۸ تشابه مفهومی دارد.

خودت حل کنی بهتره ابتدا با توجه به نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان، شار مغناطیسی را در لحظات ۲s و ۷s به دست آورده سپس به کمک قانون القای فاراده با داشتن شار مغناطیسی در دو لحظه، نیروی محرکه القایی متوسط را به دست آورید.



درس نامه بررسی رابطه Φ و \mathcal{E} از روی نمودار

شیب خط واصل دو نقطه از نمودار $\Phi - t$ ، نشان‌دهنده آهنگ تغییر شار $(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$ است:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -N \times (\text{شیب خط واصل دو نقطه نمودار } \Phi - t)$$

علامت منفی در رابطه بالا به این معناست که: اگر نمودار $\Phi - t$ به صورت صعودی باشد (شار در حال افزایش باشد)، نیروی محرکه القایی متوسط منفی ($\bar{\mathcal{E}} < 0$) و اگر نمودار $\Phi - t$ به صورت نزولی باشد (شار در حال کاهش باشد)، نیروی محرکه القایی متوسط مثبت ($\bar{\mathcal{E}} > 0$) می‌شود.

نکته اگر نمودار $\Phi - t$ به صورت خطی باشد، معادله خط آن به صورت $\Phi = -\frac{\bar{\mathcal{E}}}{N}t + \Phi_0$ است.

درس نامه تست ۱۰۳ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی روش اول:

گام اول: ابتدا با توجه به نمودار $\Phi - t$ ، شار مغناطیسی را در لحظات $t_1 = 2s$ و $t_2 = 7s$ به دست می‌آوریم (باید معادله $\Phi - t$ را در ۳ بازه زمانی (۰-۳s)، (۳-۶s) و (۶-۹s) به دست آوریم):

$$\begin{cases} (0-3s): \Phi = (\frac{0.06-0}{3-0})t + 0 = 0.02t \\ (3-6s): \Phi = 0.06 \\ (6-9s): \Phi = (\frac{-0.03-0.06}{9-6})t + 0.24 = -0.03t + 0.24 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 2s: \Phi_1 = 0.02 \times 2 = 0.04 \text{ Wb} \\ t_2 = 7s: \Phi_2 = -0.03 \times 7 + 0.24 = 0.03 \text{ Wb} \end{cases}$$

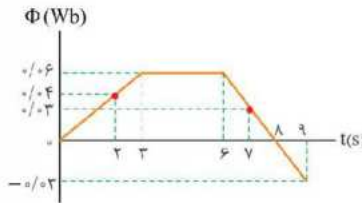
گام دوم: با داشتن شار مغناطیسی در دو لحظه $t_1 = 2s$ و $t_2 = 7s$ ، نیروی محرکه القایی متوسط را در این بازه زمانی به دست می‌آوریم:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1, \Delta\Phi=\Phi_2-\Phi_1} \bar{\mathcal{E}} = -1 \times (\frac{0.03-0.04}{7-2}) \Rightarrow \mathcal{E} = -1 \times (\frac{-0.01}{5}) \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = 0.002 \text{ V} = 2 \text{ mV}$$

توجه: عرض از مبدأ نمودار در بازه زمانی $(6s - 9s)$ ، با امتداد دادن نمودار و نوشتن نسبت تشابه، به دست آمده است.

$$\frac{(9-6)s}{(9-0)s} = \frac{(-0.03 - 0.06) \text{ Wb}}{(-0.03 - \Phi_0) \text{ Wb}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{-0.09}{-0.03 - \Phi_0} \Rightarrow \Phi_0 = 0.24 \text{ Wb}$$

روش دوم: با توجه به رابطه تالی در هندسه و استفاده از تناسب، شکل نمودار را کامل می‌کنیم:



$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{0.03 - 0.06}{7 - 2} = \frac{0.03}{5} = 0.006 \text{ V} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 2 \text{ mV}$$

3 تست و پاسخ

پیچه مسطحی با مقاومت الکتریکی 2Ω در میدان مغناطیسی یکنواختی در حال چرخش است و رابطه‌های تغییرات شار عبوری و جریانی القایی در پیچه در SI به ترتیب $\Phi = 0.06 \cos \theta$ و $I = 3 \sin \theta$ است. در لحظه‌ای که شار عبوری از پیچه 0.02 Wb باشد، اندازه نیروی محرکه القایی چند ولت است؟ (θ زاویه بین خط عمود بر سطح پیچه و خطوط میدان است.)

$$0.02 = 0.06 \cos \theta$$

$$2\sqrt{2} \quad (2)$$

$$\sqrt{2} \quad (1)$$

$$6\sqrt{2} \quad (4)$$

$$4\sqrt{2} \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره: دانش مثلثات در حل چنین سؤالاتی بسیار مهم است. شما باید بتوانید از روی $\cos \theta$ ، $|\sin \theta|$ را به دست آورید. این مدل سؤال که به جای زمان، زاویه θ داده شده تا به حال در کنکور مطرح نشده و نسبتاً جدید است.

خودت حل کنی بهتره: ابتدا به کمک رابطه شار مغناطیسی، در لحظه مورد نظر $\cos \theta$ را به دست آورده، سپس به کمک $\cos \theta$ ، $|\sin \theta|$ را به دست آورید و از روی آن جریان الکتریکی را محاسبه کنید. در نهایت با داشتن جریان الکتریکی و مقاومت، به کمک قانون اهم، بزرگی نیروی محرکه القایی را به دست آورید.

درس نامه ۱۱: شار مغناطیسی: مجموعه خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح می‌گذرند، شار مغناطیسی نام دارد. شار مغناطیسی کمیتی نرده‌ای است و برای میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} که از مدار بسته‌ای (مثلاً یک حلقه) به مساحت A می‌گذرد، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Phi = AB \cos \theta$$

$$\Phi = \text{شار مغناطیسی (Wb)}$$

$$A = \text{مساحت سطح مدار بسته (m}^2\text{)}$$

$$B = \text{اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت (T)}$$

$$\theta = \text{زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه}$$

$$(2) \text{ جریان القایی در مداری به مقاومت } R \text{ از رابطه زیر به دست می‌آید:}$$

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

$$R = \text{مقاومت مدار } (\Omega)$$

$$\varepsilon = \text{نیروی محرکه القایی (V)}$$

$$I = \text{جریان القایی (A)}$$

پاسخ تشریحی: گام اول: ابتدا به کمک رابطه شار مغناطیسی، در لحظه مورد نظر، $\cos \theta$ را به دست می‌آوریم:

$$\Phi = 0.06 \cos \theta \xrightarrow{\Phi = 0.02 \text{ Wb}} 0.02 = 0.06 \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{3}$$

گام دوم: با داشتن $\cos \theta$ و به کمک نسبت‌های مثلثاتی، $\sin \theta$ را به دست آورده و سپس جریان الکتریکی را در لحظه مورد نظر به دست می‌آوریم:

تذکر نیازی نداریم مستقیماً زاویه θ را به دست آوریم.

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \xrightarrow{\cos \theta = \frac{1}{3}} \sin^2 \theta + \frac{1}{9} = 1 \Rightarrow \sin^2 \theta = \frac{8}{9} \Rightarrow |\sin \theta| = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$I = 3 \sin \theta \Rightarrow |I| = 3 |\sin \theta| \xrightarrow{|\sin \theta| = \frac{2\sqrt{2}}{3}} |I| = 3 \times \frac{2\sqrt{2}}{3} = 2\sqrt{2} \text{ A}$$

گام سوم: با داشتن بزرگی جریان القایی و مقاومت، به کمک قانون اهم، بزرگی نیروی محرکه القایی را به دست می آوریم:

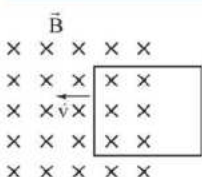
$$|\varepsilon| = R |I| \xrightarrow{\frac{|I| = 2\sqrt{2} \text{ A}}{R = 2 \Omega}} |\varepsilon| = 2 \times 2\sqrt{2} = 4\sqrt{2} \text{ V}$$

4 تست و پاسخ

آهنگ تغییر شار مغناطیسی هنگام ورود حلقه، ثابت است.

افزایش شار مغناطیسی گذرنده از حلقه

در شکل زیر، یک حلقهٔ رسانای مستطیل شکل که مقاومت الکتریکی آن 6Ω است، با تندی ثابت وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت می شود به طوری که جریان القایی متوسط در آن 20 A است. در هنگام ورود حلقه به میدان، جریان الکتریکی القایی در کدام جهت است و شار مغناطیسی در هر میلی ثانیه چند وبر افزایش می یابد؟



10^{-3} s

(۳) ساعتگرد، $0/12$

(۴) پادساعتگرد، $0/12$

(۱) ساعتگرد، 120

(۳) پادساعتگرد، 120

پاسخ: گزینه ۳

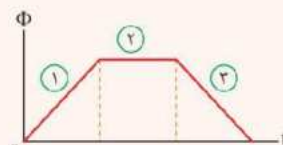
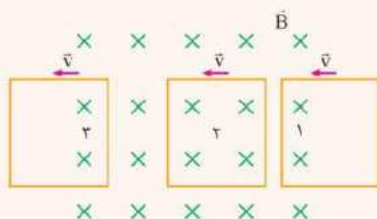
مشاوره در پاسخ گویی به این سؤال حتماً حواستان به این باشد که تغییر شار در یک میلی ثانیه مدنظر است (نه 1 s)؛ به همین منظور **۳** به عنوان دام تستی مطرح شده است. این سؤال با کنکور تجربی داخل کشور ۹۲ و تجربی داخل کشور ۱۴۰۰ تشابه مفهومی دارد.

خودت حل کنی بهتره ابتدا با داشتن جریان القایی متوسط و مقاومت حلقه، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را به دست آورید؛ سپس به کمک قانون القای فاراده، بزرگی آهنگ تغییر شار مغناطیسی گذرنده از قاب را به دست آورید. از طرفی به کمک قانون لنز جهت جریان القایی در قاب را به دست آورید.

درس نامه •• تغییر شار مغناطیسی و قانون لنز

وقتی یک حلقهٔ رسانای مستطیل شکل با تندی ثابت، مطابق شکل زیر از میدان مغناطیسی یکنواختی می گذرد، حرکت آن را در سه مرحله بررسی می کنیم:

- (۱) بخشی از حلقه وارد میدان مغناطیسی شده و مساحت این بخش رو به افزایش است؛ یعنی شار مغناطیسی در حال افزایش است.
- (۲) تمام حلقه درون میدان مغناطیسی است. در این حالت شار مغناطیسی ثابت می ماند.
- (۳) حلقه در حال خروج از میدان مغناطیسی است و مساحت بخشی از حلقه که داخل میدان مغناطیسی است رو به کاهش است؛ یعنی شار مغناطیسی در حال کاهش است.



$\otimes \vec{B}$ نماد میدان مغناطیسی درون سو (عمود بر صفحه و به طرف داخل)

$\odot \vec{B}$ نماد میدان مغناطیسی برون سو (عمود بر صفحه و به طرف خارج)

قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچ در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می کند.

● علامت منفی در رابطه قانون فاراده، نشان دهنده همین مخالفت است.

● از قانون لنز برای تعیین جهت جریان القایی استفاده می شود.

الف) وقتی شار افزایشی است:

میدان القایی (ثانویه) در جهت مخالف میدان اصلی (اولیه) است تا از این راه با افزایش شار مخالفت کند. $\leftarrow B$ اصلی $\rightarrow B'$ القایی

ب) وقتی شار کاهش می یابد:

میدان القایی (ثانویه) هم جهت با میدان اصلی (اولیه) است تا از این راه با کاهش شار مخالفت کند. $\leftarrow B$ اصلی $\leftarrow B'$ القایی

● درسنامه تست ۱۰۴ را مطالعه کنید.

پاسخ تشریحی

گام اول: ابتدا با داشتن جریان القایی متوسط و مقاومت حلقه، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را به دست می آوریم:

$$|\mathcal{E}| = RI \Rightarrow |\mathcal{E}| = 6 \times 20 = 120 \text{ V}$$

گام دوم: با داشتن بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط و تعداد حلقه، بزرگی آهنگ تغییر شار مغناطیسی گذرنده از قاب را به دست می آوریم:

$$|\mathcal{E}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{N=1, |\mathcal{E}|=120 \text{ V}} 120 = 1 \times \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 120 \text{ Wb/s}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}} \Delta \Phi = 120 \Delta t = 120 \times 10^{-3} = 0.12 \text{ Wb}$$

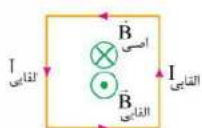
گام سوم: به کمک قانون لنز، جهت جریان القایی در حلقه را به دست می آوریم:

از لحظه ورود حلقه به میدان مغناطیسی تا قبل از ورود کامل حلقه، مساحت بخشی از حلقه که داخل میدان مغناطیسی قرار دارد، در حال افزایش

است ($\Delta A > 0$)؛ در نتیجه شار مغناطیسی گذرنده از حلقه در حال افزایش ($\Delta \Phi > 0$) بوده و طبق قانون لنز در

این شرایط، جهت میدان مغناطیسی القایی مخالف جهت میدان مغناطیسی اصلی است، یعنی باید برون سو باشد.

بنابراین طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی باید به صورت پادساعتگرد باشد.

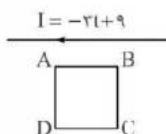


تست و پاسخ 5

مطابق شکل، حلقه رسانای ABCD مجاور سیم راست بلندی قرار دارد که حامل جریان متغیر با معادله $I = -3t + 9$ (جریان بر حسب آمپر و

زمان بر حسب ثانیه) است. اگر در لحظه $t = 0$ جریان در سیم راست به سمت چپ باشد، در بازه زمانی 2 s تا 4 s جهت جریان القایی در حلقه

کدام است؟ (سیم و حلقه در یک صفحه قرار دارند.)



جریان مثبت یعنی به سمت چپ و جریان منفی یعنی به سمت راست

میدان مغناطیسی ناشی از سیم در محل حلقه در ابتدا به صورت برون سو است.

(۱) همواره پادساعتگرد

(۲) ابتدا ساعتگرد و سپس پادساعتگرد

(۳) همواره ساعتگرد

(۴) ابتدا پادساعتگرد و سپس ساعتگرد

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این سؤال بسیار زیرکانه اطلاعات شمارا در زمینه قانون لنز به چالش می کشد و تحلیل آن بسیار سودمند است. از طرفی ۴ دام

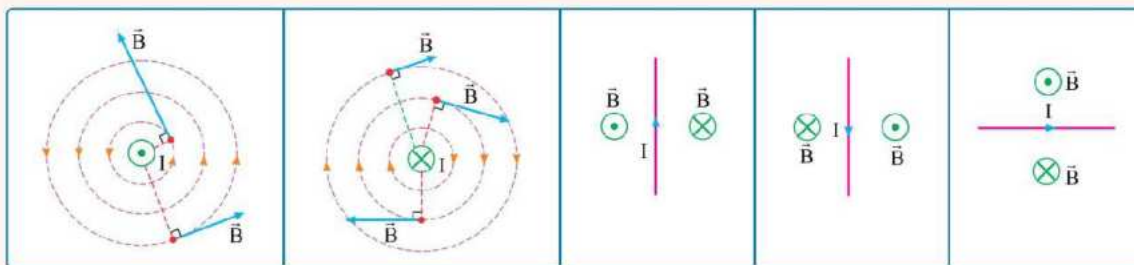
تستی است برای آن هایی که تا قبل از تغییر جهت جریان اصلی جهت جریان القایی را به دست آورده اند و بعد از آن به اشتباه فکر کرده اند که جهت جریان القایی نیز با تغییر جهت جریان اصلی تغییر می کند. این تست یک سؤال بکروچید است و در کنکورهای اخیر دیده نشده است.

خودت حل کنی بهتره ابتدا با توجه به معادله $I = -3t + 9$ نمودار $I - t$ را رسم کنید؛ سپس با توجه به تغییر جریان I تغییر میدان و تغییر شار

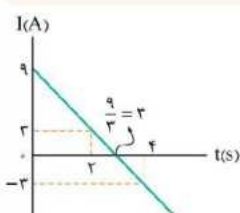
مغناطیسی گذرنده از حلقه را تعیین کرده و به کمک قانون لنز، جهت جریان القایی در حلقه را به دست آورید.

درسنامه •• قاعدة دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان

• اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم، جهت چرخش چهار انگشت، جهت میدان مغناطیسی را در اطراف سیم مشخص می‌کند.



نکته بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان با بزرگی جریان الکتریکی متناسب و با فاصله از سیم، رابطه معکوس دارد. • درسنامه تست ۱۰۶ مطالعه شود.



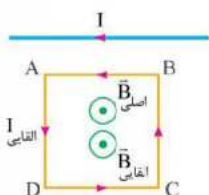
گام اول: با توجه به معادله $I - t$ ، نمودار $I - t$ را رسم می‌کنیم؛ داریم:

$$I = -3t + 9$$

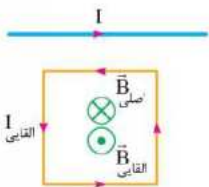
عرض از مبدأ شیب

$$\begin{cases} I_{rs} = -3(2) + 9 = 3 \text{ A} \\ I_{fs} = -3(4) + 9 = -3 \text{ A} \end{cases}$$

گام دوم: با توجه به نمودار $I - t$ درمی‌یابیم که در بازه زمانی ۲ s تا ۳ s بزرگی جریان الکتریکی به سمت چپ ($I > 0$) و مقدار آن در حال کاهش و در بازه زمانی ۳ s تا ۴ s جریان الکتریکی به سمت راست ($I < 0$) و مقدار آن در حال افزایش است. حال باید به کمک قانون لنز جهت جریان القایی در حلقه را به دست آوریم:



بازه زمانی ۲ s تا ۳ s: کاهش جریان الکتریکی سیم ← کاهش بزرگی میدان مغناطیسی اصلی (طبق قاعدة دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان که از داخل حلقه می‌گذرد، برون‌سو است).
 ← کاهش شار مغناطیسی گذرنده از حلقه ← طبق قانون لنز جهت میدان مغناطیسی القایی هم‌جهت با میدان مغناطیسی اصلی است. ← جهت میدان مغناطیسی القایی نیز برون‌سو است. ← طبق قاعدة دست راست، جهت جریان القایی در حلقه به صورت پادساعتگرد است.



بازه زمانی ۳ s تا ۴ s: افزایش جریان الکتریکی سیم ← افزایش بزرگی میدان مغناطیسی اصلی ناشی از سیم راست حامل جریان (میدان درون‌سو) ← افزایش شار مغناطیسی گذرنده از حلقه ← طبق قانون لنز جهت میدان القایی مخالف جهت میدان اصلی (درون‌سو) است ← جهت میدان القایی برون‌سو است ← جهت جریان القایی پادساعتگرد است.

بنابراین در بازه ۲ s تا ۴ s جریان القایی همواره پادساعتگرد است.

تست و پاسخ 6

یکای ضریب القاوری

یکای شار مغناطیسی

کدام رابطه بین یکاهای «وبر» و «هانری» درست است؟

$$\frac{\text{ولت}}{\text{هانری}} = \frac{\text{وبر}}{\text{هانری}}$$

$$\frac{\text{ولت}}{\text{وبر}} = \frac{\text{هانری}}{\text{وبر}}$$

$$\frac{\text{آمپر}}{\text{هانری}} = \frac{\text{وبر}}{\text{هانری}}$$

$$\frac{\text{آمپر}}{\text{وبر}} = \frac{\text{هانری}}{\text{وبر}}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره این سؤال یک تست به ظاهر ساده است، ولی برای پاسخ‌گویی به آن باید کاملاً بر روابط الکتریسیته و مغناطیس تسلط داشته باشید. در کنکور ریاضی داخل ۸۲ ارتباط یکای وبر با آمپر و در کنکور تجربی داخل ۱۴۰۱ یکای تسلا برحسب یکاهای اصلی پرسیده شده است؛ بنابراین از این سبک سؤال، نباید غافل شوید.

خودت حل کنی بهتره به کمک روابط $U = \frac{1}{2} LI^2$ و $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، $q = I \cdot t$ ، $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ، ارتباط بین یکای وبر و هائری را به دست آورید.

درس نامه انرژی ذخیره شده در یک القاگر (سیم لوله) از رابطه $U = \frac{1}{2} LI^2$ به دست می آید.

$$(A) = I \text{ جریانی الکتریکی} \quad (H) = L \text{ ضریب القاوری} \quad (J) = U \text{ انرژی}$$

از طرفی انرژی مصرفی در یک مقاومت الکتریکی از رابطه $U = qV = ItV$ به دست می آید.

$$q = \text{بار الکتریکی (C)} \quad t = \text{زمان (s)}$$

درس نامه تست ۱۰۳ نیز مطالعه شود.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V = \frac{J}{C} \quad (I)$$

پاسخ تشریحی با توجه به رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی، داریم:

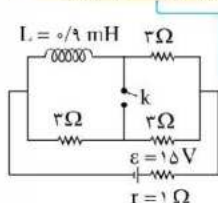
از طرفی طبق قانون القای فاراده، داریم:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{W_b}{s} \quad (II) \xrightarrow{(I), (II)} \frac{W_b}{s} = \frac{J}{C} \Rightarrow W_b = \frac{J \cdot s}{C} \xrightarrow{C = A \cdot s} W_b = \frac{J \cdot s}{A \cdot s} = \frac{J}{A} \quad (III)$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow J = H \cdot A^2 \Rightarrow \frac{J}{A} = H \cdot A \xrightarrow{(III)} W_b = H \cdot A \Rightarrow A = \frac{W_b}{H} \quad \text{داریم: } U = \frac{1}{2} LI^2$$

تست و پاسخ 7

در مدار شکل زیر، با وصل کردن کلید k، انرژی ذخیره شده در القاگر آرمانی چه قدر و چگونه تغییر خواهد کرد؟ (مقاومت الکتریکی القاگر ناچیز است).



وقتی با مقاومت ۳ Ω موازی شود مقاومت ۳ Ω اتصال کوتاه شده و حذف می شود.

(۱) ۵ mJ کاهش می یابد.

(۲) ۱۱/۲ mJ افزایش می یابد.

(۳) ۱۶/۲ mJ کاهش می یابد.

(۴) ۹/۵ mJ افزایش می یابد.

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره این سوال یک تست ترکیبی از مدار و القاگر است که پاسخ گویی به آن تسلط بر مفاهیم مدار را هم احتیاج دارد. قرار گرفتن القاگر در مدار، در کنکورهای تجربی داخل کشور ۹۹ و ریاضی داخل کشور ۸۸ آمده است.

خودت حل کنی بهتره ابتدا جریان گذرنده از القاگر و انرژی ذخیره شده در آن را در شرایط کلید باز و سپس در شرایط کلید بسته به دست آورده و در نهایت اختلاف انرژی ذخیره شده در القاگر را در دو حالت به دست آورید.

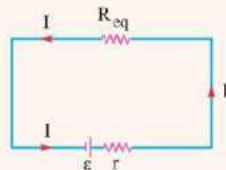
درس نامه ترکیب مقاومت ها و جریان در مدار تک حلقه

نکات ۱) برای دو مقاومت متوالی (سری) R_1 و R_2 داریم:

برای دو مقاومت موازی R_1 و R_2 داریم:

$$R_{1,2} = R_1 + R_2$$

$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



$$I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r}$$

۲) در مدار شکل مقابل داریم:

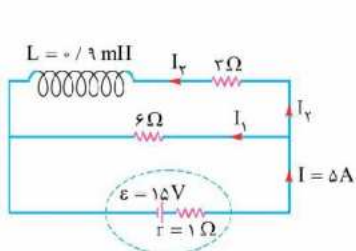
$I = \text{جریانی الکتریکی (A)} \quad \epsilon = \text{نیروی محرکه مولد (V)} \quad R_{eq} = \text{معادل مقاومت های خارجی مدار (Ω)} \quad r = \text{مقاومت درونی مولد (Ω)}$

درس نامه تست ۱۰۸ مطالعه شود.

پاسخ تشریحی گام اول: ابتدا جریان الکتریکی گذرنده از القاگر و انرژی ذخیره شده در آن در شرایط کلید باز را به دست می آوریم:

$$R_{eq} = \frac{\overbrace{(3+3) \times 3}^{\text{سری}}}{\underbrace{(3+3)+3}_{\text{سری}}} = 2 \Omega \quad (I) \quad I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{(I)} I = \frac{15}{2+1} = 5 \text{ A}$$

با توجه به این که القاگر در شاخه بالا قرار دارد، از روی تقسیم جریان با نسبت معکوس مقاومت های موازی، جریان گذرنده از القاگر را به دست می آوریم:

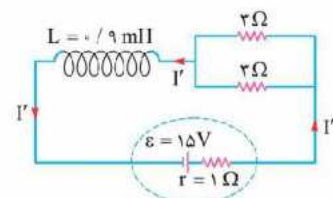


$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{6}{3} = 2$$

$$I_1 + I_2 = I \xrightarrow{I_2 = 2I_1} 3I_1 = 5 \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{5}{3} \text{ A} \\ I_2 = \frac{10}{3} \text{ A} \end{cases}$$

$$U = \frac{1}{2} L I_2^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 0.9 \times 10^{-3} \times \left(\frac{10}{3}\right)^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ J} = 5 \text{ mJ}$$

گام دوم: جریان گذرنده از القاگر و انرژی ذخیره شده در آن را در شرایطی که کلید k بسته است، به دست می آوریم (در این حالت مقاومت ۳ اهمی موازی با القاگر، اتصال کوتاه شده و حذف می شود):



$$R'_{eq} = \frac{3}{2} = 1.5 \Omega \quad (II)$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \xrightarrow{(II)} I' = \frac{15}{1.5+1} = \frac{15}{2.5} = 6 \text{ A}$$

$$U' = \frac{1}{2} L I'^2 \Rightarrow U' = \frac{1}{2} \times 0.9 \times 10^{-3} \times (6)^2 = 16.2 \times 10^{-3} \text{ J} = 16.2 \text{ mJ}$$

گام سوم: اختلاف انرژی ذخیره شده در القاگر در دو حالت را به دست می آوریم:

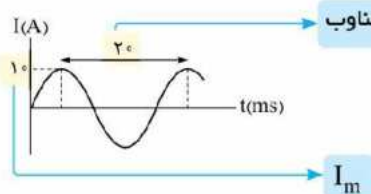
$$U' - U = 16.2 - 5 = 11.2 \text{ mJ}$$

بنابراین با بستن کلید k، انرژی ذخیره شده در القاگر، ۱۱/۲ mJ افزایش می یابد.

8 تست و پاسخ

شکل زیر، نمودار جریان متناوبی بر حسب زمان را نشان می دهد که از یک رسانای ۵ اهمی می گذرد. در لحظه $t = \frac{1}{400} \text{ s}$ اندازه اختلاف

پتانسیل دو سر این رسانا چند ولت است؟



۵۰ (۱)

$25\sqrt{2}$ (۲)

$50\sqrt{2}$ (۳)

۲۵ (۴)

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره برای پاسخ گویی به این سؤال باید نمودار جریان متناوب سینوسی را به خوبی بشناسید. این سؤال با کنکور ریاضی داخل

کشور ۹۹ تشابه مفهومی دارد.

خودت حل کنی بهتره ابتدا با توجه به نمودار جریان متناوب بر حسب زمان، معادله $I-t$ را بنویسید، سپس جریان الکتریکی در لحظه

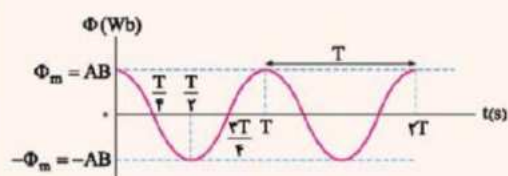
$t = \frac{1}{400} \text{ s}$ را به دست آورده و در نهایت به کمک قانون اهم، اختلاف پتانسیل دو سر رسانای ۵ اهمی را در لحظه $\frac{1}{400} \text{ s}$ محاسبه کنید.

درس نامه

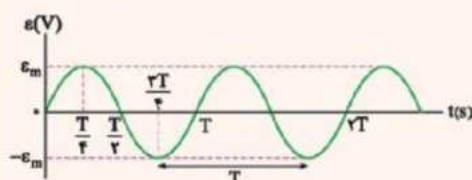
جریان متناوب (ac): جریانی است که مقدار و جهت آن ثابت نبوده و با گذشت زمان تغییر می کند.

جریان متناوب سینوسی متداول ترین نوع جریان متناوب است.

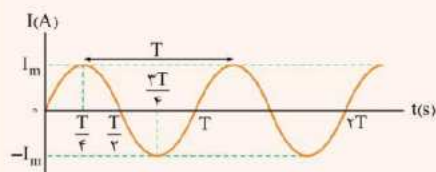
روابط و نمودارهای جریان متناوب:



$$\Phi = AB \cos\left(\frac{\pi}{T} t\right)$$



$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\left(\frac{\pi}{T} t\right)$$



$$I = I_m \sin\left(\frac{\pi}{T} t\right)$$

$$\downarrow$$

$$\frac{\varepsilon_m}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

V = اختلاف پتانسیل (V)

R = مقاومت الکتریکی (Ω)

همچنین با توجه به قانون اهم داریم:

پاسخ تشریحی **گام اول:** ابتدا با توجه به نمودار جریان متناوب بر حسب زمان، معادله $I - t$ را به دست می آوریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{\pi}{T} t\right) \xrightarrow{T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}} I = 1 \sin\left(\frac{\pi}{0.02} t\right) \Rightarrow I = 1 \sin 50\pi t$$

گام دوم: لحظه $t = \frac{1}{50} \text{ s}$ را در معادله $I - t$ جای گذاری کرده و جریان الکتریکی را در آن لحظه به دست می آوریم:

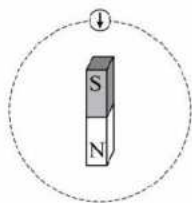
$$I = 1 \sin 50\pi t \xrightarrow{t = \frac{1}{50} \text{ s}} I = 1 \sin\left(50\pi \times \frac{1}{50}\right) = 1 \sin \pi \xrightarrow{\sin \frac{\pi}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}} I = 1 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ A}$$

گام سوم: طبق قانون اهم، با داشتن مقاومت و جریان الکتریکی، اختلاف پتانسیل دو سر رسانای Δ اهمی را در لحظه $t = \frac{1}{50} \text{ s}$ به دست می آوریم:

$$V = RI \xrightarrow{R = \Delta \Omega, I = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ A}} V = \Delta \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\Delta \sqrt{2}}{2} \text{ V}$$

تست و پاسخ 9

یک آهنربا و یک عقربه مغناطیسی مطابق شکل مقابل، روی یک میز قرار دارند. اگر عقربه مغناطیسی را به آرامی بر روی مسیر دایره‌ای نشان داده شده در شکل در جهت ساعتگرد یک دور کامل بچرخانیم، عقربه مغناطیسی آن چند درجه و در چه جهتی می‌چرخد؟



- (۲) ۷۲۰° ، ساعتگرد
(۴) ۷۲۰° ، پادساعتگرد

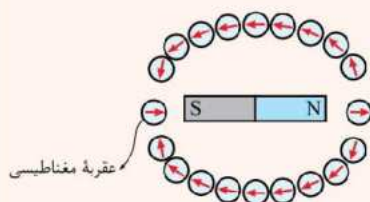
- (۱) ۳۶۰° ، ساعتگرد
(۳) ۳۶۰° ، پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۲

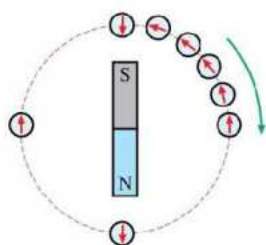
مشاوره این تست بر اساس یکی از فعالیت‌های کتاب درسی و مشابه کنکور ۹۶ رشته ریاضی طراحی شده که در این جا، جهت حرکت عقربه قطب‌نما نیز به آن اضافه شده است.

خودت حل کنی بهتره کافی است روی دایره خط‌چین، یک‌چهارم دور از حرکت قطب‌نما را بررسی کنید؛ سپس آن را به کل دایره، گسترش دهید.

درس نامه •• میدان مغناطیسی، به خاصیتی که در اطراف یک آهنربا ایجاد می‌شود و به موجب آن، به آهنرباهای دیگر نیرو وارد می‌کند، میدان مغناطیسی می‌گوییم.



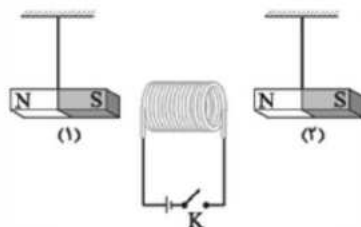
عقربه مغناطیسی (جهت‌سنج مغناطیسی): عقربه مغناطیسی، یک آهنربای بسیار کوچک و سبک است که می‌تواند آزادانه بچرخد که برای تعیین جهت میدان مغناطیسی به کار می‌رود. جهت میدان مغناطیسی: بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه، هم‌راستای عقربه مغناطیسی‌ای است که در آن نقطه به حال تعادل درآمده باشد و جهت N عقربه مغناطیسی، جهت میدان را نشان می‌دهد.



پاسخ تشریحی همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، در هر یک‌چهارم دور از مسیر دایره‌ای که عقربه مغناطیسی به صورت ساعتگرد حرکت می‌کند، عقربه آن ۱۸° و به صورت ساعتگرد می‌چرخد. پس در مجموع، وقتی قطب‌نما یک دور کامل روی دایره خط‌چین بچرخد، عقربه آن ۷۲° و در جهت ساعتگرد می‌چرخد.
 $۴ \times ۱۸^\circ = ۷۲^\circ$

تست و پاسخ 10

در شکل مقابل پس از وصل کلید K، آهنرباهای میله‌ای (۱) و (۲) به ترتیب به کدام سمت منحرف می‌شوند؟



جریان الکتریکی در سیم‌لوله برقرار شده و میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

- (۱) راست، راست
(۲) چپ، چپ
(۳) چپ، راست
(۴) راست، چپ

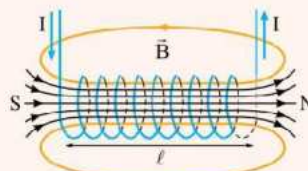
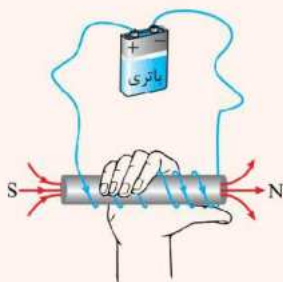
پاسخ: گزینه ۴

مشاوره این تست بر اساس یکی از پرسش‌های کتاب درسی طراحی شده که یک آهنربای میله‌ای دیگر نیز به آن اضافه شده است. برای پاسخ‌گویی به این نوع تست‌ها، زمان زیادی صرف نمی‌شود زیرا محاسبات عددی ندارند.

خودت حل کنی بهتره با توجه به جهت جریان الکتریکی درون سیم‌لوله، جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن و قطب‌های مغناطیسی دو سر سیم‌لوله را تعیین کرده و گزینه صحیح را به راحتی پیدا کنید.

درس نامه

نکات ۱ هنگامی که از یک سیم‌لوله جریان الکتریکی عبور می‌کند، در داخل و اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. جهت این میدان به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود، به طوری که اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت جریان سیم‌لوله ببندیم، انگشت شست، جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را نشان می‌دهد.



۲ خط‌های میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله، نسبت به بیرون آن:

(۱) بسیار متراکم‌تر هستند؛ یعنی میدان داخل سیم‌لوله، قوی‌تر از بیرون آن است.

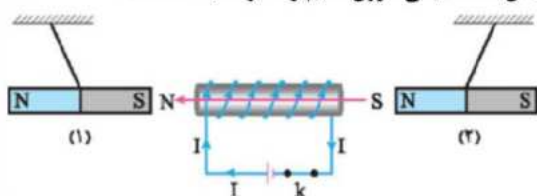
(۲) تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند؛ یعنی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله یکنواخت است.

(۳) جهتی برخلاف جهت میدان مغناطیسی در خارج سیم‌لوله دارند.

۳ قطب‌های همنام آهنرباها یکدیگر را می‌رانند و قطب‌های غیرهمنام آن‌ها یکدیگر را می‌ربایند.

پاسخ تشریحی گام اول، وقتی کلید وصل شود، جریان الکتریکی در جهت نشان داده شده، برقرار شده و از سیم‌لوله می‌گذرد. جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن، به کمک قاعده دست راست مشخص می‌شود. جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله، از S به N است.

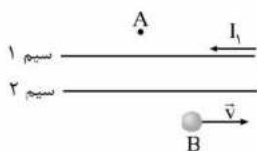
گام دوم: سمت چپ سیم‌لوله قطب N می‌شود و آهنربای (۱) را به سمت راست منحرف می‌کند. هم‌چنین سمت راست سیم‌لوله، قطب S می‌شود و آهنربای (۲) را به سمت چپ منحرف می‌کند.



تکنیک هیچ‌گاه دو سر سیم‌لوله، قطب‌های مغناطیسی همنام پیدا نمی‌کنند، پس، از ابتدا معلوم است که ۱ و ۲ نادرست هستند.

تست و پاسخ 11

در شکل زیر دو سیم موازی و بلند، حامل جریان الکتریکی هستند. اگر میدان مغناطیسی برآیند حاصل از سیم‌ها در نقطه A صفر باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر الکترونی که در جهت نشان داده شده، از نقطه B عبور می‌کند، در کدام جهت است؟



میدان‌های مغناطیسی ناشی از دو سیم، در نقطه A هم‌اندازه و در جهت مخالف‌اند.

(۲) \odot
(۴) \uparrow

(۱) \otimes
(۳) \downarrow

پاسخ: گزینه ۳

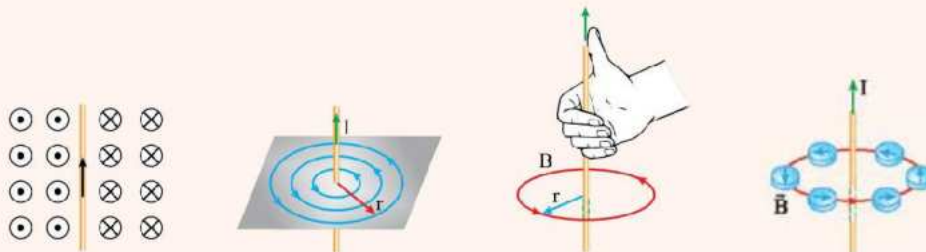
مشاوره این تست با کنکور ۱۴۰۰ رشته ریاضی تشابه مفهومی دارد که در این‌جا به صورت ترکیبی از دو مطلب بیان شده است: (۱) میدان مغناطیسی حاصل از سیم مستقیم حامل جریان (۲) نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی.

خودت حل کنی بهتره ابتدا جهت جریان در سیم ۲ را مشخص کرده و اندازه آن را با جریان سیم ۱ مقایسه کنید. سپس جهت میدان مغناطیسی برآیند در محل عبور الکترون را مشخص کنید و با قاعده دست چپ جهت نیروی وارد بر بار را تعیین کنید.

درس نامه

نکات ۱ هنگامی که از یک سیم مستقیم و بلند، جریان الکتریکی عبور می‌کند، در اطراف آن میدان مغناطیسی‌ای ایجاد می‌شود که جهت آن به کمک قاعده دست راست تعیین می‌گردد.

۲ اگر سیم را در دست راست خود بگیریم به گونه‌ای که انگشت شست دست راست، در جهت جریان باشد، جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر، سوی میدان مغناطیسی را در اطراف آن نشان می‌دهد.



۳ هر چه جریان سیم بیشتر باشد، میدان مغناطیسی ناشی از آن قوی‌تر است. همچنین هر چه از سیم دور شویم، میدان مغناطیسی حاصل، ضعیف‌تر می‌شود.

۴ برای نشان دادن جهت میدان‌های مغناطیسی درون سو و برون سو، از نمادهای زیر استفاده می‌کنیم:

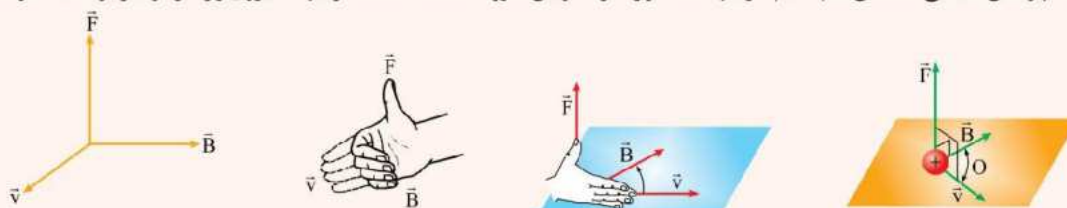
الف) میدان مغناطیسی درون سو (عمود بر صفحه به طرف داخل): \otimes

ب) میدان مغناطیسی برون سو (عمود بر صفحه به طرف خارج): \odot

۵ اگر در یک نقطه، دو یا چند میدان مغناطیسی وجود داشته باشد، با استفاده از قاعده جمع برداری، میدان مغناطیسی خالص (برایند) آن‌ها را به دست می‌آوریم.

۶ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی، اگر ذره باردار q با سرعت \vec{v} در میدان مغناطیسی \vec{B} حرکت کند (به شرط آن که جهت حرکت آن با میدان مغناطیسی موازی نباشد)، بر آن نیرویی وارد خواهد شد که هم بر راستای سرعت و هم میدان مغناطیسی عمود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند و جهت آن، به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود.

اگر دست راست خود را طوری نگه دارید که انگشتان باز شده در جهت \vec{v} باشد، به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را روی زاویه کوچک‌تری که \vec{v} با \vec{B} می‌سازد و در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم، در جهت \vec{B} قرار گیرد، در این صورت انگشت شست در جهت نیروی وارد بر ذره باردار مثبت خواهد بود.

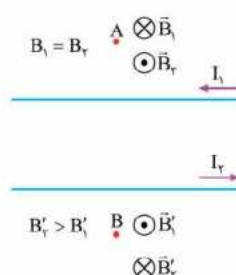


توجه کنید که نیروی وارد بر ذره با بار منفی، در خلاف جهت نیروی وارد بر ذره با بار مثبت است؛ به عبارت دیگر جهت نیروی وارد بر ذره با بار منفی یا دست چپ تعیین می‌گردد.

پاسخ تشریحی گام اول: با توجه به این که میدان مغناطیسی برایند در نقطه A، صفر است، باید میدان‌های مغناطیسی حاصل از این دو سیم،

در نقطه A خلاف جهت یکدیگر و هم‌اندازه باشند؛ پس جهت جریان I_1 در خلاف جهت جریان I_2 یعنی از چپ به راست است.

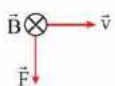
گام دوم: نقطه A از سیم ۲ دورتر است، پس باید جریان سیم ۲ بزرگ‌تر از جریان سیم ۱ باشد تا میدان مغناطیسی در نقطه A برابر صفر شود.



$$\left. \begin{matrix} B_2 = B_1 \\ r_2 > r_1 \end{matrix} \right\} \Rightarrow I_2 > I_1$$

گام سوم: سیم ۲ نسبت به سیم ۱ جریان الکتریکی بزرگ‌تر و فاصله کم‌تری تا نقطه B دارد؛ پس سیم ۲ در نقطه B میدان مغناطیسی قوی‌تری ایجاد می‌کند و میدان مغناطیسی برآیند در نقطه B درون سو است.

$$\left. \begin{matrix} I_2 > I_1 \\ r_2 < r_1 \end{matrix} \right\} \Rightarrow B'_2 > B'_1$$



گام چهارم: بار الکترون منفی است؛ پس جهت نیروی وارد بر آن را به کمک دست چپ مطابق شکل روبه‌رو به سمت پایین است.

حواستون‌باشه اگر منفی بودن بار الکترون را در نظر نمی‌گرفتیم، به اشتباه (۲) را به دست می‌آوردیم.

تست و پاسخ 12

اگر تعداد حلقه‌ها برابر N باشد، طول سیم لوله N برابر قطر سیم است.

به کمک یک سیم روکش دار، سیم‌لوله‌ای ساخته‌ایم که حلقه‌های آن بدون هیچ فاصله‌ای کنار هم هستند.

با عبور جریان ۳ A از آن، میدان مغناطیسی به بزرگی ۱۸ G داخل آن ایجاد می‌شود. قطر سیم چند میلی‌متر است؟ (۱)

(۲) $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ و ضخامت روکش سیم ناچیز است.

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$

(۴) ۰/۲

(۳) ۲

(۲) ۰/۱

(۱) ۱

پاسخ: گزینه ۴

خودت حل کنی بهتره طول سیم‌لوله، بر حسب تعداد حلقه‌های آن را در رابطه میدان مغناطیسی سیم‌لوله جای‌گذاری کنید و قطر سیم را به دست آورید.

درس‌نامه •• اندازه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله

نکات ۱ اگر قطر حلقه‌های سیم‌لوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه‌های آن خیلی به هم نزدیک باشند، به این سیم‌لوله، سیم‌لوله آرمانی گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌لوله آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازه آن از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$$

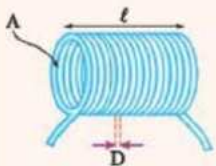
$$\mu_0 = \text{تراوایی مغناطیسی خلأ} \left(\frac{T \cdot m}{A} \right)$$

$$I = \text{جریان الکتریکی (A)}$$

$$B = \text{اندازه میدان مغناطیسی (T)}$$

$$N = \text{تعداد حلقه‌ها}$$

$$\ell = \text{طول سیم‌لوله (m)}$$



۲ وقتی حلقه‌های سیم‌لوله، کاملاً در کنار هم قرار می‌گیرند، اگر تعداد دورهای آن برابر N و قطر سیم برابر D باشد، با فرض ناچیز بودن ضخامت روکش سیم‌لوله، می‌توان نوشت:

$$\ell = ND \quad \text{طول سیم‌لوله}$$

پاسخ تشریحی گام اول: با توجه به درس‌نامه می‌توان میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را به صورت زیر نوشت:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} = \frac{\mu_0 N I}{ND} = \frac{\mu_0 I}{D}$$

گام دوم: می‌دانیم هر گاوس معادل 10^{-4} تسلا است؛ پس با جای‌گذاری مقادیر داده‌شده، داریم:

$$18 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^{-1}}{D} \Rightarrow D = \frac{36 \times 10^{-8}}{18 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow D = 0.2 \text{ mm}$$

حواستون‌باشه در حل این تست، لازم نیست تعداد حلقه‌های سیم‌لوله را به صورت یک عدد به دست آوریم، بلکه با جایگزینی در رابطه‌ها، N حذف می‌شود.

تست و پاسخ 13

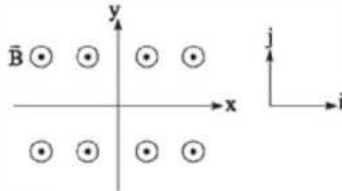
بار منفی دارد و از قاعده دست چپ استفاده می‌شود.

$$\sin \theta = 1$$

در شکل زیر، الکترونی درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 18 G که جهت آن عمود بر صفحه به سمت بیرون است، حرکت می‌کند. در لحظه‌ای که سرعت الکترون برابر $(2 \times 10^5 \text{ m/s}) \vec{i}$ است، شتاب ناشی از میدان مغناطیسی آن بر حسب متر بر مربع ثانیه کدام است؟

قانون دوم نیوتون

($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم الکترون $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ است.)



$$(1) \vec{j} (6/4 \times 10^{13})$$

$$(2) \vec{j} (-6/4 \times 10^{13})$$

$$(3) \vec{j} (6/4 \times 10^{17})$$

$$(4) \vec{j} (-6/4 \times 10^{17})$$

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این تست با کنکور ۱۴۰۰ ریاضی تشابه مفهومی دارد. البته در این جا با مطرح شدن بردارهای یک‌به‌یک، بحث جهت‌ها نیز به موضوع اضافه شده است.

خودت حل کنی بهتره نیروی وارد بر الکترون در میدان مغناطیسی را با نیروی خالص وارد بر ذره در قانون دوم نیوتون، برابر قرار دهید. جهت‌ها را نیز با استفاده از قاعده دست چپ تعیین کنید.

درس‌نامه

به درس‌نامه سؤال ۹۸ مراجعه شود.

نکات ۱) اندازه نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در یک میدان مغناطیسی از رابطه $F = |q| v B \sin \theta$ به دست می‌آید.

F = اندازه نیرو (N) $|q|$ = بزرگی بار الکتریکی (C)

v = تندى (اندازه سرعت) بار الکتریکی (m/s) B = اندازه میدان مغناطیسی (T)

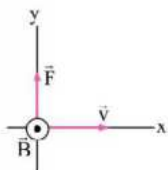
θ = زاویه بین سرعت و میدان مغناطیسی

نماد میدان مغناطیسی درون سو: \otimes نماد میدان مغناطیسی برون سو: \odot

۲) براساس قانون دوم نیوتون، اگر جسمی به جرم m تحت تأثیر نیروی خالص \vec{F}_{net} قرار گیرد، شتابی پیدا می‌کند که با نیروی خالص هم‌جهت است و از رابطه $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{net}}}{m}$ به دست می‌آید.

پاسخ تشریحی گام اول: اندازه نیروی وارد بر الکترون را به دست می‌آوریم:

$$F = |q| v B \sin \theta \quad \frac{|q| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, v = 2 \times 10^5 \text{ m/s}}{B = 18 \text{ G} = 18 \times 10^{-4} \text{ T}, \sin \theta = 1} \Rightarrow F = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^5 \times 18 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow F = 3/2 \times 18 \times 10^{-18} \text{ N}$$

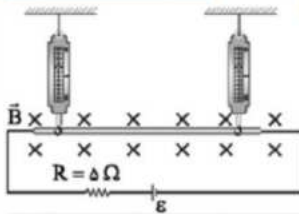


گام دوم: جهت این نیرو با استفاده از قاعده دست چپ تعیین می‌گردد، زیرا بار الکترون منفی است. مطابق شکل مقابل نیروی \vec{F} در سوی مثبت محور y ها است:

گام سوم: با توجه به قانون دوم نیوتون، شتاب الکترون نیز در سوی مثبت محور y ها است.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{net}}}{m} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{(3/2 \times 18 \times 10^{-18} \text{ N}) \vec{j}}{(9 \times 10^{-31} \text{ kg})} = (6/4 \times 10^{13} \text{ m/s}^2) \vec{j}$$

در شکل زیر، میله رسانایی به طول ۵۰ cm، با مقاومت الکتریکی ناچیز، درون میدان مغناطیسی یکنواخت و درون سوی \vec{B} به بزرگی ۵۰۰ G از دو نیروسنج آویزان است و هر کدام از نیروسنج‌ها، مقدار ۰/۲ N را نشان می‌دهند. اگر با عوض شدن جهت باتری آرمانی، مقداری که هر نیروسنج نشان می‌دهد ۰/۶ N افزایش یابد، نیروی محرکه باتری چند ولت است؟ (در هر دو حالت سیم رسانا در حالت تعادل قرار دارد).



۶۰ (۲)

۱۸۰ (۴)

۲۴ (۱)

۱۲۰ (۳)

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره مشابه این سؤال در پرسش‌های کتاب درسی و همچنین در کنکور ۹۸ رشته تجربی مطرح شده است اما این تست، نسبت به آن‌ها حاوی نکات بیشتری است.

خودت حل کنی بهتره نیروهای وارد بر سیم را در دو حالت مختلف، رسم کنید. سپس با توجه به این که نیروی خالص وارد بر سیم در هر دو حالت، صفر است، نیروی ناشی از میدان مغناطیسی و جریان الکتریکی حاصل از آن را حساب کنید. در پایان با معلوم بودن مقاومت الکتریکی، نیروی محرکه مولد را به دست آورید.

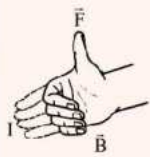
درس نامه سیم رسانای افقی حامل جریان، در حال تعادل در میدان مغناطیسی

- نکات** ۱) وقتی جسمی تحت تأثیر چند نیرو، ساکن است، نیروی خالص وارد بر آن صفر است.
 ۲) اگر مداری فقط شامل یک باتری باشد و جهت این باتری عوض شود، جهت جریان حاصل از آن نیز عوض می‌شود. باید توجه داشت که این جریان، همواره از پایانه مثبت باتری، به مدار وارد می‌شود.
 ۳) اگر جهت جریان عبوری از یک سیم مستقیم در میدان مغناطیسی تغییر کند، جهت نیروی وارد بر آن برعکس می‌شود.
 ۴) در یک مدار تک حلقه با مقاومت خارجی R، جریان الکتریکی I حاصل از یک باتری با نیروی محرکه ε و مقاومت درونی r، از رابطه زیر به دست می‌آید:

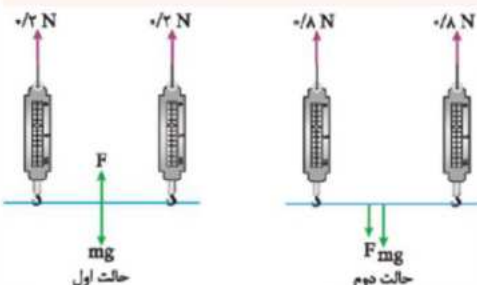
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان

- نکات** ۱) اندازه این نیرو از رابطه $F = I \ell B \sin \theta$ به دست می‌آید.
 F = اندازه نیرو (N) I = جریان الکتریکی (A) ℓ = طول قسمتی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد (m)
 B = اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت (T) θ = زاویه بین امتداد سیم و میدان مغناطیسی



- ۲) این نیرو بر راستای سیم و راستای میدان عمود است. ($F \perp I$ و $F \perp B$)
 ۳) قاعده دست راست: اگر دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت جریان باشد، به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را روی زاویه کوچک‌تری که امتداد سیم با \vec{B} می‌سازد و در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم، در جهت \vec{B} قرار گیرد، انگشت شست ما در جهت نیروی وارد بر سیم خواهد بود.



پاسخ تشریحی گام اول، نیروهای وارد بر میله را در دو حالت رسم می‌کنیم. به کمک قاعده دست راست با توجه به جهت جریان در سیم و حالت میدان مغناطیسی درون سو، مطابق شکل‌های روبه‌رو جهت نیروی F را در هر دو حالت مشخص می‌کنیم.

گام دوم: در هر حالت، نیروی خالص وارد بر سیم برابر صفر است و دو رابطه بین F و mg را به دست آوریم:

$$\left. \begin{aligned} \text{حالت اول: } F + 0.2 - mg &= 0 \Rightarrow 0.4 = mg - F \\ \text{حالت دوم: } 0.8 - F - mg &= 0 \Rightarrow 0.8 = mg + F \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2 = 2mg \Rightarrow mg = 1 \text{ N} \quad 1/6 = 1 + F \Rightarrow F = 0.6 \text{ N}$$

گام سوم: با استفاده از رابطه نیروی وارد بر میله حامل جریان در میدان مغناطیسی، جریانی را که از میله می‌گذرد به دست می‌آوریم. این جریان در هر دو حالت به یک اندازه است، اما جهت آن متفاوت است.

$$F = I \ell B \sin \theta \quad \frac{F = 0.6 \text{ N}, \ell = 0.5 \text{ m}}{B = 0.5 \text{ T}, \theta = 90^\circ} \rightarrow 0.6 = I \times 0.5 \times 0.5 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ \Rightarrow 0.6 = 2.5 \times 10^{-2} \times I \Rightarrow I = \frac{0.6}{2.5 \times 10^{-2}} = 24 \text{ A}$$

گام چهارم: رابطه جریان الکتریکی در مدار تک حلقه را می‌نویسیم و از آن جا، نیروی محرکه باتری را به دست می‌آوریم:

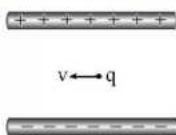
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \Rightarrow 24 = \frac{\mathcal{E}}{5 + 0} \Rightarrow \mathcal{E} = 120 \text{ V}$$

حواستون باشه اگر به جای نیروی دو نیرو سنج، فقط نیروی یکی از آن‌ها را در نظر بگیریم، $\frac{1}{2}$ به دست می‌آید.

تست و پاسخ 15

در شکل زیر، ذره‌ای به جرم $1/2 \text{ g}$ و بار الکتریکی 250 nC با تندی ثابت $8 \times 10^3 \text{ m/s}$ در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یکنواخت در مسیری افقی در حال حرکت است. در این ناحیه، اگر اندازه میدان الکتریکی یکنواخت $5 \times 10^4 \text{ N/C}$ باشد، میدان مغناطیسی یکنواخت چند تسلا و در چه جهتی است؟

نیروهای ناشی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و نیروی وزن اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند.



- Ⓐ 0.25 (۲)
Ⓑ $0.1/25$ (۴)

($g = 10 \text{ N/kg}$)

- Ⓐ 0.25 (۱)
Ⓑ $0.1/25$ (۳)

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره این نوع تست که در آن میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به طور هم‌زمان حضور دارند، علاوه بر پرسش‌های آخر فصل ۳ از کتاب فیزیک دو، با تست‌های کنکور ۱۴۰۰ داخل و خارج و کنکور ۹۹ رشته ریاضی و همچنین کنکور ۱۴۰۰ رشته تجربی تشابه مفهومی دارد.

خودت حل کنی بهتره نیروی وزن و نیروی حاصل از میدان الکتریکی وارد بر ذره را تعیین کنید. با توجه به این که نیروی خالص وارد بر ذره صفر است، نیروی ناشی از میدان مغناطیسی و سپس اندازه میدان مغناطیسی را حساب کنید.

درس نامه ● ذره باردار تحت تأثیر هم‌زمان دو میدان الکتریکی و مغناطیسی

نکات ۱ اگر ذره بارداری به وزن W ، از ناحیه‌ای عبور کند که هم‌زمان، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی روی آن اثر کنند و ذره نخواهد با تندی ثابت و بدون انحراف، مسیر مستقیم خود را ادامه دهد، باید نیروی خالص وارد بر ذره، صفر باشد.

۲ نیروی وارد بر ذره باردار q ، در یک میدان الکتریکی، از رابطه مقابل به دست می‌آید:
 $F_E = qE$

F_E = اندازه نیروی ناشی از میدان الکتریکی (N)

q = بار الکتریکی (C)

E = اندازه میدان الکتریکی (N/C)

● اگر بار ذره مثبت باشد، نیروی الکتریکی و میدان الکتریکی، هم‌جهت هستند.

● اگر بار ذره منفی باشد، نیروی الکتریکی و میدان الکتریکی، خلاف جهت هم هستند.

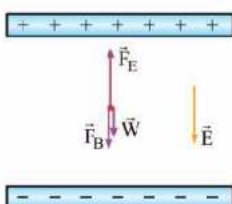
۳ جهت میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شود.

● درس‌نامه تست‌های ۹۸ و ۱۰۰ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی **گام اول:** اندازه نیروی وزن و اندازه نیروی حاصل از میدان الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$W = mg \quad \frac{m = 1/2 \text{ g} = 1/2 \times 10^{-3} \text{ kg}}{g = 10 \text{ N/kg}} \rightarrow W = 1/2 \times 10^{-3} \times 10 = 1/2 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_E = |q| E \quad \frac{|q| = 250 \text{ nC} = 250 \times 10^{-9} \text{ C}}{E = 5 \times 10^4 \text{ N/C}} \rightarrow F_E = 250 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^4 = 1/25 \times 10^{-2} \text{ N}$$



گام دوم: نیروهای وارد بر ذره باردار q را رسم می‌کنیم. نیروی وزن W در جهت گرانش زمین و رو به پایین است. نیروی ناشی از میدان الکتریکی وارد بر بار منفی، خلاف جهت میدان الکتریکی و رو به بالا است. از طرفی چون $W < F_E$ است، پس برای آن که نیروی خالص وارد بر ذره صفر باشد و ذره به حرکت افقی خود با تندی ثابت ادامه دهد، باید نیروی حاصل از میدان مغناطیسی (F_B) رو به پایین باشد.

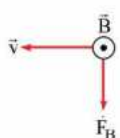
گام سوم: نیروی خالص وارد بر ذره را برابر صفر قرار می‌دهیم تا F_B به دست آید:

$$F_E - F_B - W = 0 \Rightarrow F_B = F_E - W \Rightarrow F_B = 1/25 \times 10^{-2} - 1/2 \times 10^{-2} \Rightarrow F_B = 0.5 \times 10^{-2} \text{ N} = 5 \times 10^{-4} \text{ N}$$

گام چهارم: با استفاده از رابطه نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی، اندازه میدان مغناطیسی را حساب می‌کنیم:

$$F_B = |q| v B \sin \theta \quad \frac{F_B = 5 \times 10^{-4} \text{ N}, \sin \theta = 1}{|q| = 25 \times 10^{-9} \text{ C}, v = 8 \times 10^7 \text{ m/s}} \rightarrow 5 \times 10^{-4} = 25 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^7 \times B \times 1$$

$$\Rightarrow B = \frac{5 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 0.25 \text{ T}$$



گام پنجم: جهت میدان مغناطیسی را با قاعده دست چپ تعیین می‌کنیم، زیرا بار ذره منفی است. چهار انگشت دست چپ خود را به صورت باز در جهت \vec{v} گرفته و به طوری که انگشت شست در جهت نیروی \vec{F}_B به سمت قرار گیرد. در این صورت کف دست به سمت بیرون صفحه که همان جهت میدان مغناطیسی است، قرار می‌گیرد.

حواستون باشه اگر علامت منفی مربوط به بار الکتریکی را در نظر نگیرید، پاسخی در گزینه‌ها پیدا نمی‌کنید.

16 تست و پاسخ

عبارت‌های «الف»، «ب»، «پ» و «ت» به ترتیب از راست به چپ درباره کدام یک از مواد مغناطیسی، درست است؟

الف) هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالص نیستند.

ب) با حضور این مواد در میدان مغناطیسی خارجی، در آن‌ها، دوقطبی‌های مغناطیسی، در خلاف جهت میدان خارجی القا می‌شود.

پ) در این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی در ناحیه‌هایی به نام حوزه مغناطیسی، همسو هستند.

ت) این مواد برای ساخت هسته پیچ‌ها، سیم‌لوله‌ها و آهنرباهای الکتریکی مناسب هستند.

۱) پارامغناطیسی - دیامغناطیسی - فرومغناطیسی نرم - فرومغناطیسی سخت

۲) دیامغناطیسی - پارامغناطیسی - فرومغناطیسی سخت - فرومغناطیسی نرم

۳) دیامغناطیسی - دیامغناطیسی - فرومغناطیسی نرم - فرومغناطیسی سخت

۴) دیامغناطیسی - دیامغناطیسی - فرومغناطیسی سخت - فرومغناطیسی نرم

پاسخ: گزینه ۴

مشاوره این هم یک نمونه تست از تعاریف فیزیک که مشابه آن در کنکورهای ۹۹ و ۹۷ نیز مطرح شده است.

خودت حل کنی بهتره کافی است درس ویژگی‌های مغناطیسی مواد را مطالعه کنید.

درس نامه ویژگی‌های مغناطیسی مواد

مواد دیامغناطیسی: اتم‌های مواد مغناطیسی نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد دارای دوقطبی مغناطیسی خالص نیستند؛ با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند به طور موقت، سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی در مواد دیامغناطیسی شود؛ یعنی مواد دیامغناطیسی توسط میدان خارجی دفع می‌شوند.

مواد فرومغناطیسی: اتم‌های مواد فرومغناطیسی به طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصر، فرومغناطیسی‌اند. برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد، موجب می‌شود که این دوقطبی‌ها حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه مغناطیسی نامیده می‌شوند، همسو شوند.

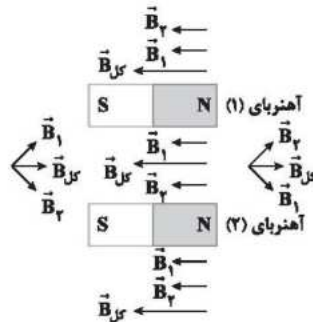
مواد فرومغناطیسی نرم: حوزه‌های مغناطیسی در این مواد، در حضور میدان مغناطیسی خارجی، به سهولت تغییر می‌کنند و این مواد به سادگی آهنربا می‌شوند؛ اما با حذف میدان خارجی، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می‌دهند. از این مواد، در ساخت هسته پیچ‌ها و سیم‌لوله‌ها و آهنرباهای الکتریکی (غیردائمی) استفاده می‌شود.

پاسخ تشریحی با توجه به متن درس‌نامه،  صحیح است.

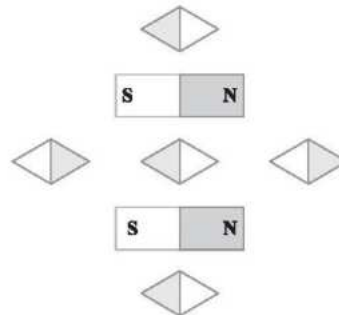
توجه کنید که عبارت «پ» هم برای مواد فرومغناطیسی نرم و هم برای مواد فرومغناطیسی سخت، صدق می‌کند.

آزمون‌های سراسر
کاج

۱ ۲ شکل زیر، جهت میدان مغناطیسی را در نقاط مختلف در نزدیکی دو آهنربا نشان می‌دهد. دقت کنید که خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از قطب N خارج شده و به قطب S وارد می‌شوند.



با توجه به این‌که عقربه‌های مغناطیسی هم‌راستا با میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، به گونه‌ای که قطب N آن‌ها در جهت میدان باشد، شکل زیر نحوه صحیح قرارگیری عقربه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، فقط یکی از عقربه‌ها به درستی رسم شده‌اند.



۲ ۳ برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه کنید:

(۱) ماده موردنظر از حوزه‌های مغناطیسی ساخته شده است، بنابراین قطعاً یک ماده فرومغناطیس است.

(۲) بلافاصله پس از ایجاد میدان مغناطیسی، این ماده خاصیت مغناطیسی از خود نشان داده و حجم حوزه‌های در جهت میدان زیاد شده است، بنابراین این ماده قطعاً فرومغناطیس نرم است. موادی مثل آهن، نیکل و کبالت خالص فرومغناطیس نرم هستند، در حالی‌که آلیاژهای آن‌ها مثل فولاد، فرومغناطیس سخت می‌باشند.

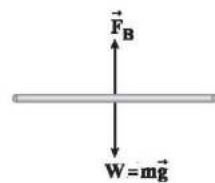
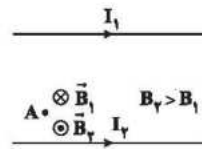
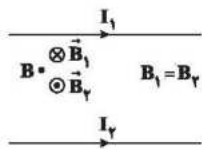
(۳) برای ساختن آهنربای موقت از فرومغناطیس نرم و برای ساختن آهنربای دائمی از فرومغناطیس سخت استفاده می‌شود.

مطابق توضیحات فوق، عبارت‌های «الف» و «ب» صحیح هستند.

۳ ۴ میدان مغناطیسی در نقطه B

در بین فاصله دو سیم صفر شده است، بنابراین میدان دو سیم در نقطه B در خلاف جهت هم هستند. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، برای آن‌که میدان حاصل از سیم (۲) در نقطه B برونسو باشد، جریان این سیم باید هم‌جهت با جریان I_1 باشد.

با حرکت از نقطه B به سمت نقطه A، از سیم (۱) دور می‌شویم و به سیم (۲) نزدیک می‌شویم، بنابراین میدان سیم (۱) ضعیف شده و میدان سیم (۲) قوی‌تر می‌شود و در نتیجه میدان برآیند در نقطه A، هم‌جهت با میدان \vec{B}_2 یعنی برونسو خواهد بود.



$$I = \frac{\varepsilon}{r+R} = \frac{24}{2+6} = 3A$$

بنابراین اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر است با:

$$F_B = BIl \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-4} \times 3 \times 0.6 \times 1 = 3.6 \times 10^{-4} N = 0.36 mN$$

بنابراین وزن سیم برابر $0.36 mN$ است.

گام دوم: برای آن‌که نیروی سنج‌ها با نیروی کشیده شوند، باید روابط زیر برقرار باشد:

$$\begin{aligned} F_1 = 0.1 mN \quad F_B \quad F_2 = 0.1 mN \quad F_B + 0.2 &= 0.36 \Rightarrow F_B = 0.16 mN \\ \Rightarrow BIl' \sin 90^\circ &= 0.16 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow 2 \times 10^{-4} \times I' \times 0.6 \times 1 &= 0.16 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow I' &= \frac{0.16 \times 10^{-3}}{1.2 \times 10^{-4}} = \frac{4}{3} A \end{aligned}$$

گام سوم: برای آن‌که جریان سیم برابر $\frac{4}{3} A$ باشد، داریم:

$$I' = \frac{\varepsilon}{r+R'} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{24}{2+R'} \Rightarrow R' = 16 \Omega$$

5 گام اول: محاسبه تعداد دورهای سیملوله:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه}} = \frac{30}{\pi \times 0.05} = 200$$

گام دوم: محاسبه مقاومت سیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} = 10^{-7} \times \frac{30}{\pi \times (0.05)^2 \times 10^{-6}} = 4 \Omega$$

گام سوم: محاسبه جریان سیملوله:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{20}{4} = 5 A$$

گام چهارم: محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی سیملوله:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{200 \times 5}{0.25} = 4.8 \times 10^{-3} T$$

6 4

نیروی الکتریکی وارد بر ذره آلفا در جهت میدان الکتریکی و

به سمت راست است. اندازه این نیرو برابر است با:

$$F_E = |q|E = 2 \times 10^{-19} \times 200000 = 4 \times 10^{-15} N$$

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره آلفا مطابق قاعده دست راست، عمود بر صفحه و

به سمت داخل آن است. اندازه این نیرو برابر است با:

$$F_B = |q|vB \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3} \times 1$$

$$\Rightarrow F_B = 4.8 \times 10^{-15} N$$

حال نیروی کل وارد بر این ذره، مطابق قاعده فیثاغورس برابر است با:

$$F_{\text{کل}} = \sqrt{F_E^2 + F_B^2} = 10^{-15} \sqrt{6^2 + 4.8^2} = 8 \times 10^{-15} N$$

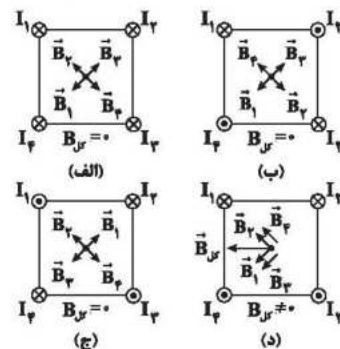
در نهایت اندازه شتاب ذره برابر است با:

$$F_{\text{کل}} = ma \Rightarrow 8 \times 10^{-15} = 6.4 \times 10^{-27} a \Rightarrow a = 1.25 \times 10^{12} \frac{m}{s^2}$$

7 2

شکل‌های زیر، جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌ها و جهت

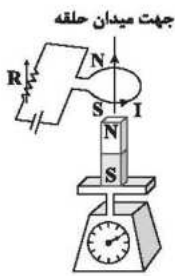
میدان مغناطیسی برابند در مرکز مربع را مطابق با قاعده دست راست نشان می‌دهند.



همان‌طور که می‌بینید، فقط در یکی از شکل‌ها، میدان مغناطیسی برابند در

مرکز مربع، صفر نیست.

8 4 برای پاسخ دادن به این سؤال



مفهومی، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: با توجه به جریان خروجی از باتری، قطب‌های مغناطیسی حلقه به صورت مقابل است:

گام دوم: با مشخص شدن قطب‌های مغناطیسی حلقه، مشاهده می‌شود که قطب‌های ناهمنام حلقه و آهنربا در نزدیکی هم قرار گرفته‌اند و در نتیجه حلقه و آهنربا یکدیگر را جذب می‌کنند.

پس به آهنربا نیرویی رو به بالا وارد می‌شود و ترازو عدد کم‌تری را نسبت به وزن آهنربا نشان می‌دهد.

گام سوم: با کاهش مقاومت R، جریان عبوری از حلقه افزایش یافته و میدان مغناطیسی حلقه نیز بزرگ‌تر می‌شود. این موضوع سبب می‌شود که میزان جاذبه حلقه و آهنربا افزایش یابد و عدد ترازو بیشتر کاهش یابد.

9 2 گام اول: محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی سیملوله:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{200 \times 2}{0.4} = 12 \times 10^{-4} T$$

گام دوم: محاسبه بزرگی تندی حرکت الکترون:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 2 \times 10^{-22} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = 4 \times 10^8 \Rightarrow v = 2 \times 10^4 \frac{m}{s}$$

گام سوم: محاسبه بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون:

$$F = |q|vB \sin \theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^4 \times 12 \times 10^{-4} \times \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow F = 3.84 \times 10^{-18} N$$

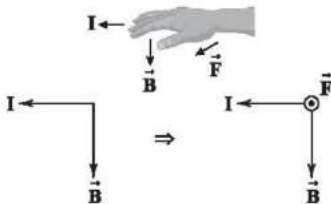
10 1

با توجه به آن‌که جریان سیم در راستای بردار \vec{I} است،

مؤلفه \vec{I} میدان مغناطیسی اهمیتی ندارد و فقط مؤلفه \vec{I} میدان باعث وارد شدن نیرو به سیم می‌شود.

$$\begin{cases} B_y = 0.12 T \\ I = 5 A \\ \ell = 1 m \end{cases} \Rightarrow F = |B_y| I \ell = 0.12 \times 5 \times 1 = 0.6 N$$

در مورد جهت نیرو هم با استفاده از قاعده دست راست داریم:



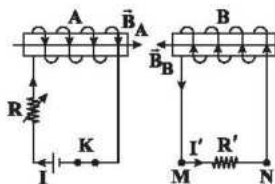
$$\Phi = BA \cos \alpha \xrightarrow{\text{ثابت: } \Lambda \text{ و } B} \frac{\Phi_p}{\cos \alpha_p} = \frac{\cos \alpha_p}{\cos \alpha_p}$$

$$\frac{\Phi_p = \Phi_1 - \frac{1}{100} \Phi_1}{\frac{\Lambda \Delta}{100}} = \frac{\cos \alpha_p}{\cos \alpha_p} \Rightarrow \cos \alpha_p = \frac{\Lambda \Delta}{100} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha_p = 30^\circ$$

بنابراین زاویه بین خطوط میدان و خط عمود بر سطح قاب، برابر با 30° است و در نتیجه زاویه بین خطوط میدان و سطح قاب، برابر با 60° می باشد.

12 ۴ برای آن که جریان القایی در مقاومت R' از M به N باشد، میدان القایی در سیمولوله B باید به سمت چپ باشد. از طرفی با توجه به این که میدان اصلی در سیمولوله A به سمت راست است، می توان نتیجه گرفت که شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B در حال افزایش بوده است، به همین دلیل میدان این سیمولوله در خلاف جهت میدان سیمولوله A است تا با افزایش شار مخالفت کند. به شکل زیر دقت کنید.



مطابق توضیحات فوق، اقداماتی می توانند باعث ایجاد جریان القایی از M به N شوند که شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B را افزایش دهند.

بررسی عبارتها:

- (الف) با افزایش مقاومت R ، جریان سیمولوله A کم شده و میدان آن ضعیف می شود، بنابراین شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B کاهش می یابد.
- (ب) با باز کردن کلید K ، جریان سیمولوله A کم شده و میدان آن ضعیف می شود، بنابراین شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B کاهش می یابد.
- (ج) با حرکت دادن سیمولوله A به سمت راست، سیمولوله ها نزدیک می شوند و شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B افزایش می یابد.
- (د) با حرکت دادن سیمولوله B به سمت راست، سیمولوله ها از هم دور می شوند و شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B کاهش می یابد.
- مطابق توضیحات فوق، فقط اقدام «ج» باعث افزایش شار مغناطیسی عبوری از سیمولوله B می شود.

$$A = \pi R^2 = \pi \times (0.1)^2 = 0.01 \pi \text{ m}^2$$

$$|\Delta A| = \frac{2}{100} A = \frac{2}{100} \times 0.01 \pi = 0.0002 \pi \text{ m}^2$$

گام دوم: محاسبه بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه:

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{-\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| B \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| = 0.02 \times \frac{0.0002 \pi}{0.01} = 0.0004 \pi \text{ V}$$

با کشیدن حلقه، مساحت آن کم می شود و شار مغناطیسی گذرنده از آن کاهش می یابد. مطابق با قانون لنز، جریانی در حلقه القا می شود تا میدان مغناطیسی ناشی از آن با کاهش شار مخالفت کند، بنابراین جهت جریان میدان مغناطیسی القایی در حلقه باید درون سو باشد، پس طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی در حلقه ساعتگرد می باشد.

14 ۱ با توجه به این که سیمولوله ها آرمانی هستند، مقاومت الکتریکی آن ها صفر است و در نتیجه برای محاسبه جریان آن ها داریم:

$$R_{eq} = 6 + \frac{\Lambda \times 24}{\Lambda + 24} = 12 \Omega$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_{eq}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_p$$

$$\Rightarrow 1 = x + 3x \Rightarrow x = 0.25 \text{ A}$$

بنابراین جریان عبوری از سیمولوله (۱) برابر $I_1 = 0.25 \text{ A}$ و جریان عبوری از سیمولوله (۲) برابر $I_p = 0.75 \text{ A}$ می باشد. در ادامه می توانیم انرژی ذخیره شده در سیمولوله ها را محاسبه کنیم.

$$U_1 = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (0.25)^2 = 0.25 \text{ mJ}$$

$$U_p = \frac{1}{2} L_p I_p^2 = \frac{1}{2} \times 8 \times (0.75)^2 = 2.25 \text{ mJ}$$

بنابراین انرژی ذخیره شده در سیمولوله (۱) به اندازه 0.25 mJ کم تر از انرژی ذخیره شده در سیمولوله (۲) است.

$$\Phi_{max} = BA = 0.1 \times 500 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 5 \text{ mWb}$$

گام دوم: در لحظه ای که شار مغناطیسی عبوری از حلقه برابر با 3 mWb است، می توان نوشت:

$$\Phi = \Phi_{max} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow 3 = 5 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{3}{5}$$

$$\Rightarrow \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \pm \frac{4}{5}$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \pm \frac{4}{5} \text{ چون که } \mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

بنابراین مطابق رابطه $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ ، چون که $\mathcal{E} = \pm \frac{4}{5}$ است، اندازه نیروی محرکه القایی در حلقه در این لحظه نیز $\frac{4}{5}$ بیشینه آن است.

18 ۴ برای حل این سؤال، یکاهای شار مغناطیسی را با استفاده از روابط مختلف مربوط به آن به دست می‌آوریم.

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \text{یکای شار} = T.m^2 \quad (\checkmark) \text{ (الف)}$$

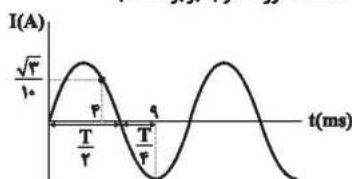
$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow V \equiv \text{یکای شار} = \frac{V.s}{s} \quad (\checkmark) \text{ (ب)}$$

$$\Delta U_E = q \Delta V \Rightarrow J \equiv C \times V \Rightarrow V \equiv \frac{J}{C}$$

$$\xrightarrow{\text{یکای شار} = V.s} \text{یکای شار} = \frac{J}{C} \times s = \frac{J}{C} = \frac{J}{A} \quad (\checkmark)$$

$$J \equiv kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \xrightarrow{\text{یکای شار} = \frac{J}{A}} \text{یکای شار} = \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^2} \quad (\checkmark) \text{ (د)}$$

19 ۳ مطابق نمودار داده‌شده، دوره تناوب برابر است با:



$$\frac{T}{2} + \frac{T}{4} = 9 \Rightarrow \frac{3T}{4} = 9 \Rightarrow T = 12 \text{ ms} = 12 \times 10^{-3} \text{ s}$$

بنابراین معادله جریان القایی در حلقه برحسب زمان به صورت زیر است:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{12 \times 10^{-3}}t\right)$$

$$\xrightarrow{t = 4 \text{ ms}} \frac{\sqrt{3}}{10} = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{12 \times 10^{-3}} \times 4 \times 10^{-3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} I_m$$

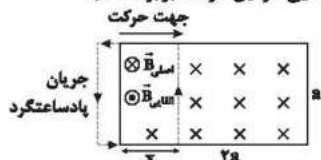
$$\Rightarrow I_m = \frac{1}{\Delta} A$$

$$\varepsilon_m = R I_m = 4 \times \frac{1}{\Delta} = 0.8 \text{ V}$$

پس داریم:

20 ۱ برای حل این سؤال کافیت، جهت جریان القایی در قاب و مقدار آن را در چهار مرحله بررسی کنیم:

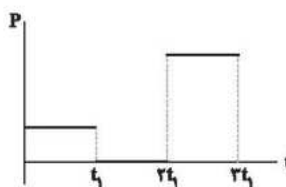
مرحله (۱) ← از لحظه ورود ابتدای قاب به میدان مغناطیسی تا لحظه ورود کامل قاب به میدان مغناطیسی: در این مرحله با ورود قاب به میدان مغناطیسی، مساحتی از قاب که در میدان قرار می‌گیرد، در حال افزایش بوده و شار مغناطیسی عبوری از قاب نیز در حال افزایش است. مطابق قانون لنز، جهت جریان القایی باید به گونه‌ای باشد که میدان ناشی از آن میدان اصلی را تضعیف کند و در نتیجه جهت جریان القایی، پادساعتگرد (جهت مثبت مثلثاتی) است و با توجه به جهت مثبت قراردادی مسأله برای I ، جریان در این مرحله مثبت فرض می‌شود. جریان القایی در این مرحله برابر است با:



$$I_1 = \frac{B v \ell}{R} = \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 0.1}{10} = 0.04 \text{ A} = 40 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t_1} = \frac{0.1}{10} = 0.01 \text{ s} \quad \text{زمان مرحله (۱)}$$

16 ۴ با توجه به نمودار



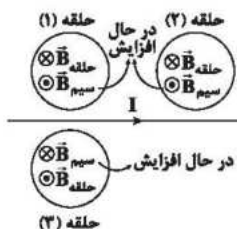
مقابل، در بازه زمانی t_1 تا $2t_1$ ، توان مصرفی، صفر است، بنابراین نیروی محرکه القایی در حلقه هم صفر است و در نتیجه نمودار میدان مغناطیسی در این بازه به صورت افقی است.

$$P = \frac{\vec{E} \cdot \vec{v}}{R} \quad P = 0 \Rightarrow \vec{E} = 0$$

$$\vec{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \vec{E} = 0 \Rightarrow \Delta B = 0$$

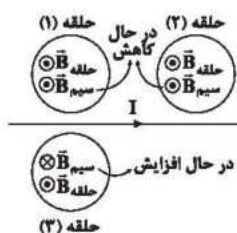
همچنین در بازه زمانی $2t_1$ تا $3t_1$ ، توان مصرفی بزرگتر از بازه صفر تا t_1 است، بنابراین اندازه شیب نمودار میدان مغناطیسی برحسب زمان باید در بازه زمانی $2t_1$ تا $3t_1$ بزرگتر از اندازه شیب نمودار در بازه صفر تا t_1 باشد (چرا؟). این موضوع در گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) رعایت شده است، ولی در شکل گزینه (۴) برقرار نیست.

17 ۳ با افزایش جریان سیم



راست، میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم افزایش می‌یابد و باعث افزایش شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ها می‌شود. مطابق قانون لنز، حلقه‌ها میدانی در خلاف جهت میدان سیم ایجاد می‌کنند تا با افزایش شار مخالفت کنند. شکل مقابل، جهت میدان‌ها را نشان می‌دهد.

بنابراین جهت میدان مغناطیسی القایی در حلقه‌های (۱) و (۲) درون‌سو خواهد بود و در نتیجه طبق قاعده دست راست، جریان آن‌ها ساعتگرد خواهد بود. همچنین جهت میدان مغناطیسی القایی در حلقه (۳) برون‌سو خواهد بود و در نتیجه طبق قاعده دست راست، جریان آن پادساعتگرد خواهد بود. اگر سیم به تدریج پایین بیاید، از حلقه‌های (۱) و (۲) دور می‌شود و به حلقه (۳) نزدیک می‌شود، بنابراین شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌های (۱) و (۲) کاهش می‌یابد و شار مغناطیسی عبوری از حلقه (۳) افزایش می‌یابد.

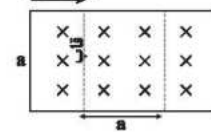


مطابق با قانون لنز، حلقه‌های (۱) و (۲) میدانی هم‌جهت با میدان مغناطیسی سیم ایجاد می‌کنند تا با کاهش شار مخالفت کنند و حلقه (۳) میدانی در خلاف جهت میدان سیم راست ایجاد می‌کند تا با افزایش شار مقابله کند. شکل مقابل، جهت میدان‌ها را نشان می‌دهد.

همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان القایی هر سه حلقه برون‌سو است، بنابراین جریان القایی هر سه حلقه طبق قاعده دست راست به صورت پادساعتگرد خواهد بود.

مرحله (۲) ← از لحظه‌ای که تمام قاب وارد میدان مغناطیسی شده تا لحظه شروع به خروج آن از میدان مغناطیسی: در این مرحله شار مغناطیسی عبوری از حلقه ثابت بوده ($\Phi = AB \cos \theta = a^2 B$) و جریان القایی در قاب، صفر است.

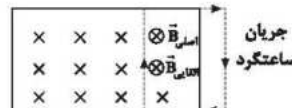
جهت حرکت



$$I_p = -\frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t} \xrightarrow{\text{ثابت: } \Phi} I_p = 0$$

$$\Delta t_p = \frac{\Delta x_p}{v} = \frac{0.1}{10} = 0.01 \text{ s}$$

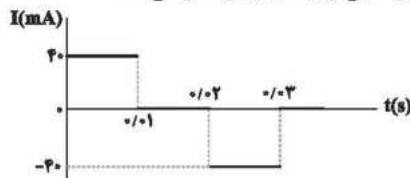
مرحله (۳) ← از لحظه شروع به خارج شدن قاب از میدان مغناطیسی تا لحظه خروج کامل قاب از میدان مغناطیسی: در این مرحله با توجه به کاهش مساحتی از قاب که در میدان قرار دارد، شار مغناطیسی عبوری از قاب در حال کاهش بوده و مطابق قانون لنز، میدان القایی باید میدان اصلی را تقویت کند تا مانع از کاهش شار شود، یعنی جهت میدان القایی در قاب، درون‌سو است و جهت جریان القایی، ساعتگرد (خلاف جهت مثلثاتی) است. با توجه به جهت مثبت قراردادی مسأله برای I جریان در این مرحله منفی فرض می‌شود.



$$I_p = \frac{Bv\ell}{R} = \frac{0.4 \times 10^{-4} \times 0.1}{10} = 0.004 \text{ A} = 4 \text{ mA}$$

$$\Delta t_p = \frac{\Delta x_p}{v} = \frac{0.1}{10} = 0.01 \text{ s}$$

مرحله (۴) ← پس از خروج کامل قاب از میدان مغناطیسی: در این مرحله چون قاب در میدان مغناطیسی قرار ندارد ($B=0$)، پس شار مغناطیسی عبوری از حلقه صفر و جریان القایی نیز صفر می‌باشد. نمودار زیر، تغییرات جریان القایی را برحسب زمان نشان می‌دهد.



با توجه به این توضیحات، گزینه (۱) صحیح است.

دقت کنید: چون افزایش یا کاهش شار با آهنگ ثابتی (یکنواخت) انجام می‌شود، پس $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ در هر مرحله ثابت بوده و در نتیجه نیروی محرکه القایی و جریان القایی در هر مرحله به صورت خطوطی افقی است.

21 سیم حامل جریان، درون صفحه قرار دارد، در حالی که میدان مغناطیسی بر صفحه عمود است، پس زاویه بین جهت جریان و میدان مغناطیسی، 90° است و زاویه 37° که در شکل مشخص شده است، تأثیری بر جواب مسأله ندارد. در ادامه اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر هر سانتی‌متر از سیم برابر است با:

$$F = BI \ell \sin 90^\circ = 0.18 \times 4 \times 10^{-2} \times 1 = 0.0072 \text{ N}$$

22 نیروی وزن همواره به سمت پایین بر ذره وارد می‌شود و اندازه آن برابر است با:

$$W = mg = 2 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow W = 2 \times 10^{-2} \text{ N}$$

چون بار ذره منفی است، نیروی الکتریکی وارد بر ذره از طرف میدان الکتریکی در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی و به سمت پایین خواهد بود و اندازه آن برابر است با: $F_E = E|q| = 2 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow F_E = 2 \times 10^{-2} \text{ N}$ طبق قاعده دست راست، در لحظه ورود ذره به فضای میدان مغناطیسی، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره به طرف پایین خواهد بود و اندازه آن برابر است با:

$$F_B = |q|vB \sin \theta = 10 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^2 \times 10^5 \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Rightarrow F_B = 4 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow W + F_E + F_B = ma \Rightarrow 2 \times 10^{-2} + 2 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-3} a \Rightarrow a = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

23 گام اول: محاسبه جریان سیمولده:

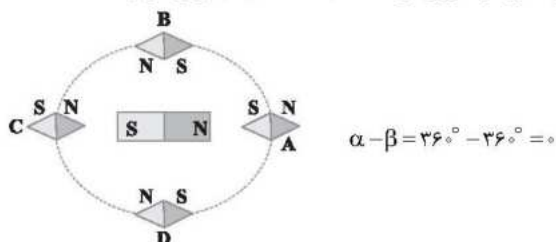
$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \xrightarrow{B=24 \times 10^{-4} \text{ T}} \frac{NI}{\ell} = 1000$$

$$24 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7} \times 10^3 I \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

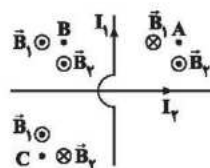
گام دوم: محاسبه مقاومت درونی باتری:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} \Rightarrow 2 = \frac{5}{r+2} \Rightarrow r = 0.5 \Omega$$

24 شکل زیر، نحوه قرارگیری عقربه در نقاط A، B، C و D را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، عقربه از A تا C به اندازه 36° حول محور خود دوران کرده است ($\alpha = 36^\circ$) و از B تا D هم به اندازه 36° حول محور خود دوران کرده است ($\beta = 36^\circ$)، بنابراین داریم:



همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان I_1 در نقطه A درون سیم است، اما طبق صورت سؤال جهت میدان مغناطیسی برآیند در نقطه A برون سیم می‌باشد، بنابراین نتیجه می‌گیریم که جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان I_1 در نقطه A حتماً برون سیم است و با توجه به این که فاصله نقطه A از دو سیم، یکسان است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که $I_1 > I_2$ می‌باشد. در ادامه جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از هر یک از سیم‌ها را مطابق شکل زیر به کمک قاعده دست راست تعیین می‌کنیم:



با توجه به این که فاصله هر سه نقطه تا دو سیم، یکسان است و با توجه به این که $I_1 > I_2$ است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که در هر دو نقطه B و C، $|\vec{B}_1| > |\vec{B}_2|$ است، بنابراین جهت میدان مغناطیسی برآیند در نقطه B برون سیم بوده و در نقطه C درون سیم خواهد بود.

گام اول: محاسبه اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در پیچه:

$$|\vec{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N A \frac{\Delta B}{\Delta t} = -N \times \pi \frac{d^2}{4} \times \frac{(-40 - 20) \times 10^{-4}}{40 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow |\vec{\varepsilon}| = N \times 3 \times \frac{(0.2)^2}{4} \times \frac{60 \times 10^{-4}}{40 \times 10^{-3}} = N \times 45 \times 10^{-4} \text{ V}$$

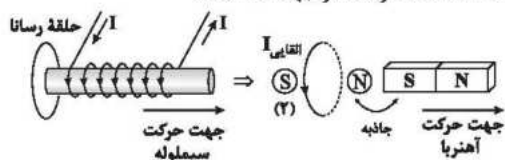
گام دوم: محاسبه جریان القایی متوسطه در پیچه:

$$\bar{I} = \frac{|\vec{\varepsilon}|}{R} = \frac{N \times 45 \times 10^{-4}}{0.06 \text{ N}} = \frac{15}{2} \times 10^{-2} \text{ A} = 75 \text{ mA}$$

دقت کنید: مقاومت هر حلقه 0.06Ω است، پس مقاومت کل پیچه که دارای N حلقه است، برابر 0.06 N اهم می‌باشد.

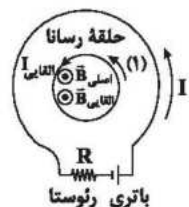
این سؤال، سؤال جالب و مفهومی می‌باشد که در آن به بررسی دو حالت می‌پردازیم:

شکل (الف): با عبور جریان از سیملوله، سیملوله تبدیل به آهنربا می‌شود که قطب S و N آن به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود، بنابراین در هنگام دور شدن آهنربای الکتریکی، تعداد خطوط میدان مغناطیسی که از حلقه می‌گذرند در حال کاهش است، بنابراین شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است. با توجه به کاهش شار عبوری، مطابق قانون لنز، حلقه که می‌تواند خود به یک آهنربا تبدیل شود، قطب‌هایش را به گونه‌ای تبدیل می‌کند که نیروی جاذبه S-N، مانع از دور شدن آهنربا شود. در این حالت جریان القایی با کمک قاعده دست راست در جهت (2) است.



(شست دست راست را در جهت القایی I بر روی حلقه قرار دهید، جهت خم شدن انگشتان در درون حلقه از S به N است.)

دقت کنید: توصیه می‌شود که با توجه به تکنیک دافعه و جاذبه سیم‌ها نیز جهت جریان القایی در حلقه را به دست آورید.
شکل (ب): با افزایش دما، مقاومت R افزایش می‌یابد. با افزایش مقاومت، جریان گذرنده از حلقه بزرگ کاهش می‌یابد و با کاهش I، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه بزرگ نیز کم می‌شود.



با کاهش I، کاهش می‌یابد. $B \propto I \Rightarrow I$ اصلی

حال با کاهش اصلی B (میدان مغناطیسی ناشی از حلقه بزرگ‌تر)، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کوچک نیز کاهش می‌یابد. مطابق قانون لنز، میدان ناشی از جریان القایی باید میدان اصلی را تقویت کند تا مانع از کاهش آن شود، بنابراین جهت این میدان القایی باید برون سیم باشد، زیرا جهت میدان اصلی نیز برون سیم و در حال کاهش است.

با توجه به برون سیم بودن میدان القایی، جریان القایی در حلقه کوچک طبق قاعده دست راست باید در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت باشد، بنابراین جریان در جهت (1) می‌باشد.

با توجه به این که خط‌های میدان مغناطیسی عبوری در جهت محور X هستند، بنابراین تعداد خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از سطح ABCD (شار عبوری) برابر با تعداد خط‌های مغناطیسی عبوری از سطح ABOE است، در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\Phi = AB \cos \theta = 8 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2} \times 0.3 \times 1$$

$$\Rightarrow \Phi = 0.96 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 0.96 \text{ mWb}$$

29 از آن جا که نمودار شار مغناطیسی عبوری از حلقه بر حسب زمان به صورت یک سهمی است، با توجه به نمودار، ریشه های این معادله برابر $t_1 = 4S$ و $t_2 = 9S$ است. بنابراین معادله شار - زمان برابر است با:

$$\Phi = (t-4)(t-9) = t^2 - 13t + 36$$

ثابت سوم، بازه زمانی بین $t_1 = 4S$ تا $t_2 = 9S$ است، بنابراین:

$$\Phi_1 = 4^2 - 13 \times 4 + 36 \Rightarrow \Phi_1 = 14 \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = 9^2 - 13 \times 9 + 36 \Rightarrow \Phi_2 = 6 \text{ Wb}$$

حال طبق قانون القای فاراده می توان نوشت:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = |-1 \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{9 - 4}| = |-1 \times \frac{6 - 14}{5}| \Rightarrow |\mathcal{E}| = 8 \text{ V}$$

30 با توجه به این که جریان، ابتدا صفر است، معادله جریان متناوب به صورت $I = I_m \sin(\frac{\pi}{T}t)$ است که در آن $T = 0.02 \text{ s}$ و $I_m = 2 \text{ A}$ است. همان طور که می دانید، جریان برای اولین بار در لحظه $t = \frac{T}{4}$ بیشینه می شود، بنابراین داریم:

$$t = \frac{T}{4} = \frac{0.02}{4} = 0.005 \text{ s}$$

هم چنین طبق رابطه $\mathcal{E}_m = RI_m$ می توان نوشت:

$$\mathcal{E}_m = RI_m = 5 \times 2 = 10 \text{ V}$$

31 گام اول: محاسبه میدان مغناطیسی سیملوله:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{5 \times 0.5}{0.1} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} = 0.3 \text{ G}$$

گام دوم: میدان کل در مرکز حلقه برابر 0.5 G است، بنابراین میدان حلقه یا باید برابر 0.2 G و هم جهت با میدان سیملوله باشد و یا باید برابر 0.8 G و در خلاف جهت میدان سیملوله باشد تا میدان کل در مرکز حلقه برابر 0.5 G شود.

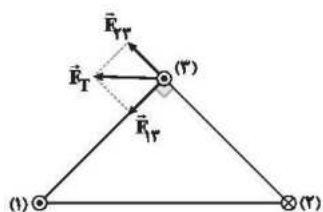
32 جریان سیم های (۱) و (۳) هم جهت هستند، بنابراین نیرویی که به یکدیگر وارد می کنند از نوع جاذبه است و با توجه به این که بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم (۱) در محل سیم (۳) برابر با 0.5 T است، بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم (۳) از طرف سیم (۱) به صورت زیر به دست می آید.

$$F_{13} = B_1 I_3 \ell \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F_{13} = 0.5 \times 2 \times 1 \times 1 = 1 \text{ N}$$

جریان عبوری از سیم (۲) برابر با جریان عبوری از سیم (۱) است و فاصله سیم (۳) از دو سیم (۱) و (۲) برابر است، بنابراین بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم (۳) از طرف سیم های (۱) و (۲) با هم برابر است و در نتیجه می توان نوشت:

$$F_{23} = F_{13} = 1 \text{ N}$$

با توجه به این که دو سیم موازی با جریان های ناهمسو یکدیگر را دفع می کنند، جهت \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} را تعیین می کنیم:



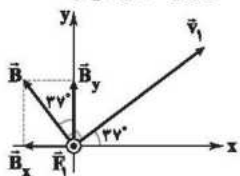
اندازه دو نیرو با هم برابر و بر یکدیگر عمودند، بنابراین برآیند آن ها در جهت منفی محور x ها بوده و اندازه آن برابر است با:

$$F_T = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{2} \text{ N}$$

پس بردار نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر از سیم (۳) برابر است با:

$$F_T = -\sqrt{2} \hat{i} \text{ (N)}$$

33 چون نیروی وارد بر ذره باردار در شکل (۱)، بیشینه است، بنابراین زاویه بین مسیر حرکت ذره یا همان سرعت ذره (\vec{v}_1) و میدان مغناطیسی (\vec{B}) برابر با 90° است. هم چنین با به کارگیری قانون دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی، پی می بریم که میدان مغناطیسی \vec{B} در صفحه xy قرار گرفته است و جهت آن مطابق شکل زیر، تعیین می گردد:



میدان را بر حسب مؤلفه های x و y می نویسیم:

$$\vec{B} = -B_x \hat{i} + B_y \hat{j} = (-B \sin 37^\circ) \hat{i} + (B \cos 37^\circ) \hat{j}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = (-0.6B) \hat{i} + (0.8B) \hat{j}$$

۳ 37 رابطه‌های شار مغناطیسی و جریان متناوب به صورت زیر می‌باشند:

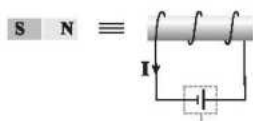
$$\Phi = \Phi_m \cos \omega t$$

$$I = I_m \sin \omega t$$

با توجه به این‌که شار عبوری، نصف شار بیشینه است، بنابراین $\cos \omega t = \frac{1}{2}$ می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم که ωt برابر 60° درجه بوده و $\sin 60^\circ$ نیز برابر با $\frac{\sqrt{3}}{2}$ می‌باشد، پس جریان، برابر جریان بیشینه است.

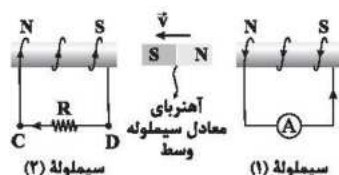
۳ 38 همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید با توجه به قاعده دست راست، سمت چپ سیمولوله (۱) قطب S خواهد بود، در نتیجه سمت راست سیمولوله وسط باید قطب N باشد.

دقت کنید: ما سیمولوله وسط را از سیمولوله (۱) دور می‌کنیم و سیمولوله (۱) تمایل دارد از دور شدن آن جلوگیری کند. بنابراین سمت چپ آهنربای معادل سیمولوله وسط قطب S می‌شود و باتری در وضعیت (۲) به آن متصل شده است.



معادل وضعیت (۲)

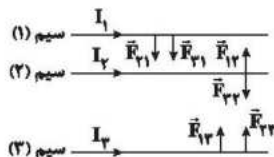
از طرف دیگر با توجه به این‌که سیمولوله وسط به سیمولوله (۲) نزدیک می‌شود، سمت راست سیمولوله (۲) قطب S خواهد بود تا با نزدیک شدن سیمولوله وسط مخالفت کند و جهت جریان القا شده در سیمولوله (۲) به صورت زیر به دست می‌آید:



سیمولوله (۲)

سیمولوله (۱)

۳ 39 سیم (۱)، سیم (۲) را با نیروی مغناطیسی جذب می‌کند، بنابراین سیم (۳) هم باید سیم (۲) را با نیروی مغناطیسی جذب کند تا برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم (۲) بتواند صفر شود و در نتیجه جهت جریان I_p هم به سمت راست خواهد بود. شکل زیر نیروهای وارد بر همه سیم‌ها را نشان می‌دهد.



با توجه به شکل فوق، عبارت‌های «الف»، «ب»، و «ج» عبارت‌هایی صحیح هستند. در مورد عبارت «د» دقت کنید که چون فاصله سیم (۳) تا سیم (۲) بیشتر از فاصله سیم (۱) تا سیم (۲) است، جریان I_p باید بزرگ‌تر از I_2 باشد تا نیروهای F_{p2} و F_{p3} بتوانند هم‌اندازه شوند، بنابراین عبارت «د» نادرست است.

۳ 40 برای محاسبه اندازه نیروی وارد بر الکترون می‌توان نوشت:

$$F = |q| v B = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} = 1.92 \times 10^{-15} \text{ N}$$

بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتون، بزرگی شتاب الکترون به دست می‌آید.

$$F = ma \Rightarrow 1.92 \times 10^{-15} = 9.1 \times 10^{-31} a \Rightarrow a = 2.11 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

در شکل (۲)، چون میدان در صفحه xy قرار دارد و ذره نیز به صورت برون‌سو حرکت می‌کند، در نتیجه زاویه بین سرعت \vec{v} و میدان \vec{B} ، 90° خواهد بود و در نتیجه داریم:

$$F_p = |q| v B \sin 90^\circ \Rightarrow 4 \times 10^{-16} = (2 \times 10^{-16}) \times 800 \times B \times 1$$

$$\Rightarrow B = \frac{4 \times 10^{-16}}{2 \times 10^{-16} \times 800} \Rightarrow B = 2500 \text{ T}$$

بنابراین:

$$\vec{B} = (-0.6B)\vec{i} + (0.8B)\vec{j} = (-0.6 \times 2500)\vec{i} + (0.8 \times 2500)\vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = (-1500\vec{i} + 2000\vec{j}) \text{ (T)}$$

۳ 34 نیروی الکتریکی در جهت میدان الکتریکی به بار مثبت وارد می‌شود و جهت نیروی مغناطیسی با استفاده از قاعده دست راست به دست می‌آید. شکل‌های زیر، جهت نیروها را در هر یک از گزینه‌ها نشان می‌دهند. بررسی گزینه‌ها:



$$F_T = |F_E - F_B| \quad (1)$$



$$F_T = |F_E + F_B| \quad (2)$$



$$F_T < |F_E| + |F_B| \quad (3)$$



$$F_T = |F_E - F_B| \quad (4)$$

همان‌گونه که می‌بینید، در شکل گزینه (۲)، نیروهای الکتریکی و مغناطیسی هم‌جهت هستند و برآیند آن‌ها بیشینه می‌شود.

۳ 35 چرخش 180° درجه قاب باعث می‌شود که شار مغناطیسی عبوری از قاب، قرینه شود. به عبارتی دیگر:

$$\Phi_p = -\Phi_1 \Rightarrow |\Delta \Phi| = 2|\Phi_1|$$

در ادامه Φ_1 را محاسبه می‌کنیم:

$$\Phi_1 = BA \cos \theta = 900 \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-4} \times 1 = 45 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$|\Delta \Phi| = 2|\Phi_1| = 9 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

در نتیجه:

اندازه بار القایی در حلقه برابر است با:

$$|\Delta q| = N \frac{|\Delta \Phi|}{R} \Rightarrow 60 \times 10^{-3} = N \times \frac{9 \times 10^{-4}}{9} \Rightarrow N = 600$$

۳ 36 هر چه قاب جلوتر می‌رود، مساحت سطحی که خطوط میدان مغناطیسی از آن عبور می‌کنند، افزایش می‌یابد، بنابراین میزان افزایش سطح در واحد زمان $\left(\frac{\Delta A}{\Delta t}\right)$ بیشتر می‌شود، بنابراین طبق رابطه

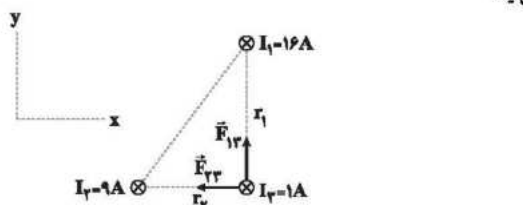
$$I = \frac{NB \cos \theta}{R} \times \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

جریان القایی در قاب افزایش می‌یابد.

44 اصل و فرعی بودن و نردهای بودن تمام کمیت‌های مطرح‌شده را بررسی می‌کنیم:

نام کمیت	اصلی یا فرعی	نردهای یا برداری
بسامد	فرعی	نردهای
میدان الکتریکی و مغناطیسی	فرعی	برداری
تکانه	فرعی	برداری
توان	فرعی	نردهای
فشار	فرعی	نردهای
نیرو	فرعی	برداری
شار مغناطیسی	فرعی	نردهای
ضریب القاوری سیملوله	فرعی	نردهای
انرژی ریدبرگ	فرعی	نردهای
طول موج	اصلی	نردهای
اختلاف پتانسیل الکتریکی	فرعی	نردهای
انرژی بستگی هسته	فرعی	نردهای
ولتاژ	فرعی	نردهای
ظرفیت خازن	فرعی	نردهای

45 می‌دانیم اگر جریان الکتریکی دو سیم، موازی و هم‌جهت باشند، نیروی بین آن‌ها رپایشی و اگر در دو سوی مخالف هم باشند، نیروی بین آن‌ها رانشی است. با توجه به جهت جریان‌ها، سیم‌های (۱) و (۲) بر سیم (۳) نیروی رپایشی وارد می‌کنند که اندازه هر یک از رابطه $F = I\ell B \sin \alpha$ به دست می‌آید:



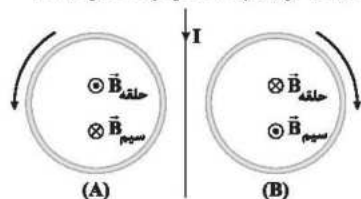
$$|F_{13}| = I_3 \ell B_1 \sin 90^\circ = 1 \times 0.2 \times 8 \times 10^{-5} \times 1 = 1.6 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$|F_{23}| = I_3 \ell B_2 \sin 90^\circ = 1 \times 0.2 \times 6 \times 10^{-5} \times 1 = 1.2 \times 10^{-5} \text{ N}$$

در نهایت نیروی وارد بر سیم (۳) برابر است با:

$$\vec{F}_3 = -F_{23} \vec{i} + F_{13} \vec{j} = -1.2 \times 10^{-5} \vec{i} + 1.6 \times 10^{-5} \vec{j} \text{ (N)}$$

46 با توجه به شکل زیر، برای صفر شدن میدان در مرکز حلقه‌های A و B، جریان آن‌ها باید به ترتیب پادساعتگرد و ساعتگرد باشد.



47 با توجه به اطلاعات مطرح‌شده در سؤال، ابتدا جریان سیملوله را محاسبه می‌کنیم و سپس مقاومت R را به دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} \Rightarrow 3.0 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 1000 \times I}{1} \Rightarrow I = \frac{25}{3} \text{ A}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \Rightarrow \frac{25}{3} = \frac{10}{2 + R} \Rightarrow R = 2 \Omega$$

بنابراین:

جهت نیرو و شتاب وارد بر الکترون هم با کمک قاعده دست راست به دست می‌آید.



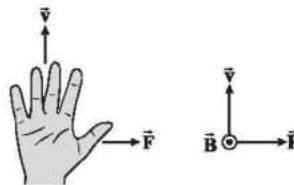
بنابراین جهت بردار شتاب به سمت بالا است.

41 حلقه (۱) موازی سیم حامل جریان حرکت کرده و فاصله آن از سیم تغییر نمی‌کند، بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن ثابت بوده و نیروی محرکه‌ای در آن القا نمی‌شود ($\mathcal{E}_p = 0$).

حلقه‌های (۲) و (۳) از سیم حامل جریان دور می‌شوند و شار مغناطیسی گذرنده از آن‌ها تغییر می‌کند، بنابراین نیروی محرکه‌ای در آن‌ها القا می‌شود. با توجه به این‌که تندی حلقه (۳)، بیشتر از تندی حلقه (۲) است، بنابراین آهنگ تغییر شار مغناطیسی گذرنده از حلقه (۳)، بیشتر از حلقه (۲) بوده و نیروی محرکه القا شده در آن بزرگ‌تر از نیروی محرکه القا شده در حلقه (۲) است ($\mathcal{E}_3 > \mathcal{E}_2$).

42 شکل زیر، جهت میدان‌های مغناطیسی حاصل از سیم‌های (۱) و (۲) و میدان برآیند را در محل ذره آلفا نشان می‌دهد. **دقت کنید**، چون ذره به سیم (۱) نزدیک‌تر است، میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم (۱) از میدان مغناطیسی حاصل از جریان سیم (۲) بزرگ‌تر است.

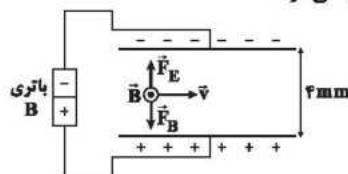
بنابراین مطابق قاعده دست راست، جهت نیروی وارد بر ذره آلفا با بار مثبت به سمت راست خواهد بود.



43 در لحظه t_1 میدان، منفی است (به سمت چپ است) و بزرگی آن در حال کاهش است، بنابراین طبق قانون لنز، حلقه میدانی در جهت چپ ایجاد می‌کند تا با کاهش شار مغناطیسی عبوری از حلقه مخالفت کند. برای آن‌که میدان حلقه به سمت چپ باشد، جهت جریان القایی در آن در جهت (۲) خواهد بود. در لحظه t_2 میدان، مثبت است (به سمت راست است) و بزرگی آن در حال افزایش است، بنابراین طبق قانون لنز، حلقه میدانی در جهت چپ ایجاد می‌کند تا با افزایش شار مغناطیسی عبوری از حلقه مخالفت کند. برای آن‌که میدان حلقه به سمت چپ باشد، جهت جریان القایی در آن در جهت (۲) خواهد بود.

48 ۲

به این ذره با توجه به قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی رو به پایین وارد می‌شود و برای جلوگیری از انحراف ذره، نیروی الکتریکی باید رو به بالا باشد و چون $q > 0$ است، صفحه بالایی باید منفی و صفحه پایینی باید مثبت باشد، پس باتری B انتخاب می‌شود.



$$F_E = F_B \Rightarrow E|q| = |q|vB \sin 90^\circ \Rightarrow E = vB$$

$$\Rightarrow E = 10^3 \times 4000 \times 10^{-4} = 400 \frac{N}{C}$$

و در ادامه اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر است با:

$$\Delta V = Ed = 400 \times 4 \times 10^{-2} = 16V$$

49 ۱

با توجه به نمودار داده شده، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{cases} I = -2/\Delta A, t = 14ms, I_m = 5 \\ I = I_m \sin(\frac{2\pi}{T}t) \end{cases}$$

$$\Rightarrow -2/\Delta = 5 \sin(\frac{2\pi}{T} \times 14)$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{5} = \sin(\frac{28\pi}{T}) \Rightarrow \frac{28\pi}{T} = \frac{7\pi}{6}$$

$$\Rightarrow T = 24ms = \frac{24}{1000}s$$

$$I = 5 \sin(\frac{2\pi}{24}t) = 5 \sin(\frac{25\pi}{3}t)$$

بنابراین:

حال که معادله جریان - زمان را می‌دانیم، جریان را در لحظه $t = 3ms$ محاسبه می‌کنیم:

$$t = 3ms = 0.003s \rightarrow I = 5 \sin(\frac{25\pi}{3} \times \frac{3}{1000})$$

$$\Rightarrow I = 5 \sin(\frac{\pi}{2}) = \frac{5\sqrt{2}}{2} A$$

بنابراین انرژی ذخیره شده در القاگر در لحظه $t = 3ms$ برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 12 \times \frac{25 \times 2}{4} = 75mJ$$

50 ۳

شیب نمودار از لحظه $t = 0.44s$ تا لحظه $t = 0.54s$ ثابت بوده و داریم:

$$B-T \text{ نمودار} = \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{-1/2}{0.1} = -\frac{T}{s}$$

$$|\vec{E}| = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow 3 = N \times 40 \times 10^{-4} \times 6$$

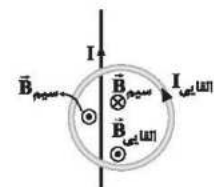
$$\Rightarrow N = 125$$

51 ۲ بررسی گزینه‌ها:

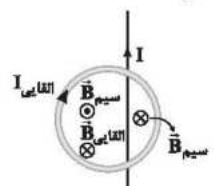
- (۱) ضریب القاوری سیم‌لوله به جریان عبوری از آن ارتباطی ندارد. (*)
- (۲) در مولدهای صنعتی جریان متناوب، پیچ‌ها ساکن هستند و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد. (✓)
- (۳) برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کرد. (*)
- (۴) هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود. (*)

52 ۴

در حلقه (۱) شار عبوری از سمت راست حلقه بیشتر از سمت چپ آن بوده و با افزایش جریان I، جریان القایی به گونه‌ای است که میدان سمت راست حلقه را تضعیف کند. بنابراین جهت جریان القایی در حلقه (۱) پادساعتگرد خواهد بود.

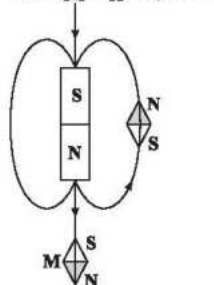


به طور مشابه، جهت جریان القایی در حلقه (۲) ساعتگرد است.



53 ۴

با توجه به این‌که قطب‌های همنام یکدیگر را دفع می‌کنند و قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند، قطب A از آهنربا، قطب S مغناطیسی بوده و وضعیت عقربه مغناطیسی در نقطه M به صورت زیر است.



54 ۲

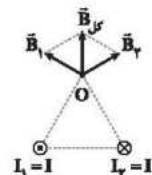
برای محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow 1/2 \times 10^{-2} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N}{\ell} \times 5 \rightarrow \frac{N}{\ell} = 200$$

بنابراین تعداد دور در واحد طول سیم‌لوله برابر ۲۰۰ است.

55 ۱

ابتدا میدان مغناطیسی برآیند حاصل از دو سیم را در نقطه O به دست می‌آوریم:



برای آن‌که برآیند میدان‌ها در نقطه O صفر شود، باید سیم سوم با جریان درون‌سو به گونه‌ای قرار بگیرد که میدان حاصل از آن در نقطه O به سمت پایین باشد تا بتواند برآیند میدان‌های دو سیم اول را خنثی کند. طبق قاعده دست راست، اگر سیم سوم را در نقطه A قرار دهیم، میدان مغناطیسی آن در نقطه O به سمت پایین خواهد بود و می‌تواند برآیند میدان‌های دو سیم اول را خنثی کند تا میدان مغناطیسی خالص در نقطه O صفر شود.

56 ابتدا اندازه میدان مغناطیسی موردنظر را به دست می آوریم:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{\delta^2 + 12^2} = 13T$$

با توجه به این که در حالت اول نیروی وارد شده به سیم، بیشینه است، سیم موردنظر باید عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گرفته باشد و داریم:

$$F = BIl \sin \alpha \xrightarrow{\sin \alpha = 1} F = 13 \times 6 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ$$

در حالت دوم سیم در راستای محور x قرار گرفته و تنها مؤلفه‌ای از میدان مغناطیسی که بر آن عمود است (B_y) ، بر سیم، نیرو وارد می‌کند و اندازه نیروی وارد شده برابر است با:

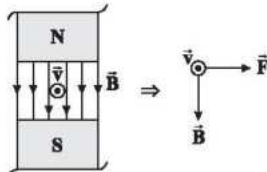
$$F_y = B_y I l \sin \alpha = 12 \times 6 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ$$

$$\frac{F_y}{F} = \frac{12}{13}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

57 این ذره آلفا در میدان مغناطیسی بین دو قطب N و S آهنربا

قرار گرفته و این میدان مغناطیسی از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود. در ادامه با توجه به قاعده دست راست، نیروی وارد بر ذره آلفا، با توجه به بار مثبت آن، به سمت راست است.



58 حالت اول: باتوجه به این که بار ذره α ، مثبت است، بنابراین

نیروی الکتریکی وارد بر ذره آلفا در جهت میدان الکتریکی و به سمت راست است. اندازه این نیرو برابر است با:

$$F_E = |q|E = 2 \times 10^{-19} \times 200000 = 4 \times 10^{-15} N$$

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره آلفا مطابق قاعده دست راست، عمود بر صفحه به سمت داخل آن است. اندازه این نیرو برابر است با:

$$F_B = |q|vB = 2 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^5 \times 500 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow F_B = 4 \times 10^{-15} N$$

اندازه نیروی کل وارد بر ذره، مطابق قاعده فیثاغورس محاسبه می‌شود:

$$F_{\text{کل}} = \sqrt{F_E^2 + F_B^2} = 10^{-15} \sqrt{4^2 + 4^2} = 8 \times 10^{-15} N$$

حالت دوم: اگر ذره در خلاف جهت میدان مغناطیسی شلیک شود، نیروی \vec{F}_B برابر صفر بوده $(\sin \alpha = 0)$ و تنها نیروی $F_E = Eq$ بر ذره وارد می‌شود.

$$F_{\text{کل}} = F_E = |q|E = 4 \times 10^{-15} N$$

بنابراین با توجه به قانون دوم نیوتون، نسبت خواسته شده برابر است با:

$$F = ma \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{F_{\text{کل}1}}{F_{\text{کل}2}} = \frac{8 \times 10^{-15}}{4 \times 10^{-15}} = 1/25$$

59 بررسی عبارت‌ها:

الف) در مواد فرومغناطیسی نرم، حجم حوزه‌های مغناطیسی در میدان‌های مغناطیسی قوی به راحتی تغییر می‌کند. (*)

ب) حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی مانند سرب شود. (*)

ج) مس، نقره و بیسموت دیامغناطیسی هستند و هیچ‌یک از اتم‌های آن‌ها دارای دو قطبی مغناطیسی خالصی نیستند. (✓)

60 جریان در مدار برابر است با:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow 80 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 2000 \times I}{0.12} \Rightarrow I = 4A$$

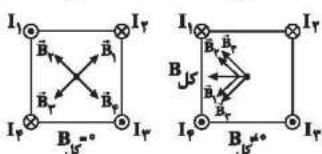
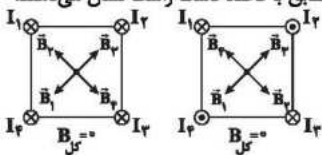
مقاومت درونی باتری برابر است با:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{I} = R + r \Rightarrow \frac{24}{4} = 4 + r \Rightarrow r = 1/5 \Omega$$

افت پتانسیل باتری برابر است با:

$$\text{افت پتانسیل} = rI = 1/5 \times 4 = 6V$$

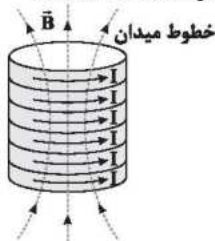
61 سیم قرار گرفته در مرکز مربع، زمانی در حالت تعادل قرار دارد که برآیند میدان‌های مغناطیسی حاصل از سیم‌های دیگر در مرکز مربع، صفر باشد. شکل‌های زیر جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌ها و جهت میدان مغناطیسی برآیند در مرکز مربع را مطابق با قاعده دست راست نشان می‌دهند.



همان‌طور که می‌بینید، فقط در یکی از شکل‌ها، برآیند میدان‌های مغناطیسی در مرکز مربع، صفر نیست.

62 با چرخش استوانه، بارهای مثبت روی آن به حرکت درمی‌آیند

و به عبارتی جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. می‌توانیم مانند شکل زیر، استوانه را به عنوان تعدادی حلقه حامل جریان در نظر بگیریم، در این صورت با افزایش تندی چرخش، بارها سریع‌تر حرکت می‌کنند، جریان بیشتر می‌شود و در نتیجه شدت میدان مغناطیسی در نقاط A و B بیشتر می‌شود. دقت کنید که جهت میدان در نقاط A و B طبق قاعده دست راست به سمت بالاست.



63 تغییرات شار مغناطیسی گذرنده از پیچه برابر است با:

$$\Delta \Phi = A \Delta B \cos \theta = 2 \times 10^{-4} \times (1 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4}) \times 1 = -2 \times 10^{-8} Wb$$

در ادامه برای محاسبه مقاومت پیچه می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \vec{I} = \frac{|\vec{E}|}{R} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ \vec{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \Delta q = -\frac{N}{R} \Delta \Phi$$

$$\Rightarrow 0.5 \times 10^{-6} = -\frac{200 \times (-2 \times 10^{-8})}{R} \Rightarrow R = 8 \Omega$$

زمانی $t_1 = \frac{1}{200} \text{ s}$ تا $t_2 = \frac{3}{400} \text{ s}$ به دست می آوریم:

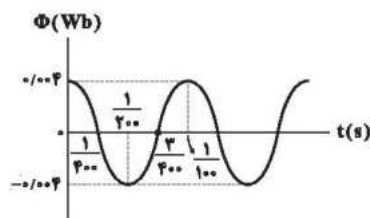
$$\begin{cases} \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ t_1 = \frac{1}{200} \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = 4 \times 10^{-3} \cos(200\pi \times \frac{1}{200}) = -4 \times 10^{-3} \text{ Wb} \\ t_2 = \frac{3}{400} \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos(200\pi \times \frac{3}{400}) = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \times \left(\frac{0 - (-4 \times 10^{-3})}{\frac{3}{400} - \frac{1}{200}} \right)$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \times 4 \times 400 \times 10^{-3} = -1/6 \text{ V} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 1/6 \text{ V}$$

نمودار شار - زمان برای این حلقه مطابق شکل زیر به صورت نمودار کسینوسی است که دوره تناوب آن برابر است با:

$$\frac{2\pi}{T} = 200\pi \Rightarrow T = \frac{1}{100} \text{ s}$$



در بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{200} \text{ s}$ تا $t_2 = \frac{3}{400} \text{ s}$ شیب نمودار شار - زمان به تدریج افزایش می یابد، بنابراین اندازه جریان القایی در حلقه نیز افزایش می یابد، زیرا جریان القایی با شیب نمودار شار - زمان متناسب است.

67 ۴ در ابتدا با توجه به نمودار سینوسی داده شده، معادله جریان را

به صورت زیر به دست می آوریم:

$$\begin{cases} I_m = 4 \text{ A} \\ \frac{2\pi}{T} = 200 \Rightarrow T = 0.01 \text{ s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 4 \sin\left(\frac{200\pi}{1}t\right) \Rightarrow I = 4 \sin(200\pi t)$$

حال با قرار دادن لحظه $t = \frac{1}{150} \text{ s}$ در معادله جریان، I در این لحظه را می یابیم:

$$t = \frac{1}{150} \text{ s} \Rightarrow I = 4 \sin\left(200\pi \times \frac{1}{150}\right) = 4 \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = 4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3} \text{ A}$$

64 ۳ می دانیم اگر از سیملوله جریان بگذرد، میدان مغناطیسی در

آن ایجاد می شود.

تغییر جریان در سیملوله موجب تغییر بزرگی میدان مغناطیسی و تغییر شار مغناطیسی عبوری از سیملوله می شود، بنابراین:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow \Delta B = \mu_0 \frac{N}{\ell} (I_2 - I_1)$$

بنابراین تغییرات شار مغناطیسی عبوری از سیملوله برابر است با:

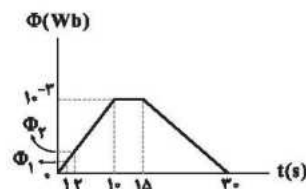
$$\Delta \Phi = A \Delta B \Rightarrow \Delta \Phi = \mu_0 \frac{N}{\ell} (I_2 - I_1) \times A$$

$$\Rightarrow \Delta \Phi = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 \times 10^{-2}} \times 8 \times \pi \times (4 \times 10^{-2})^2$$

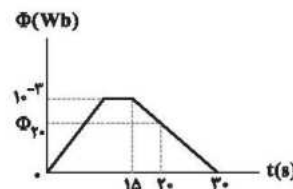
$$\Rightarrow \Delta \Phi = \frac{800\pi^2 \times 10^{-11}}{10^{-2}} = 8 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

65 ۱ ابتدا باید مقدار شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در

لحظات $t = 20 \text{ s}$ ، $t = 25 \text{ s}$ و $t = 30 \text{ s}$ را به دست آوریم. برای این کار از شیب خط استفاده می کنیم.



$$\begin{cases} \frac{\Phi_2}{10^{-3}} = \frac{2}{10} \Rightarrow \Phi_2 = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ \frac{\Phi_1}{10^{-3}} = \frac{1}{10} \Rightarrow \Phi_1 = 10^{-4} \text{ Wb} \end{cases}$$



$$\frac{\Phi_{20}}{10^{-3}} = \frac{10}{15} \Rightarrow \Phi_{20} = \frac{2}{3} \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{(-20)}}{\varepsilon_{(1-2)}} = \frac{\Delta \Phi_{(-20)}}{\Delta \Phi_{(1-2)}} \times \frac{\Delta t_{(1-2)}}{\Delta t_{(-20)}}$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon_{(-20)}}{\varepsilon_{(1-2)}} = \frac{\frac{2}{3} \times 10^{-3} - 0}{2 \times 10^{-4} - 10^{-4}} \times \frac{1}{20}$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon_{(-20)}}{\varepsilon_{(1-2)}} = \frac{\frac{2}{3} \times 10^{-3}}{10^{-4}} \times \frac{1}{20} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{3}$$

68 ۴ با استفاده از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده برای یک

پیچه داریم:

$$\begin{cases} |\vec{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA \cos\theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ N = 200 \\ A = \pi r^2 = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \\ \cos\theta = \cos 0^\circ = 1 \end{cases}$$

چون نمودار، خطی است، بنابراین مقدار $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ در هر بازه دلخواه Δt ، یکسان و برابر با همان شیب خط است.

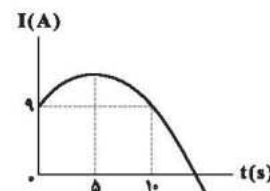
$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{10000 \times 10^{-4}}{50 \times 10^{-3}} = -20 \frac{\text{T}}{\text{s}}$$

بنابراین:

$$|\vec{\varepsilon}| = |-200 \times 3 \times 10^{-2} \times 1 \times (-20)| = 120 \text{ V}$$

69 ۴ انرژی ذخیره شده در یک القاگر از رابطه $U = \frac{1}{2} LI^2$ محاسبه

می شود. در نتیجه هنگامی که شدت جریان گذرنده از القاگر در حال کاهش باشد، انرژی ذخیره شده در القاگر نیز در حال کاهش خواهد بود. چون معادله شدت جریان برحسب زمان، درجه دو است، پس نمودار به صورت سهمی زیر است.



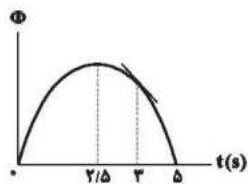
$$I = -2t^2 + 20t + 9$$

$$t_{\text{راس}} = \frac{-b}{2a} = \frac{-20}{-4} = 5 \text{ s}$$

مشاهده می شود در ۵ ثانیه اول، شدت جریان در حال افزایش است. پس از لحظه $t = 5 \text{ s}$ تا مدتی شدت جریان در حال کاهش است. با توجه به گزینه ها، در لحظه $t = 6 \text{ s}$ شدت جریان گذرنده از القاگر و در نتیجه انرژی ذخیره شده در آن در حال کاهش است.

70 ۲ ابتدا نمودار $\Phi - t$ را از معادله $\Phi = -2t^2 + 10t$ رسم

می کنیم.



$$t_{\text{راس}} = \frac{-b}{2a} = \frac{-10}{2(-2)} = 2.5 \text{ s}$$

$$\Phi = 0 \Rightarrow -2t^2 + 10t = 0 \Rightarrow 2t(-t + 5) = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 0 \\ t = 5 \text{ s} \end{cases}$$

در لحظه $t = 3 \text{ s}$ شار مغناطیسی گذرنده از حلقه در حال کاهش است. در نتیجه میدان القایی هم جهت با میدان \vec{B} یعنی برون سو می شود، پس جهت جریان القایی پادساعتگرد می باشد. در مورد علامت نیروی محرکه القایی می توان گفت همواره قرینه شیب نمودار $\Phi - t$ می باشد. پس چون در لحظه $t = 3 \text{ s}$ شیب نمودار $\Phi - t$ ، منفی است، در نتیجه علامت نیروی محرکه القایی، مثبت است.

71 ۳ نیروی وارد بر سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی از

رابطه $F = BIl \sin\theta$ به دست می آید.

$$\begin{cases} \theta = 90^\circ \Rightarrow \sin\theta = 1 \\ I = \frac{V}{R} = \frac{15}{3} = 5 \text{ A} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F = BIl \sin\theta = 50 \times 10^{-3} \times 5 \times 0.1 \times 1 = 2.5 \times 10^{-2} \text{ N}$$

با توجه به این که جهت جریان به سمت پایین است، طبق قاعده دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم از طرف میدان به سمت راست است.

72 ۲ رابطه اندازه نیروی محرکه القایی متوسط به صورت زیر است:

$$|\vec{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta(BA \cos\theta)}{\Delta t}$$

افزایش سرعت حرکت آهنربا Δt را کاهش می دهد، در نتیجه در اندازه نیروی محرکه القایی متوسط مؤثر است. هم چنین مقدار نیروی محرکه القایی با مساحت هر حلقه سیملوله و تعداد دورهای سیملوله هم متناسب است.

دقت کنید: جنس سیم ها در مقدار نیروی محرکه القایی متوسط تأثیر ندارد، ولی روی جریان القایی تأثیر می گذارد، زیرا مقاومت سیم ها به جنس آن ها هم بستگی دارد.

۷۳ عبارت‌های «ج» و «ه» صحیح هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

- (الف) شیب مغناطیسی در نقاط مختلف کره زمین، متفاوت است.
 (ب) هنگامی که یک ماده پارامغناطیسی در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی قرار می‌گیرد، دوقطبی‌های مغناطیسی آن به طور مختصری در راستای خطوط میدان مغناطیسی منظم می‌شوند.
 (د) تمام مواد فرومغناطیسی، (چه نرم و چه سخت) دارای حوزه‌های مغناطیسی می‌باشند.

۷۴ تندی حرکت ذره برابر است با:

$$F = |q|vB \sin 90^\circ \Rightarrow 1/6 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-18} \times v \times (100 \times 10^{-4})$$

$$\Rightarrow v = 10^6 \frac{m}{s}$$

با توجه به رابطه انرژی جنبشی داریم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 5 \times 10^{-19} = \frac{1}{2}m \times (10^6)^2 \Rightarrow m = 10^{-30} kg = 10^{-27} g$$

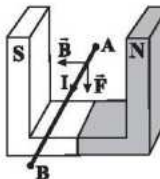
$$\Rightarrow m = 10^{-27} \times 10^9 ng = 10^{-18} ng$$

۷۵ همان‌طور که می‌دانید مؤلفه‌ای از میدان که موازی جریان سیم

است، اهمیتی ندارد، بنابراین در تمام بردارهای مطرح‌شده، مؤلفه \vec{j} را حذف می‌کنیم و اندازه مؤلفه‌های \vec{i} را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. چون در گزینه (۴) اندازه مؤلفه \vec{i} میدان بیشتر از سایر گزینه‌ها است، پس اندازه نیروی واردشده بر سیم حامل جریان از طرف میدان در این حالت بیشتر است.

۷۶ ابتدا توجه کنید که مطابق قاعده دست راست، نیروی

مغناطیسی وارد بر سیم به سمت پایین است و در نتیجه مطابق قانون سوم نیوتون، عکس‌العمل این نیرو به آهن‌ربا به طرف بالا وارد می‌شود و باعث می‌شود که عدد ترازو به اندازه این نیرو کاهش بیابد.



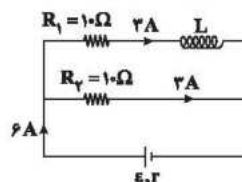
$$F = BIl \sin \theta = 0.1 \times 5 \times 2 \times 1 = 1N$$

ترازو در ابتدا وزن آهن‌ربا که برابر ۵ نیوتون است را نشان می‌دهد و پس از وصل کردن کلید K، این عدد به اندازه $F = 1N$ کاهش می‌یابد و به ۴ نیوتون می‌رسد.

۷۷ جریان الکتریکی عبوری از سیم‌لوله را به دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \Rightarrow 18 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times I}{0.2} \Rightarrow I = 3A$$

با توجه به این‌که مقاومت یک سیم‌لوله آرماتی ناچیز است، مقاومت شاخه‌های بالا و پایین مدار یکسان است و جریان یکسانی از آن‌ها می‌گذرد. توان خروجی باتری برابر مجموع توان مصرفی دو مقاومت ۱۰ اهمی است، بنابراین:



$$P_1 = P_2 = RI^2 = 10 \times 3^2 = 90W$$

$$P_{\text{خروجی}} = P_1 + P_2 = 90 + 90 = 180W$$

۷۸ با توجه به معادله جریان متناوب داریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow i = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{1} \times \frac{1}{60}\right)$$

$$\Rightarrow i = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{60}\right) = I_m \sin\left(\pi - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$\Rightarrow i = I_m \times \sin \frac{\pi}{6} \Rightarrow i = I_m \times \frac{1}{2} \Rightarrow I_m = 2i = 4A$$

بنابراین بیشینه اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانا با استفاده از قانون اهم برابر است با:

$$V_m = RI_m = 20 \times 4 = 80V$$

۷۹ برای حل این تست از رابطه $\Delta q = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{R} \right|$ استفاده می‌کنیم.

$$\theta_1 = 0^\circ \Rightarrow \Phi_1 = BA = 0.08 \times 50 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-4} Wb$$

$$\theta_2 = 18^\circ \Rightarrow \Phi_2 = -BA = -4 \times 10^{-4} Wb$$

$$\Delta q = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{R} \right| = \left| -400 \times \frac{(-4 \times 10^{-4}) - (4 \times 10^{-4})}{10} \right|$$

$$\Rightarrow \Delta q = 320 \times 10^{-4} C = 32000 \mu C$$

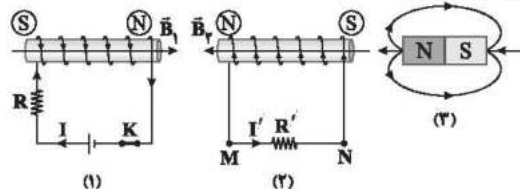
در مدت زمانی که اندازه میدان مغناطیسی از $0.08T$ به صفر می‌رسد، شار عبوری از پیچه کاهش می‌یابد و براساس قانون لنز، حلقه میدانی هم‌جهت با میدان اصلی یعنی در جهت درون‌سو تولید می‌کند تا با کاهش شار مخالفت کند. بر اساس قاعده دست راست، برای آن‌که میدان حلقه درون‌سو باشد، جریان القا‌یی در آن باید ساعتگرد باشد.

در مدت زمانی که شار افزایش می‌یابد، یعنی اندازه میدان مغناطیسی از صفر به $0.08T$ می‌رسد (برون‌سو)، جهت میدان مغناطیسی القا‌یی باید درون‌سو باشد تا با افزایش شار مخالفت کند، لذا جهت جریان القا‌یی باز هم طبق قاعده دست راست باید ساعتگرد باشد.

۸۰ برای آن‌که جریان القا‌یی در مقاومت R' از M به N باشد،

میدان القا‌یی در سیم‌لوله (۲) باید به سمت چپ باشد. از طرفی با توجه به این‌که میدان اصلی در سیم‌لوله (۱) به سمت راست و میدان آهن‌ربا به سمت چپ است، می‌توان نتیجه گرفت که شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله (۲) با تغییر در سیم‌لوله (۱) در حال افزایش بوده است و یا شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله (۲) با تغییر در وضعیت آهن‌ربا در حال کاهش است. به همین دلیل میدان این سیم‌لوله در خلاف جهت میدان سیم‌لوله (۲) است.

به شکل زیر دقت کنید.

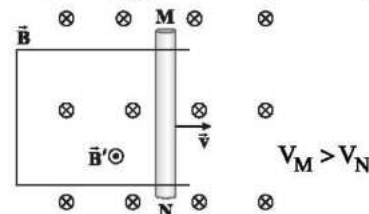


از بین عبارت‌های مطرح‌شده، حرکت سیم‌لوله (۱) به سمت راست و کاهش دمای مقاومت R می‌تواند خواسته سؤال را تأمین کند.

۴۸۱ هنگامی که سیمی به طول ℓ با تندی ثابت v عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی B حرکت می‌کند، اندازه نیروی محرکه القاشده متوسط در آن به کمک رابطه زیر به دست می‌آید:

$$|\vec{\epsilon}| = B\ell v \Rightarrow \begin{cases} |\vec{\epsilon}_{AB}| = 0.2 \times 0.2 \times 1/8 = 22 \text{ mV} \\ |\vec{\epsilon}_{CD}| = 0.2 \times 0.2 \times 1/8 = 10 \text{ mV} \end{cases}$$

فرض کنید مطابق شکل زیر، سیم MN بر روی یک قاب U شکل در جهت نشان داده شده، داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت در حال حرکت باشد، در این حالت شار گذرنده از قاب افزایش یافته و جهت میدان القایی درون حلقه، برون‌سو خواهد شد و طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی در حلقه به صورت پادساعتگرد خواهد بود و در نتیجه پتانسیل الکتریکی نقطه M بیشتر از پتانسیل الکتریکی نقطه N خواهد شد. به شکل زیر دقت کنید:



با استدلالی مشابه می‌توانیم بگوییم که $V_A > V_B$ و $V_C > V_D$ است. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط B و D را برابر V در نظر بگیریم، داریم:

$$\begin{cases} V_A = V + 22 \\ V_C = V + 10 \end{cases} \Rightarrow V_A - V_C = -12 \text{ mV}$$

۴۸۲ مطابق رابطه $\epsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، نیروی محرکه القایی برابر قرینه شیب نمودار شار-زمان است، بنابراین در لحظات t_1 و t_2 که شیب نمودار صفر است، نیروی محرکه القایی هم صفر است. در لحظه t_1 ، شیب نمودار مثبت و بیشینه است، بنابراین نیروی محرکه القایی منفی می‌باشد و در لحظه t_2 ، شیب نمودار منفی و بیشینه است و در نتیجه در لحظه t_2 ، نیروی محرکه القایی مثبت بوده و اندازه آن بیشینه است.

۴۸۳ بررسی عبارت‌ها:

- الف) قطب N یک عقربه مغناطیسی تقریباً رو به شمال جغرافیایی زمین می‌ایستد و توسط قطب شمال جغرافیایی زمین جذب می‌شود. (×)
- ب) وقتی یک آهنربای میله‌ای را از وسط آویزان می‌کنیم، در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد، به این زاویه شیب مغناطیسی می‌گویند. (×)
- ج) نیروی وارد بر یک الکترون متحرک بر راستای میدان و راستای حرکت ذره عمود است. (×)
- د) اگر ذره باردار طوری از میدان عبور کند که خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند، بر آن نیرو مغناطیسی اثر می‌کند. در این حالت چون نیرو همواره بر مسیر حرکت عمود است، تندی حرکت ذره باردار تغییری نمی‌کند. (×)

۴۸۴ میله باید طوری حرکت کند که الکترون‌های آزاد آن در بالای میله تراکم بیشتری پیدا کنند و بالای میله دارای بار منفی شود. جهت میدان مغناطیسی زمین رو به شمال است و می‌خواهیم نیروی وارد بر الکترون‌ها رو به بالا باشد. در این صورت با توجه به شکل زیر، جهت حرکت میله باید به سمت چپ (غرب) باشد.



۴۸۵ با استفاده از رابطه محاسبه نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌توان نوشت:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} = \sqrt{v} \times 10^{-5} \hat{i} + \sqrt{v} \times 10^{-5} \hat{j}$$

$$\vec{B} = \frac{\sqrt{v}}{v} \hat{i} + \hat{j} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j}$$

$$F_1 = |q| B_y v_x \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-19} \times 1 \times 2 \times 10^{-5} \times 1$$

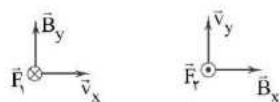
$$\Rightarrow F_1 = 4 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$F_2 = |q| B_x v_y \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-19} \times \frac{\sqrt{v}}{v} \times \sqrt{v} \times 10^{-5} \times 1$$

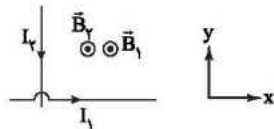
$$\Rightarrow F_2 = 2 \times 10^{-14} \text{ N}$$

در این صورت نیروی خالص وارد بر جسم برابر است با:

$$F = F_1 - F_2 = (4 - 2) \times 10^{-14} = 2 \times 10^{-14} \text{ N}$$



۴۸۶ با توجه به قاعده دست راست ابتدا جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان‌های دو سیم را در نقطه M مشخص می‌کنیم. یعنی جهت میدان برآیند حاصل، برون‌سو است.



اکنون با توجه به قاعده دست راست، جهت نیروی وارد بر الکترون را مشخص می‌کنیم.



بنابراین نیروی وارد بر الکترون در خلاف جهت محور y است.

۱۸۷ ابتدا جریان القایی عبوری از مقاومت R را حساب می‌کنیم:

$$P = RI^2 \Rightarrow 50 \times 10^{-3} = \Delta I^2 \Rightarrow I^2 = 10^{-2} \Rightarrow I = 0.1 \text{ A}$$

اکنون اندازه نیروی محرکه القایی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{|\mathcal{E}|}{5} \Rightarrow |\mathcal{E}| = 0.5 \text{ V}$$

با توجه به قانون القای فاراده برای محاسبه آهنگ تغییر سطح می‌توان نوشت:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{\Delta A}{\Delta t} B \cos \theta \Rightarrow 0.5 = 1 \times \frac{\Delta A}{\Delta t} \times 0.5 \times 1$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

۱۸۸ بیشینه جریان عبوری از سیمولوله برابر $2/\Delta A$ است. با توجه

به رابطه محاسبه انرژی ذخیره‌شده در سیمولوله می‌توان نوشت:

$$U_m = \frac{1}{2} LI_m^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-2} \times (2/5)^2 = 6/25 \times 10^{-2} \text{ J} = 62/5 \text{ mJ}$$

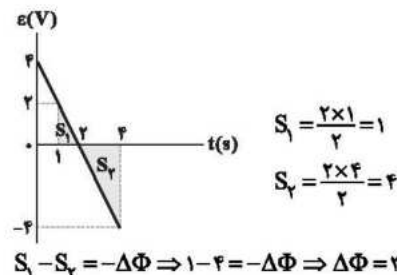
۱۸۹ ضریب القاوری یک القاگر به عواملی هم‌چون تعداد دور، طول

و سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ای که داخل آن قرار می‌گیرد، بستگی دارد.

۱۹۰ طبق قانون القای فاراده داریم:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta \Phi = -\mathcal{E} \Delta t$$

پس مساحت زیر نمودار نیرو محرکه - زمان، برابر قرینه تغییرات شار مغناطیسی عبوری از حلقه است.



دقت کنید: در محاسبه مساحت زیر نمودار، قسمت‌های بالای محور افقی با علامت مثبت و قسمت‌های پایین محور افقی با علامت منفی در نظر گرفته می‌شوند.

۱۹۱ ابتدا معادله جریان متناوب را با توجه به نمودار به دست می‌آوریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{\gamma \pi}{T} t\right) \xrightarrow[t=14 \text{ ms}, I_m = \Delta A]{I = -2/\Delta A} -2/5 = \Delta \sin\left(\frac{\gamma \pi}{T} \times 14\right)$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{2} = \sin\left(\frac{\gamma \pi}{T}\right) \Rightarrow \frac{\gamma \pi}{T} = \frac{\gamma \pi}{6} \Rightarrow T = 24 \text{ ms} \Rightarrow T = \frac{24}{1000} \text{ s}$$

بنابراین:

$$I = \Delta \sin\left(\frac{\gamma \pi}{0.024} t\right) = \Delta \sin\left(\frac{\gamma \pi}{3} t\right)$$

بنابراین جریان عبوری از سیمولوله و انرژی ذخیره‌شده در آن در لحظه $t = 3 \text{ ms}$ برابر است با:

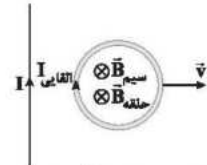
$$I = \Delta \sin\left(\frac{\gamma \pi}{3} \times \frac{3}{1000}\right) = \Delta \sin\left(\frac{\gamma \pi}{1000}\right)$$

$$\Rightarrow I = \Delta \sin\left(\frac{\pi}{1000}\right) = \frac{\Delta \sqrt{2}}{2} \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 12 \times \frac{25 \times 2}{4} = 75 \text{ J}$$

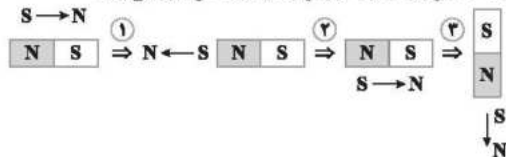
در نتیجه:

۹۲ حلقه (۱) در حال دور شدن از سیم است، بنابراین شار مغناطیسی گذرنده از آن کاهش می‌یابد. طبق قانون لنز، حلقه برای مخالفت با کاهش شار، میدانی هم‌جهت با میدان سیم راست می‌سازد، پس میدان حلقه هم درون آن در جهت درون‌سو خواهد بود و طبق قاعده دست راست، جریان القایی در آن ساعتگرد خواهد بود.



حلقه (۲) در جهت موازی با سیم حرکت می‌کند و نه به آن نزدیک می‌شود و نه از آن دور می‌شود، پس شار مغناطیسی گذرنده از حلقه (۲) تغییر نمی‌کند و در نتیجه جریانی در آن القا نمی‌شود.

۹۳ می‌دانیم که در فضای اطراف آهن‌ریا، خطوط میدان مغناطیسی از قطب N آهن‌ریا خارج و به قطب S آن وارد می‌شوند و نیز عقریه قطب‌نما مماس بر خطوط میدان و در جهت آن قرار می‌گیرد:



{ مرحله (۱): 18° پادساعتگرد: مرحله (۲): 27° پادساعتگرد: برایاند $\Rightarrow 18^\circ$ پادساعتگرد: مرحله (۳): 9° ساعتگرد:

۹۴ می‌دانیم که بر بارهای الکتریکی مثبت در جهت میدان الکتریکی، نیروی الکتریکی به اندازه $F_E = E|q|$ وارد می‌شود و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار نیز به کمک قانون دست راست تعیین جهت شده و اندازه آن از رابطه $F_B = |q|vB \sin \theta$ به دست می‌آید.

حالت اول: اگر $F_{\text{net}} = 15 \text{ N}$ به سمت بالا باشد:

$$\vec{F}_E \uparrow, \vec{F}_B = 2 \times 10^{-5} \times 10^7 \times 50 \times \sin 90^\circ = 10 \text{ N} \uparrow, mg = 0.2 \times 10 = 2 \text{ N} \downarrow$$

در این حالت باید F_E هم به سمت بالا باشد:

$$F_E + F_B - mg = 15 \Rightarrow F_E + 10 - 2 = 15 \Rightarrow F_E = 7 \text{ N}$$

$$\Rightarrow E|q| = 7 \Rightarrow 7 = E \times 2 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow E = 3/5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E} = 3/5 \times 10^5 \hat{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

حالت دوم: اگر $F_{\text{net}} = 15 \text{ N}$ به سمت پایین باشد، باید F_E هم به سمت پایین باشد:

$$\vec{F}_B = 10 \text{ N} \uparrow, \vec{F}_E \downarrow, mg = 2 \text{ N} \downarrow$$

$$F_E + mg - F_B = 15 \Rightarrow F_E + 2 - 10 = 15 \Rightarrow F_E = 23 \text{ N}$$

$$\Rightarrow E|q| = 23 \Rightarrow E \times 2 \times 10^{-5} = 23 \Rightarrow \vec{E} = -11/5 \times 10^5 \hat{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

۹۵ اگر با سیمی به طول L تعداد N حلقه به شعاع R درست کنیم، تعداد حلقه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه‌ها}} = \frac{L}{2\pi R} = \frac{30}{2 \times 3 \times 0.1} = 50$$

برای آنکه میدان مغناطیسی بیشینه شود، حلقه‌های سیمولوله باید کاملاً چسبیده به هم باشند. در این حالت طول سیمولوله برابر می‌شود با:

$$\ell_{\min} = N \times D \\ \Rightarrow \ell_{\min} = 50 \times 2 = 100 \text{ mm} = 10^{-1} \text{ m}$$

بنابراین بزرگی میدان سیمولوله روی محور آن برابر است با:

$$B_{\max} = \mu_0 \frac{N}{\ell_{\min}} I \Rightarrow B_{\max} = 4 \times 10^{-7} \times \frac{50}{10^{-1}} \times 5 \\ \Rightarrow B_{\max} = 3 \times 10^{-3} \text{ T} = 30 \text{ G}$$

۹۶ با استفاده از قانون القای فاراده ($\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$) و کمک

گرفتن از قانون اهم ($R = \frac{\mathcal{E}}{I}$) داریم:

$$\bar{I} = \left| -\frac{N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -\frac{N}{R} \frac{A \cos \theta \Delta B}{\Delta t} \right| \\ \Rightarrow \bar{I} = \left| -\frac{200}{10} \times \frac{25 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \times (22 \times 10^{-3} - 18 \times 10^{-3})}{4 \times 10^{-3}} \right| = 0.5 \text{ A}$$

۹۷ معادله جریان متناوب به صورت زیر است:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow I = 0.06 \sin\left(\frac{2\pi}{1} t\right) \Rightarrow I = 0.06 \sin(100\pi t)$$

بنابراین در لحظه $t = 7/5 \text{ ms} = 7 \times 10^{-3} \text{ s}$ ، جریان برابر است با:

$$I = 0.06 \sin(100\pi \times 7/5 \times 10^{-3}) = 0.06 \sin\left(\frac{3\pi}{4}\right) = 0.03\sqrt{2} \text{ A}$$

مقاومت سیم برابر است با:

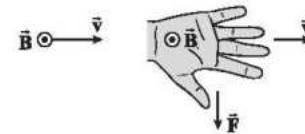
$$R = \rho \frac{L}{A} = 2 \times 10^{-8} \times \frac{10}{2 \times 10^{-6}} = 0.1 \Omega$$

بنابراین با استفاده از قانون اهم، ولتاژ دو سر سیم را به دست می‌آوریم:

$$V = RI \Rightarrow V = 0.1 \times 0.03\sqrt{2} = 0.003\sqrt{2} \text{ V}$$

۹۸ با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد

بر ذره را به دست می‌آوریم.

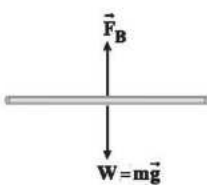


بنابراین نیروی وارد بر بار به سمت \downarrow است و در نتیجه شتاب ذره هم به سمت \downarrow خواهد بود.

برای محاسبه شتاب ذره می‌توان نوشت:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|q|vB \sin \theta}{m} \xrightarrow{\sin \theta = 1} a = \frac{2 \times 10^{-6} \times 10^{-4} \times 300 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} \\ = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

۹۹ با حرکت لغزنده رگوستا به سمت راست، مقاومت رگوستا و در نتیجه مقاومت کل مدار افزایش یافته و جریان عبوری از سیمولوله کاهش می‌یابد. چون میدان مغناطیسی سیمولوله با جریان عبوری از آن رابطه مستقیم دارد، پس میدان مغناطیسی سیمولوله تضعیف می‌شود، بنابراین طبق قاعده دست راست، هر دو سر هسته آهنی داخل سیمولوله، قطب N می‌شوند که در حال تضعیف هستند، بنابراین طبق قانون لنز باید سمت راست حلقه (۱) قطب S شود و جهت میدان مغناطیسی القایی داخل حلقه (۲) به سمت راست باشد.



۱۰۰ هنگامی که نیروی محرکه باتری

برابر 24 V است، نیروی سیمولوله عدد صفر را نشان می‌دهند، بنابراین نیروی مغناطیسی و وزن سیم در این حالت هم‌اندازه هستند و جهت آن‌ها عکس یک‌دیگر می‌باشد.

در این حالت جریان عبوری از سیم برابر است با:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} = \frac{24}{2 + 6} = 3 \text{ A}$$

بنابراین اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر است با:

$$F_B = BIl \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-4} \times 3 \times 0.6 \times 1 = 3.6 \times 10^{-4} \text{ N} = 0.36 \text{ mN}$$

بنابراین وزن سیم برابر 0.36 mN است.

برای آنکه نیروی سیمولوله با نیروی کشیده شوند، باید روابط زیر برقرار باشد:

$$F_1 = 0.1 \text{ mN} \quad F_B \quad F_2 = 0.1 \text{ mN} \quad F_B + 0.2 = 0.36 \Rightarrow F_B = 0.16 \text{ mN} \\ \Rightarrow BIl \sin 90^\circ = 0.16 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow 2 \times 10^{-4} \times I' \times 0.6 \times 1 = 0.16 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow I' = \frac{0.16 \times 10^{-3}}{1/2 \times 10^{-4}} = \frac{4}{3} \text{ A}$$

برای آنکه جریان سیم برابر $\frac{4}{3} \text{ A}$ باشد، داریم:

$$I' = \frac{\mathcal{E}'}{r + R} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\mathcal{E}'}{2 + 6} \Rightarrow \mathcal{E}' = \frac{32}{3} \text{ V}$$

۱۰۱ نیروی محرکه القایی متوسط طبق قانون فاراده از رابطه زیر به

دست می‌آید.

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (BA \cos \theta)}{\Delta t}$$

افزایش سرعت حرکت آهنربا Δt را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه در اندازه نیروی محرکه القایی متوسط مؤثر است. همچنین مقدار نیروی محرکه القایی متوسط با مساحت هر حلقه سیمولوله و تعداد دورهای سیمولوله نسبت مستقیم دارد.

دقت کنید: جنس سیم‌های سیمولوله بر مقدار نیروی محرکه القایی اثری ندارد ولی بر مقدار جریان القایی تأثیر دارد، زیرا مقاومت الکتریکی سیم‌ها به جنس آن‌ها بستگی دارد.