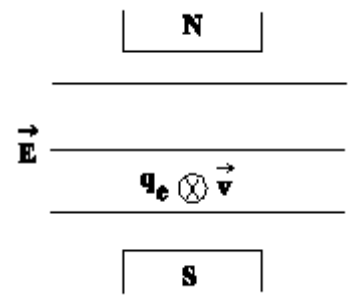
مدت زمان آزمون: --

نام و نام خانوادگی:

نام آزمون: **مغناطیس - دشوار**

مرکز مشاوره تحصیلی
راه روشن

① در شکل زیر، بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت بین دو قطب آهنربا، برابر۵G است. یک الکترون را با تندی $۱۰^{۳}$ کیلومتر بر ثانیه عمود بر صفحه کاغذ به سمت داخل صفحه پرتاب می‌کنیم. جهت و اندازه میدان الکتریکی افقی برحسب $\frac{N}{C}$ برای حرکت بدون انحراف الکترون درون دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم، کدام است؟ (از وزن الکترون صرف‌نظر کنید.)

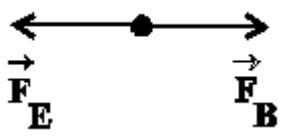


۱) راست ، ۰/۵
۲) راست ، ۵۰۰
۳) چپ ، ۰/۵
۴) چپ ، ۵۰۰

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

با توجه به جهت میدان مغناطیسی (به سمت پایین) و جهت حرکت الکترون و نوع بار الکتریکی، نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون به سمت راست است. بنابراین؛ نیروی الکتریکی باید به سمت چپ باشد.



جسم تعادل دارد : $F_B = F_E$

$|q|vB = E|q| \Rightarrow ۱۰^{۶} \times ۵ \times ۱۰^{-۴} = E \Rightarrow E = ۵۰۰ \frac{N}{C}$

و با توجه به این‌که به بار الکتریکی منفی، در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود. پس جهت میدان $\vec{E}$ به سمت راست است.

(۲) سیمی به طول ۶۲/۸m و مقاومت ۱۰Ω را به‌صورت یک سیملوله به طول ۴πcm و شعاع ۲cm در آورده و آن را به یک مولد با نیروی محرکه‌ی ۲۲V و مقاومت درونی ۱Ω می‌بندیم. در این حالت بزرگی میدان مغناطیسی روی محور اصلی سیملوله و به دور از لبه‌های آن، چند تسلا می‌شود؟ $(\pi = ۳/۱۴ \ , \ \mu_{\circ} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A})$

۱) ۰/۱
۲) ۱
۳) ۰/۰۱
۴) ۰/۰۰۱

پاسخ: گزینه ۳

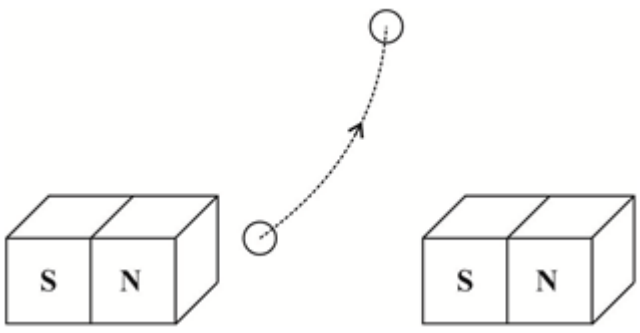
ابتدا تعداد حلقه‌های سیملوله و جریان عبوری از آن را حساب می‌کنیم و سپس میدان مغناطیسی درون آن را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{۲۲}{۱۰+۱} = ۲A$$

$$N = \frac{L}{۲\pi r} = \frac{۶۲/۸}{۲\times ۳/۱۴ \times ۲ \times ۱۰^{-۲}} = ۵۰۰ \text{ حلقه}$$

$$B = \frac{\mu_{\circ} N I}{l} = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۵۰۰ \times ۲}{۴\pi \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow B = ۰/۰۱T$$

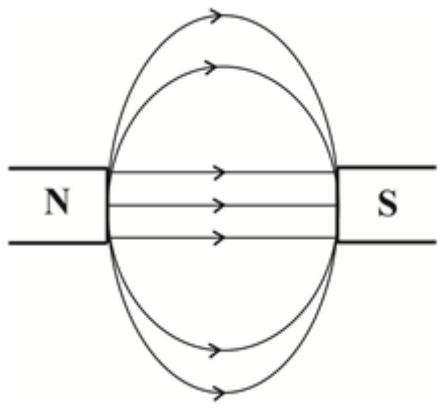
(۳) مطابق شکل زیر، یک عقربه مغناطیسی را در مسیر خط نشان داده شده جابه‌جا می‌کنیم. دو آهنربا مشابه هستند و خط نشان داده شده در انتها بر عمود منصف خط واصل دو آهنربا مماس می‌شود. عقربه مغناطیسی چگونه منحرف می‌شود؟



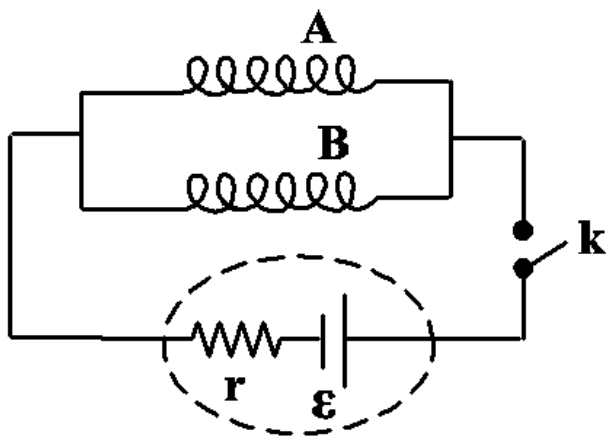
۱) ابتدا اندکی در جهت ساعتگرد منحرف می‌شود و سپس به حالت اولیه باز می‌گردد.
۲) ابتدا اندکی در جهت پادساعتگرد منحرف می‌شود و سپس به حالت اولیه باز می‌گردد.
۳) در جهت پاد ساعتگرد منحرف می‌شود و در انتها ۹۰ درجه از حالت اولیه منحرف می‌شود.
۴) در این جابه‌جایی هیچگاه منحرف نمی‌شود.

پاسخ: گزینه ۲

عقربه مغناطیسی همواره در جهت خطوط میدان قرار می‌گیرد. همچنین، خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از قطب N خارج و وارد قطب S می‌شوند و با توجه به یکسان بودن آهنرباها، خطوط میدان دارای تقارن نسبت به دو آهنربا می‌باشد. با ترسیم خطوط میدان مشخص می‌شود که عقربه مغناطیسی ابتدا قدری در جهت پادساعتگرد منحرف می‌شود و در انتها در همان جهت اولیه قرار می‌گیرد.



④ در مدار شکل زیر، جنس و قطر مقطع سیم به کار رفته در ساخت سیملوله‌هایA وB یکسان و سیم‌های سازنده سیملوله در یک ردیف در کنار هم و به یکدیگر چسبیده‌اند. طول و شعاع سطح مقطع سیملولهA به‌ترتیب۲ و$\frac{۱}{۳}$ برابر طول و شعاع سطح مقطع سیملوله مسیB و مقاومت الکتریکی سیملولهA برابرR است. با بستن کلیدk، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملولهA چند برابر سیملولهB خواهد شد؟ (هر دو سیملوله آرمانی هستند.)



۱) $\frac{۲}{۳}$
۲) $\frac{۳}{۲}$
۳) ۶
۴) $\frac{۱}{۶}$

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

با توجه به رابطه $B = \frac{\mu_۰ I}{D}$ برای سیملوله‌های آرمانی داریم:

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{I_A}{I_B} \times \frac{D_B}{D_A} \xrightarrow{D_A=D_B} \frac{B_A}{B_B} = \frac{I_A}{I_B}$$

چون سیملوله‌ها به‌صورت موازی بسته شده‌اند جریان یکسانی از آن‌ها عبور نمی‌کند، داریم:

$$(۱) \quad \frac{I_A}{I_B} = \frac{R_B}{R_A}$$

برای پیدا کردن نسبت مقاومت‌های الکتریکی دو سیملوله طبق رابطه $R = \rho\frac{L}{A}$داریم:

$$(۲) \quad \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \xrightarrow[A_A=A_B]{\rho_A=\rho_B} \frac{R_B}{R_A} = \frac{L_B}{L_A}$$

برای سیملوله آرمانی داریم:

$$(۳) \quad \ell = N \,.\, D \Rightarrow N = \frac{\ell}{D}$$

از طرفی:

$$N = \frac{L}{۲\pi r} \xrightarrow{(۳)} \frac{\ell}{D} = \frac{L}{۲\pi r} \Rightarrow L = \frac{\ell}{D} \,.\, ۲\pi r$$

توجه: در رابطه بالاL طول سیمی است که با آن سیملوله را ساخته‌ایم و ℓ طول سیملوله است.

$$\frac{L_B}{L_A} = \frac{\ell_B}{\ell_A} \times \frac{D_A}{D_B} \times \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow \frac{L_B}{L_A} = \frac{\ell_B}{۲\ell_B} \times \frac{۳r_A}{r_A}$$

$$(۴) \quad \frac{L_B}{L_A} = \frac{۳}{۲}$$

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{I_A}{I_B} \xrightarrow{(۱)\,,\,(۲)} \frac{B_A}{B_B} = \frac{L_B}{L_A} \xrightarrow{(۴)} \frac{B_A}{B_B} = \frac{۳}{۲}$$

⑤ ذره‌ای با بار الکتریکی $+0/5\mu C$ با تندی $2\times10^{5}\frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=4(\vec{i}+\vec{j})$ (در SI) شده و از طرف میدان به ذره نیرویی به اندازه $0/4N$ وارد می‌شود. زاویه بردار سرعت ذره با بردار میدان مغناطیسی چند درجه می‌تواند باشد؟

۱) ۳۰ ۲) ۴۵

۳) ۶۰ ۴) ۹۰

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا با داشتن بردار میدان مغناطیسی، بزرگی میدان را محاسبه می‌کنیم.

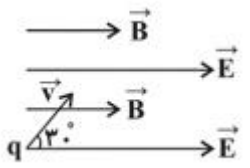
$$\vec{B}=4\vec{i}+4\vec{j}\Rightarrow|\vec{B}|=\sqrt{4^2+4^2}=\sqrt{2\times4^2}=4\sqrt{2}T$$

اکنون از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک درون میدان مغناطیسی کمک می‌گیریم و زاویه بردار سرعت ذره با بردار میدان را به‌دست می‌آوریم.

$$|\vec{F}|=qvB\sin\theta\Rightarrow0/4=0/5\times10^{-6}\times2\times10^{5}\times4\sqrt{2}\times\sin\theta$$

$$\Rightarrow\sin\theta=\frac{\sqrt{2}}{2}\Rightarrow\theta=45^\circ\quad\text{یا}\quad\theta=135^\circ$$

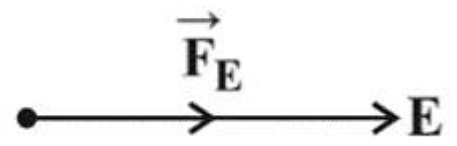
⑥ مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی $+10\mu C$ در فضایی که در آن یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^{3}\frac{N}{C}$ و یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $500G$ در یک جهت وجود دارند، با تندی $2\times10^{5}\frac{m}{s}$ در صفحه کاغذ پرتاب می‌شود. در لحظه نشان داده شده در شکل، بزرگی برایند نیروهای وارد بر ذره چند نیوتون است؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر شود.)



۱) 4×10^{-2}
۲) 6×10^{-2}
۳) $2\sqrt{6}\times10^{-2}$
۴) $\sqrt{26}\times10^{-2}$

پاسخ: گزینه ۴

با توجه به اینکه بار ذره مثبت است، از طرف میدان الکتریکی، نیرویی به سمت راست (هم جهت با میدان $\vec{E}$) بر ذره وارد می‌شود و اندازه آن برابر است با:

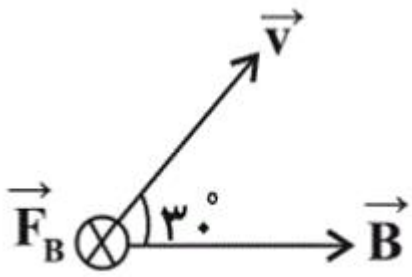


$$F_E = |q|E = (10\times10^{-6})\times10^{3} = 10^{-2}\ N$$

از طرف دیگر بنابر قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی، عمود بر $\vec{v}$ و $\vec{B}$ و درون‌سو می‌باشد و اندازه آن برابر است با:

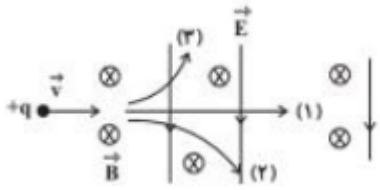
$$F_B = |q|vB\sin\alpha$$
$$\Rightarrow F_B = 10\times10^{-6}\times2\times10^{5}\times500\times10^{-4}\times\sin30^\circ$$
$$= 5\times10^{-2}\ N$$

با توجه به اینکه دو نیروی $\vec{F}_B$ و $\vec{F}_E$ بر یکدیگر عمودند، اندازه برایند آن‌ها برابر است با:



$$F = \sqrt{F_E^2 + F_B^2} = \sqrt{(10^{-2})^2 + (5\times10^{-2})^2} = \sqrt{26}\times10^{-2}\ N$$

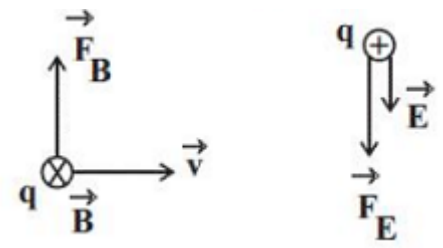
(۷) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار مثبت q، وارد قسمتی از فضا می‌شود که در آن دو میدان الکتریکی و مغناطیسی یکنواخت و عمود بر هم وجود دارد (میدان مغناطیسی درون‌سو و میدان الکتریکی به سمت پایین است.) اگر تندی حرکت ذره $۱۰^{۶}\frac{m}{s}$، بزرگی میدان الکتریکی $۱۰^{۴}\frac{N}{C}$ و بزرگی میدان مغناطیسی برابر ۱۰۰ G باشد، حرکت ذره باردار مطابق کدام مسیر است؟ (از نیروی وزن وارد بر ذره صرف‌نظر شود.)



۱) ۱
۲) ۲
۳) برون‌سو
۴) ۳

پاسخ: گزینه ۱

مطابق شکل زیر و طبق قاعده دست راست، نیروی الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره باردار در خلاف جهت هم هستند. اگر هم‌اندازه هم باشند می‌توانند یکدیگر را خنثی کرده و ذره از مسیر منحرف نمی‌شود. اگر هم‌اندازه نباشند ذره به سمت نیروی بزرگ‌تر منحرف می‌شود.



نیروی مغناطیسی : $F_B = |q|vB\sin\alpha$

$$\Rightarrow F_B = |q| \times ۱۰^{۶} \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۱ = ۱۰^{۴}|q| \qquad (I)$$

نیروی الکتریکی : $F_E = E|q| \Rightarrow F_E = ۱۰^{۴} \times |q| \qquad (II)$

$$\xrightarrow{(I)\ ,\ (II)} F_E = F_B$$

ذره منحرف نشده و روی خط راست مسیر (۱) حرکت می‌کند.

⑧ ذره‌ای با بار الکتریکی $+۱۰\mu C$ در راستایی که با خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۱T$ زاویه α می‌سازد با تندی $۱۰۰\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند. اگر زاویه‌ای که راستای حرکت این ذره با راستای میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند، ۹۰° افزایش یابد، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره تغییری نمی‌کند. مقدار این نیرو برحسب میلی‌نیوتون کدام است؟

۱) صفر ۲) ۱ ۳) $\sqrt{۲}$ ۴) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

پاسخ: گزینه ۴

با توجه به فرض سوال، در دو حالت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره با هم برابر است:

$$F_۱ = F_۲$$

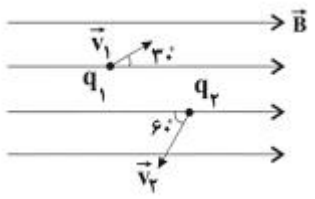
$$\Rightarrow |q|vB\sin\alpha = |q|vB\sin(\alpha + ۹۰^\circ) \Rightarrow \sin\alpha = \sin(\alpha + ۹۰^\circ)$$

$$\Rightarrow \sin\alpha = \cos\alpha \Rightarrow \alpha = ۴۵^\circ$$

$$F = |q|vB\sin\alpha = ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{۲} \times ۱ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \times ۱۰^{-۳} N = \frac{\sqrt{۲}}{۲} mN$$

---

⑨ مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با تندی‌های $v_۱$ و $v_۲$ پرتاب می‌شوند. اگر $q_۲ = -۲q_۱$ و $v_۲ = ۲v_۱$ باشد، کدام گزینه در مورد مقایسه بردار نیروی مغناطیسی وارد بر دو بار در لحظه نشان داده شده صحیح است؟ $(q_۱ > ۰)$



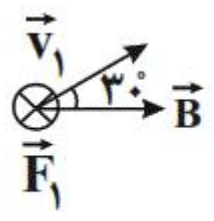
۱) $\vec{F_۲} = -۲\sqrt{۳}\vec{F_۱}$
۲) $\vec{F_۲} = ۲\sqrt{۳}\vec{F_۱}$
۳) $\vec{F_۲} = ۴\sqrt{۳}\vec{F_۱}$
۴) $\vec{F_۲} = -۴\sqrt{۳}\vec{F_۱}$

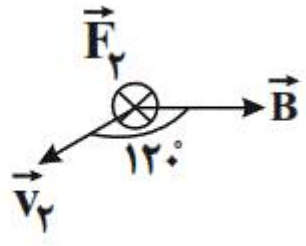
پاسخ: گزینه ۳

گزینه «۳»

با استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر بارها را تعیین می‌کنیم.

با توجه به شکل‌های زیر نیروی وارد بر هر دو بار درونسو است. (با فرض آن‌که $q_۱$بار مثبت باشد.)





اکنون با استفاده از رابطه نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان مغناطیسی داریم:

$$F_B = |q|vB\sin\theta \Rightarrow \begin{cases} \theta_۱ = ۳۰^\circ \rightarrow F_۱ = \frac{q_۱ v_۱ B}{۲} & (*) \\ \theta_۲ = ۱۲۰^\circ \xrightarrow[|q_۲|=۲|q_۱|]{v_۲=۲v_۱} \end{cases}$$

$$F_۲ = \frac{۲q_۱ \times ۲V_۱ \times B \times \sqrt{۳}}{۲} \xrightarrow{(*)} F_۲ = ۴\sqrt{۳}F_۱$$

بنابراین با توجه به این‌که $\vec{F_۱}$ و $\vec{F_۲}$ با یکدیگر هم‌جهت‌اند، داریم:

$$\vec{F_۲} = ۴\sqrt{۳}\vec{F_۱}$$

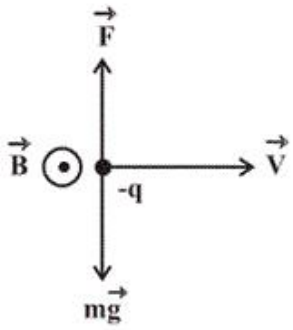
(۱۰) در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۲۰۰ گاوس که جهت آن از شمال به جنوب است ذره بارداری به جرم ۲ میلی‌گرم را با سرعت $۱۰^{۵}\frac{m}{s}$ به‌طور افقی به‌طرف مشرق پرتاب می‌کنیم. اگر این ذره بدون انحراف از میدان مغناطیسی بگذرد، نوع بار آن چیست و اندازه بارش چند μC است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) مثبت ، ۰/۰۱ **۲)** منفی ، ۰/۰۱

۳) مثبت ، ۰/۱ **۴)** منفی ، ۰/۱

پاسخ: گزینه ۲

در صورتی ذره می‌تواند بدون انحراف از میدان مغناطیسی عبور کند که نیروی مغناطیسی و نیروی وزن ذره اثر هم را خنثی کنند. بنابراین باید نیروی مغناطیسی در خلاف جهت نیروی وزن و رو به بالا بر ذره وارد شود. با توجه به این که جهت میدان مغناطیسی از شمال به جنوب (برون‌سو) و جهت سرعت رو به شرق می‌باشد، طبق قاعده دست راست، تنها در صورتی‌که نوع بار منفی باشد، جهت نیروی مغناطیسی به‌طرف بالا خواهد شد و می‌تواند نیروی وزن ذره را خنثی کند

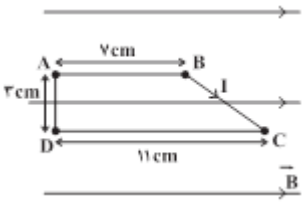


$$F = mg \Rightarrow |q|vB\sin ۹۰^\circ = mg \xrightarrow[m=۲\times ۱۰^{-۶}kg]{B=۲۰۰\,G=۲\times ۱۰^{-۲}T\ ,\ v=۱۰^{۵}\frac{m}{s}}$$

$$|q| \times ۱۰^{۵} \times ۲ \times ۱۰^{-۲} = ۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰ \Rightarrow |q| = ۱۰^{-۸}\,C$$

$$\Rightarrow |q| = ۱۰^{-۸} \times ۱۰^{۶}\,\mu C \Rightarrow |q| = ۰/۰۱\,\mu C$$

(۱۱) مطابق شکل زیر، یک سیم مسی را به شکل یک ذوزنقه درآورده‌ایم و آن‌را به‌طور کامل درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۰/۰۵T قرار می‌دهیم. اگر جریان الکتریکی عبوری از سیم برابر با ۲A باشد، به‌ترتیب از راست به چپ اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر قسمت BC و اندازه نیروی مغناطیسی خالص وارد بر کل ذوزنقه، چند نیوتون می‌باشد؟



۱) ۰/۰۰۳ و صفر

۲) ۰/۰۳ و صفر

۳) ۰/۰۰۳ و۰/۰۰۵

۴) ۰/۰۳ و ۰/۰۵

پاسخ: گزینه ۱

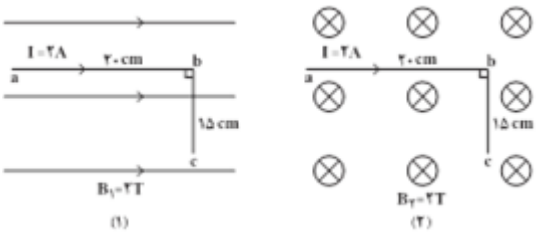
همواره نیروی خالص مغناطیسی وارد بر مسیرهای بسته درون میدان مغناطیسی، که از آن‌ها جریان الکتریکی می‌گذرد برابر صفر است.

قسمت‌های AB و CD چون موازی با میدان مغناطیسی هستند، نیرویی بر آنان وارد نمی‌شود در نتیجه نیرویی که بر قسمت DA وارد می‌شود با نیرویی که به قسمت BC وارد می‌شود هم‌اندازه اما در خلاف جهت است.

$$F_{DA} = F_{BC} = I\ell_{DA}B\sin\theta = ۲ \times ۳ \times ۱۰^{-۲} \times ۵ \times ۱۰^{-۲} \times ۱$$

$$\Rightarrow F_{BC} = ۳ \times ۱۰^{-۳}\,N$$

⑫ نیروی مغناطیسی برایند وارد بر طول مشخص شده از قطعه سیم حامل جریان abc در شکل (۱) چند برابر شکل (۲) است؟



۱) ۱

۲) $\frac{۳}{۷}$

۳) $\frac{۳}{۵}$

۴) ۰/۶

پاسخ: گزینه ۴

در شکل (۱)، سیم ab موازی با خط‌های میدان است و بنابراین نیروی مغناطیسی به آن وارد نمی‌شود. برای نیروی مغناطیسی وارد بر قسمت bc داریم:

$$F_{bc} = I\ell_{bc}B\sin\theta = ۲ \times ۰/۱۵ \times ۲ \times \sin ۹۰^\circ = ۰/۶N \Rightarrow F = ۰/۶N$$

در شکل (۲) هم بر قسمت ab و هم بر قسمت bc نیرو وارد می‌شود و داریم: $F'_{ab} = I'\ell_{ab}B'\sin\theta' = ۲ \times ۰/۲ \times ۲ \times \sin ۹۰^\circ = ۰/۸N$

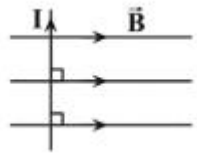
$$F'_{bc} = I'\ell_{bc}B'\sin\theta' = ۲ \times ۰/۱۵ \times ۲ \times \sin ۹۰^\circ = ۰/۶N$$

چون F'_{ab} بر F'_{bc} عمود است، داریم:

$$F' = \sqrt{F'^{۲}_{ab} + F'^{۲}_{bc}} = \sqrt{۰/ + ۰/} \Rightarrow F' = ۱N$$

بنابراین: $\frac{F}{F'} = \frac{۰/۶}{۱} = ۰/۶$

(۱۳) در شکل مقابل بردار نیروی مغناطیسی وارد بر طول ℓ از سیم حامل جریان از طرف میدان برابر با $\vec{F}$ است، سیم حداقل چند درجه در صفحه کاغذ بچرخد تا بردار نیروی مغناطیسی وارد بر همین طول ℓ از سیم $-\frac{\vec{F}}{۲}$ شود؟



۱) ۱۲۰°　　۲) ۳۰°

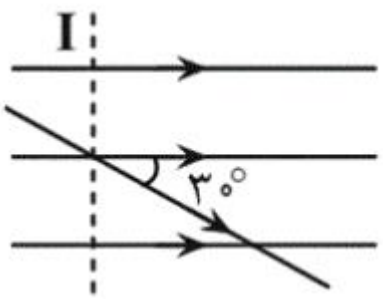
۳) ۶۰°　　۴) ۱۵۰°

پاسخ: گزینه ۱

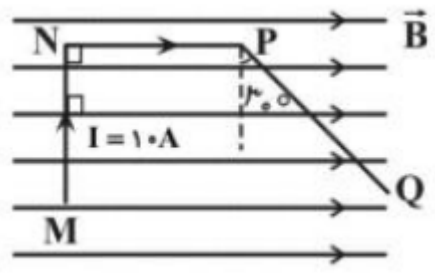
با توجه به قاعده دست راست در ابتدا جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان، درون‌سو است. چون در حالت دوم جهت نیرو درخلاف جهت نیرو در حالت اول است، بنابراین نیرو در حالت دوم برون‌سو است. با توجه به رابطه نیروی وارد بر سیم حامل جریان زاویه بین سیم و میدان را در حالت دوم می‌یابیم. بنابراین سیم بایستی ۱۲۰° بچرخد.

درون‌سو $F_B = I\ell B\sin\theta \xrightarrow{\theta_1 = ۹۰^\circ} F_B = I\ell B$

$$F'_B = I\ell B\sin\theta' \xrightarrow{F'_B = \frac{F_B}{۲}} \sin\theta' = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \theta' = ۳۰^\circ \quad \text{یا} \quad \theta' = ۱۵۰^\circ$$



(۱۴) مطابق شکل زیر، $\overline{MN} = \overline{NP} = ۲\,m$ می‌باشد. طول قطعه سیم PQ چند متر باشد تا بر قطعه سیم MNPQ در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$به بزرگی ۲T، نیرویی از طرف میدان وارد نشود؟



۱) ۴

۲) $\frac{۴\sqrt{۳}}{۳}$

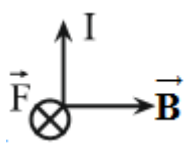
۳) $۲\sqrt{۳}$

۴) ۲

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان داریم:

$$F_{MN} = L_{MN} IB \sin\alpha \xrightarrow{\alpha=۹۰^\circ} F_{MN} = ۲ \times ۱۰ \times ۲ \times ۱ = ۴۰\,N$$



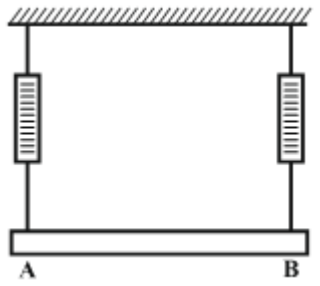
$$F_{NP} = L_{NP} IB \sin\alpha \xrightarrow{\alpha=۰^\circ} F_{NP} = ۰$$

برای اینکه برایند نیروها بر قطعه سیم MNPQ صفر شود باید نیروی وارد بر قطعه سیم PQ، ۴۰ N و برون سو باشد پس:

$$F_{PQ} = L_{PQ} IB \sin\alpha \xrightarrow{\alpha=۶۰^\circ}$$

$$۴۰ = L_{PQ} \times ۱۰ \times ۲ \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow L_{PQ} = \frac{۴\sqrt{۳}}{۳} m$$

(۱۵) در شکل زیر یک میله رسانا به طول ۸۰cm به‌وسیله دو نیروسنج به حالت افقی نگه داشته شده است و این مجموعه در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ که عمود بر صفحه است، واقع شده است. اگر جریان عبوری از میله برابر با ۱/۵A و از A به C باشد، هر نیروسنج عدد ۰/۶N و اگر جریان عبوری از میله برابر با ۴/۵A و از C به A باشد، هر نیروسنج عدد ۱/۲N را نشان خواهد داد. اندازه میدان مغناطیسی برحسب تسلا کدام است؟

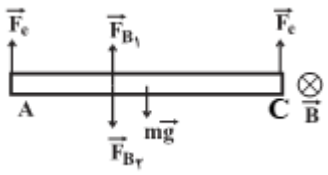


۱) $\frac{۱}{۸}$
۲) $\frac{۱}{۴}$
۳) $\frac{۱}{۲}$
۴) $\frac{۳}{۴}$

پاسخ: گزینه ۲

روش اول:

اگر فرض کنیم در حالتی‌که جریان ۱/۵ آمپری در میله از A به C می‌گذرد، اندازه نیروی مغناطیسی برابر با F_B باشد، در حالتی که جریان ۴/۵ آمپری در میله از C به A می‌گذرد، اندازه نیروی مغناطیسی برابر با $۳F_B$ و جهت آن برعکس می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه نیروسنج‌ها زمانی که جریان از A به C است عدد کمتری را از زمانی که جریان از C به A است نشان می‌دهند، می‌توان نتیجه گرفت نیروی مغناطیسی در حالت اول به‌طرف بالا (خلاف جهت $\vec{mg}$) و در حالت دوم پایین (هم جهت با $\vec{mg}$) است.



جریان ۱/۵A و از A به C:

$$mg = F_e + F_e + F_B$$

$$\Rightarrow mg = ۲F_e + I\ell B \sin ۹۰^\circ$$

$$\Rightarrow mg = ۲ \times ۰/۶ + ۱/۵ + ۰/۸ \times B \times ۱$$

$$\Rightarrow mg = ۱/۲ + ۱/۲B(۱)$$

جریان ۴/۵A و از C به A:

$$mg + F'_B = F'_e + F'_e$$

$$\Rightarrow mg + I'\ell B \sin ۹۰^\circ = ۲F'_e$$

$$\Rightarrow mg + ۴/۵ \times ۰/۸ \times B \times ۱ = ۲ \times ۱/۲$$

$$\Rightarrow mg + ۳/۶B = ۲/۴(۲)$$

با استفاده از دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$۱/۲ + ۱/۲B + ۳/۶B = ۲/۴ \Rightarrow ۴/۸B = ۱/۲ \Rightarrow B = ۰/۲۵T$$

روش دوم:

چون جهت میدان مغناطیسی مشخص نیست، با استفاده از اطلاعات داده شده، در حالت دوم اندازه نیروی مغناطیسی سه برابر و جهت آن عکس حالت اولیه است. داریم:

حالت اول : $\vec{F_B} - mg\vec{j} + ۲F_e\vec{j} = ۰ \Rightarrow \vec{F_B} = (mg - ۲F_e)\vec{j}$ (۱)

$$-۳\vec{F}_B - mg\vec{j} + ۲F'_e\vec{j} = ۰ \Rightarrow ۳\vec{F}_B = (-mg + ۲F'_e)\vec{j} \quad (۲)$$: حالت‌دوم

با جمع معادله‌های (۱) و (۲) داریم:

$$۲\vec{F}_B = (F'_e - F_e)\vec{j} \Rightarrow ۲\vec{F}_B = (۱/۲ - ۰/۶)\vec{j}$$

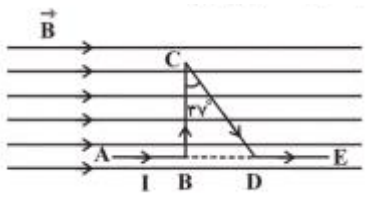
$$\Rightarrow \vec{F}_B = ۰/۳\vec{j}$$

در نتیجه جهت نیروی مغناطیسی در حالت اول به سمت بالا است و داریم:

$$F_B = I\ell B\sin\theta \Rightarrow ۰/۳ = ۱/۵ \times ۰/۸ \times B \times \sin ۹۰^\circ$$

$$\Rightarrow B = \frac{۱}{۴}T$$

(۱۶) در شکل زیر، سیم حامل جریان ABCDE در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد. اگر $B = ۰/۱۵\,T$ و $I = ۵\,A$ باشد، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر قطعه سیم CD چند نیوتون است؟ ($\overline{CD} = ۲۰\,cm$, $\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$, $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$)



۱) ۵

۲) ۰/۱۲

۳) صفر

۴) ۱/۲

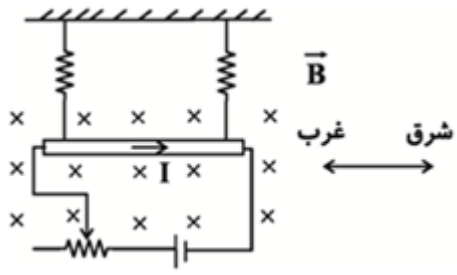
پاسخ: گزینه ۲

طبق رابطه اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان، داریم:

$$F = I\ell B\sin\theta \xrightarrow[\ell_{CD} = ۲۰cm = ۰/۲\,m \;,\; \theta = ۵۳^\circ]{I = ۵A \;,\; B = ۰/۱۵T}$$

$$F = ۵ \times ۰/۲ \times ۰/۱۵ \times \sin ۵۳^\circ = ۰/۱۲\,N$$

(۱۷) مطابق شکل زیر، یک سیم حامل جریان ۲ آمپر به طول ۲ m و جرم ۸ گرم با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده‌اند، به‌طور افقی و در راستای غرب – شرق قرار دارد. هر نیروسنج چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ ($g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ و میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به طرف شمال و به اندازه ۰/۰۵ mT درنظر بگیرید.)



۱) $۷/۹۸ \times ۱۰^{-۲}$

۲) $۳/۹۹ \times ۱۰^{-۲}$

۳) ۸×۱۰^{-۲}

۴) $۱۰^{-۴}$

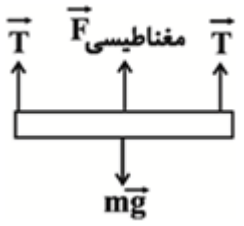
پاسخ: گزینه ۲

اندازه نیروی مغناطیسی وارد به سیم برابر است با:

$$F = I\ell B \sin\theta = ۲ \times ۲ \times ۵ \times ۱۰^{-۵} \times \sin ۹۰^\circ = ۲ \times ۱۰^{-۴} N$$

و مطابق قاعده دست راست جهت آن به سمت بالا است.

نیروهایی که به سیم وارد می‌شود مطابق شکل زیر است:



سیم در حال تعادل است و برایند نیروها صفر است. بنابراین:

$$mg = T + T + F_{\text{مغناطیسی}}$$

$$\Rightarrow ۲T = ۸ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ - ۲ \times ۱۰^{-۴} = ۷۹۸ \times ۱۰^{-۴} N$$

$$\Rightarrow T = ۳/۹۹ \times ۱۰^{-۲} N$$

(۱۸) سیمی به طول ۲۴ متر را به شکل سیملوله‌ای که قطر هر حلقه آن ۴cm است در می‌آوریم و از آن جریان ۰/۵ آمپر می‌گذرد. اگر حلقه‌ها بدون فاصله در کنار یکدیگر پیچیده شده باشند و قطر سیم ۱mm باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیملوله چند گاوس است؟ ($\mu_۰ = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A}$)

۱) ۲π ۲) ۴π ۳) π ۴) ۸π

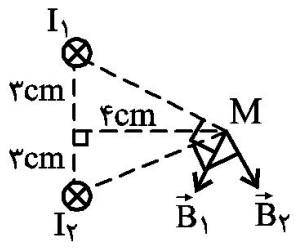
پاسخ: گزینه ۱

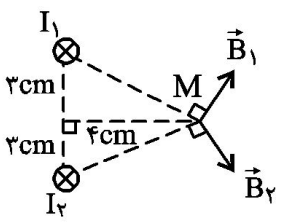
میدان مغناطیسی در سیملوله از رابطه زیر قابل محاسبه است:

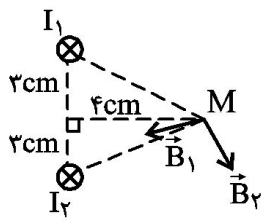
$$\begin{cases} N = \frac{L}{۲\pi R} = \frac{۲۴}{۲\pi \times ۰/۰۲} = \frac{۶۰۰}{\pi} \\ L = Nd = \frac{۶۰۰}{\pi} \times ۱۰^{-۳} = \frac{۶}{۱۰\pi} m \end{cases}$$

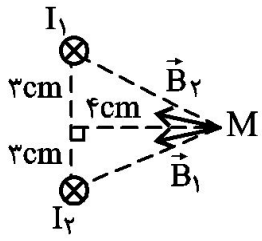
$$B = \mu_۰ \frac{NI}{L} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{\frac{۶۰۰}{\pi} \times \frac{۱}{۲}}{\frac{۶}{۱۰\pi}} = ۲\pi \times ۱۰^{-۴} T = ۲\pi G$$

(۱۹) از دو سیم نازک، بلند و موازی، جریان‌های مساوی یکسان به‌صورت درون‌سو عبور می‌کند. در کدام‌یک از گزینه‌های زیر جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از جریان سیم‌ها در نقطه M به درستی نمایش داده شده است؟

۱)


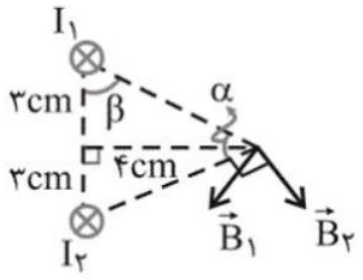
۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینه ۱

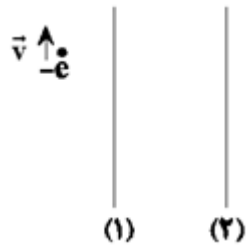
میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست حامل جریان در هر نقطه عمود بر خط واصل بین آن نقطه و سیم است که با توجه به شکل زیر، میدان مغناطیسی حاصل از سیم I_1 خارج از مثلث قرار دارد، زیرا زاویه α در رأس مثلث کوچک‌تر از 90° می‌باشد.



$$\tan\beta = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \beta > ۴۵^\circ$$

$$\alpha + ۲\beta = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \alpha < ۹۰^\circ$$

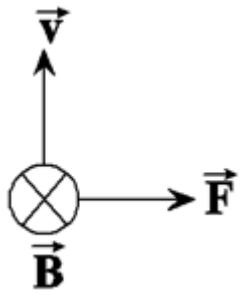
۲۰ مطابق شکل زیر از دو سیم راست موازی و بلند در راستای قائم جریان‌های ثابتی عبور می‌کنند. الکترونی در مسیر مستقیم و در راستای دو سیم در حال حرکت است. اگر سیم (۲) را به‌موازات خودش به‌سمت راست جابه‌جا کنیم، مسیر حرکت الکترون به‌سمت راست متمایل می‌شود. جریان‌های عبوری از سیم‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب از راست به چپ در کدام جهت هستند؟ (از میدان مغناطیسی زمین و از وزن الکترون صرف‌نظر کنید.)



۱) بالا، پایین
۲) بالا، بالا
۳) پایین، بالا
۴) پایین، پایین

پاسخ: گزینه ۳

در حالت اول چون الکترون در مسیر مستقیم در حال حرکت است، بنابراین برایند نیروی مغناطیسی وارد بر آن برابر صفر است. لذا میدان مغناطیسی برایند دو سیم در محل الکترون برابر با صفر است. پس الزاماً جریان‌های دو سیم ناهم‌سو می‌باشد. با حرکت سیم (۲) به سمت راست، با توجه به جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون جهت میدان برایند در محل الکترون را با استفاده از قاعده دست راست پیدا می‌کنیم.



با توجه به شکل، میدان برایند درون‌سو است. با دورشدن سیم (۲) میدان مغناطیسی حاصل از این سیم در محل الکترون کاهش می‌یابد. بنابراین میدان مغناطیسی در این نقطه هم‌جهت با میدان مغناطیسی حاصل از سیم (۱) می‌گردد. پس جهت جریان سیم (۱) به‌سمت پایین و جهت جریان سیم (۲) به‌سمت بالا است.

(۲۱) از سیمی به طول L، سیملوله بدون هسته‌ای به طول ۶ cm می‌سازیم و جریان ۵A از آن عبور می‌دهیم. اگر شعاع هر حلقه سیملوله ۲ cm و اندازه میدان مغناطیسی در داخل سیملوله و روی محور اصلی آن ۰/۰۱ T باشد، L چند متر است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$)

۱) ۱۲
۲) ۱۲۰۰
۳) ۶
۴) ۶۰۰

پاسخ: گزینه ۱

ابتدا تعداد دورهای سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \xrightarrow[I=5A]{B=0/01T\ ,\ L=6\times10^{-2}m}$$

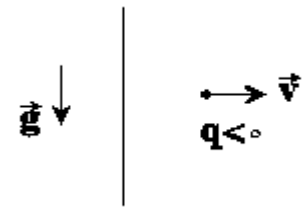
دور $0/01 = \frac{4\pi\times10^{-7}\times N\times5}{6\times10^{-2}} \Rightarrow N = \frac{300}{\pi}$

اکنون با استفاده از رابطه $N = \frac{L}{2\pi R}$، طول سیم را حساب می‌کنیم.

$$N = \frac{L}{2\pi R} \xrightarrow[R=2\times10^{-2}m]{N=\frac{300}{\pi}} \frac{300}{\pi} = \frac{L}{2\times\pi\times2\times10^{-2}}$$

$$\Rightarrow L = 12\ m$$

(۲۲) بار الکتریکی $q < 0$ در جهت نشان داده بدون انحراف در حال حرکت است. جهت جریان عبوری از سیم به سمت ..... و بزرگی آن در حال ..... است.



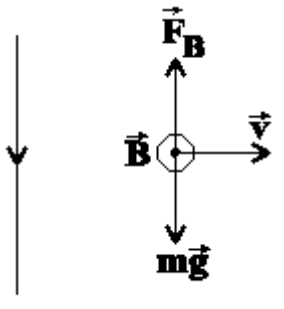
۱) پایین، افزایش
۲) بالا، کاهش
۳) پایین، کاهش
۴) بالا، افزایش

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

چون بار بدون انحراف در حال حرکت است بنابراین نیروهای $\vec{F}_B$ و $m\vec{g}$ هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگر به بار وارد می‌شوند.

با استفاده از قاعده دست راست برای بارهای منفی، جهت میدان مغناطیسی در محل بار برونسو است. اکنون با استفاده از قاعده دست راست جهت جریان سیم به سمت پایین تعیین می‌شود.



با توجه به این‌که بار در حال دور شدن از سیم است و بزرگی نیروهای $\vec{F}_B$ و $m\vec{g}$ همواره با یکدیگر برابر است، از طرفی نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی از طرف سیم با فاصله از سیم رابطه عکس و با بزرگی جریان عبوری از سیم رابطه مستقیم دارد، بنابراین چون ثابت $|\vec{F}_B| = |m\vec{g}|$ است، پس بایستی جریان عبوری از سیم افزایش یابد.

(۲۳) سیمی در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین به‌طور افقی و در راستای شمال- جنوب قرار دارد و جریان آن به سمت شمال است. اندازه میدان مغناطیسی حاصل از این سیم در نقطه A واقع در سمت چپ سیم و در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین برابر $۲/۵ \times ۱۰^{-۵}$ T است. اگر میدان مغناطیسی زمین در این ناحیه برابر ۰/۵ گاوس باشد، اندازه میدان مغناطیسی برایند در نقطه A چند گاوس است؟

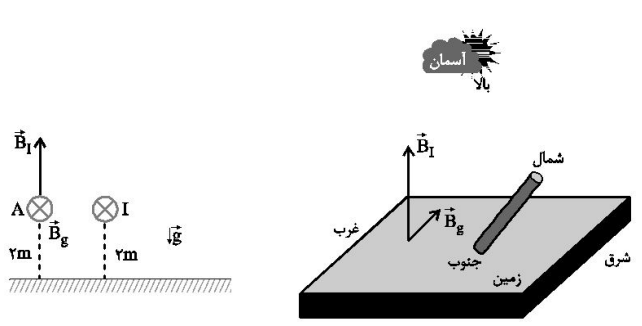
۱) ۲/۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) $\frac{\sqrt{۵}}{۴}$

پاسخ: گزینه ۴

با توجه به قاعده دست راست، میدان مغناطیسی در سمت چپ این سیم به سمت بالا می‌باشد و میدان مغناطیسی زمین نیز از جنوب به سمت شمال است. در نتیجه این دو میدان مغناطیسی بر هم عمود هستند و برایند آن‌ها برابر است با:

$$B = \sqrt{B_I^۲ + B_g^۲} = \sqrt{۰/ + ۰/} = \frac{\sqrt{۵}}{۴} G$$

توجه: $B_I = ۲/۵ \times ۱۰^{-۵} T = ۰/۲۵ \times ۱۰^{-۴} T = ۰/۲۵ G$



(۲۴) سیم روکش‌دار سیملوله آرمانی حامل جریانی را باز کرده و با آن سیملوله آرمانی دیگری می‌سازیم که شعاع حلقه‌های آن نصف شعاع حلقه‌های قبلی است. اگر جریانی معادل ۲ برابر جریان قبلی از سیملوله عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون آن چند برابر می‌شود؟ (در هر دو حالت حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند.)

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) ثابت می‌ماند. ۴) ۲

پاسخ: گزینه ۴

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell} \xrightarrow{I = N \times d} \text{طر تعداد حلقه‌ها در سیملوله}$$

$$B = \frac{\mu_۰ \, I \to \text{دو برابر} \quad \text{عدد ثابت}}{d \to \text{ثابت}}$$

در سیملوله‌ای که حلقه‌های آن به‌هم چسبیده هستند اندازه میدان به قطر سیم و اندازه جریان بستگی دارد.

$$B \propto \frac{I}{d}$$

(۲۵) سیملوله‌ای به طول ℓ را به یک مولد با اختلاف پتانسیل V وصل کرده‌ایم به‌طوری‌که از آن جریان I عبور می‌کند و شدت میدان مغناطیسی در داخل سیملوله B می‌شود. اگر این سیملوله را به سه قسمت مساوی تقسیم کنیم و یکی از این سه سیملوله جدید را به همان اختلاف پتانسیل قبلی V وصل کنیم، شدت میدان مغناطیسی داخل آن چند برابر B می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۶

پاسخ: گزینه ۳

دقت کنید که زمانی که سیملوله را به سه قسمت تقسیم می‌کنیم، طول آن $\frac{۱}{۳}$ برابر می‌شود. همچنین تعداد دورهای آن نیز $\frac{۱}{۳}$ برابر می‌شود. پس در حقیقت نسبت $\frac{N}{\ell}$ ثابت می‌ماند. اما در مورد جریان چون طول سیم $\frac{۱}{۳}$ حالت اولیه شده است پس مقاومت آن نیز $\frac{۱}{۳}$ حالت اولیه می‌شود. $\left(\downarrow R = \frac{\rho \ell \downarrow}{A}\right)$

$$\begin{cases} R_{\text{جدید}} = \frac{۱}{۳} R_{\text{اولیه}} \\ V_{\text{جدید}} = V_{\text{اولیه}} \end{cases} \xrightarrow{V=RI}$$

$$\Rightarrow R_{\text{جدید}} \times I_{\text{جدید}} = R_{\text{اولیه}} \times I_{\text{اولیه}}$$

$$\Rightarrow I_{\text{جدید}} = ۳ I_{\text{اولیه}}$$

$$B = \mu . \frac{N}{\ell} I \Rightarrow \frac{B_۲}{B_۱} = \frac{I_۲}{I_۱} = ۳$$

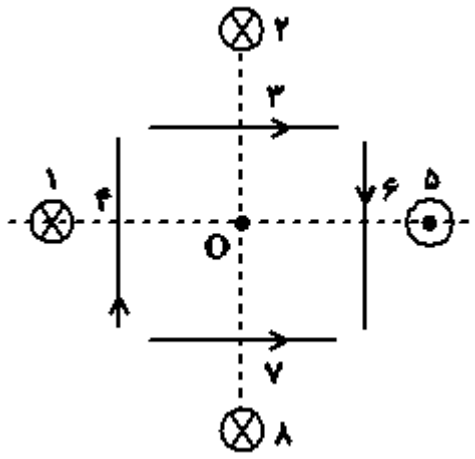
(۲۶) قرار گرفتن کدام‌یک از مواد مغناطیسی در میدان مغناطیسی خارجی سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی در آن می‌شود؟

۱) پارامغناطیسی ۲) دیامغناطیسی ۳) فرومغناطیسی نرم ۴) فرومغناطیسی سخت

پاسخ: گزینه ۲

مواد دیامغناطیسی به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی هستند ولی هنگامی که در میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرند، به‌سبب القاء، دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان مغناطیسی در آن القاء می‌شوند.

(۲۷) در شکل زیر، ۸ سیم راست، مستقیم و حامل جریان به فاصله‌های مختلف و جریان‌های مختلف در اطراف نقطه O قرار گرفته‌اند و اندازه میدان مغناطیسی ناشی از جریان هر سیم در نقطه O مطابق جدول زیر است. اندازه میدان مغناطیسی برایند در نقطه O چند تسلا می‌شود؟



شماره سیم	اندازه میدان مغناطیسی در O
۱	۳T
۲	۲T
۳	۲T
۴	۳T
۵	۲T
۶	۲T
۷	۹T
۸	۴T

۱) ۳
۲) $\sqrt{۳۳}$
۳) ۳۳
۴) $\sqrt{۳}$

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

طبق قاعده دست راست، جهت میدان ناشی از هر سیم را در نقطه O تعیین می‌کنیم.

$B_۱ = ۳T \downarrow$ $B_۸ = ۴T \rightarrow$
$B_۵ = ۲T \downarrow$ $B_۲ = ۲T \leftarrow$

$B_۴ = ۳T \otimes$ $B_۷ = ۹T \odot$
$B_۶ = ۲T \otimes$ $B_۳ = ۲T \otimes$

$B_t \Rightarrow ۵T \downarrow$, $۲T \rightarrow$, $۲T \odot$

$B_t = \sqrt{۲^۲ + ۲^۲ + ۵^۲} = \sqrt{۳۳}T$

(۲۸) سیمی به طول ۴۸m را به‌صورت سیملوله‌ای به طول ۵cm و شعاع ۴cmدرمی‌آوریم و جریان الکتریکی ۵A را از آن عبور می‌دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیملوله چند گاؤس است؟ ($\pi = ۳$ و $\mu_۰ = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A}$)

۱) ۲۴ ۲) ۲/۴ ۳) ۲۴۰ ۴) ۰/۰۲۴

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا تعداد حلقه‌های سیملوله را به‌صورت زیر حساب می‌کنیم:

$$N = \frac{L_{سیم}}{۲\pi r} \xrightarrow[r=۴\times۱۰^{-۲}\,m]{L_{سیم}=۴۸m} N = \frac{۴۸}{۲\times۳\times۴\times۱۰^{-۲}} = ۲۰۰ \text{ دور}$$

اکنون از رابطه‌ی بزرگی میدان مغناطیسی روی محور اصلی سیملوله، بزرگی میدان مغناطیسی درون آن‌را به‌دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{L} \xrightarrow[I=۵A]{L=۵\times۱۰^{-۲}\,m}$$

$$B = \frac{۱۲\times۱۰^{-۷}\times۲۰۰\times۵}{۵\times۱۰^{-۲}} \Rightarrow B = ۲۴ \times ۱۰^{-۳}\,T \Rightarrow B = ۲۴۰G$$

(۲۹) چه تعداد از گزاره‌های زیر نادرست است؟

الف) نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار، بر راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است.

ب) تسلا یکای بزرگی میدان مغناطیسی است و در برخی موارد از یکای قدیمی SI و کوچک‌تری به نام گاوس (با نماد G) استفاده می‌شود.

پ) اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیک سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (۰/۶۵G) و در استوا کمترین (۰/۳۵G) است.

ت) بزرگ‌ترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۴/۵ تسلا است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳

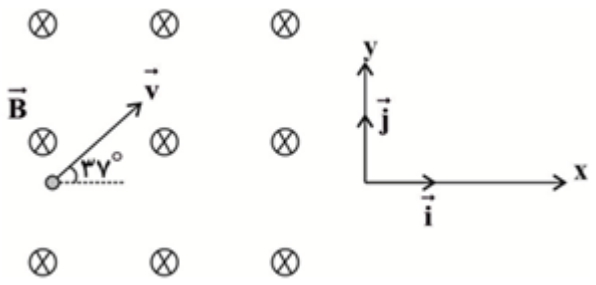
به بررسی موارد نادرست می‌پردازیم:

ب) تسلا یکای بزرگی میدان مغناطیسی در SI است که در برخی موارد از یکای قدیمی (غیر SI) و کوچک‌تری به نام گاوس (با نماد G) استفاده می‌شود.

پ) اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیک سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (۰/۶۵G) و در استوا کمترین (۰/۲۵G) است.

ت) بزرگترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۴۵ تسلا است.

(۳۰) مطابق شکل زیر، بار الکتریکی ۵ میکروکولنی با سرعت $۲\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۱۰۰ گاوس در جهت نشان داده شده حرکت می‌کند. بردار نیروی وارد بر ذره در لحظه نشان داده شده در SI کدام است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) $۶\vec{i} - ۸\vec{j}$

۲) $-۶\vec{i} + ۸\vec{j}$

۳) $۸\vec{i} - ۶\vec{j}$

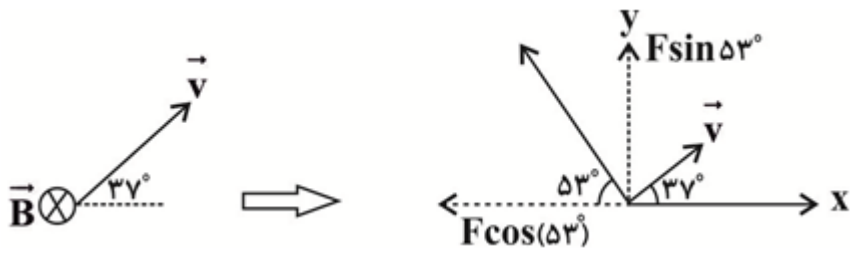
۴) $-۸\vec{i} + ۶\vec{j}$

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا مطابق رابطه زیر اندازه نیروی وارد بر ذره باردار را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه باید توجه داشت که زاویه بین بردار سرعت و میدان مغناطیسی ۹۰ درجه می‌باشد.

$$F = |q| vB \sin(\theta) = ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۲ \times ۱۰^{۸} \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۱ = ۱۰ (N)$$

با توجه به قانون دست راست برای نیروی وارد بر ذره باردار درون میدان مغناطیسی، جهت این نیرو عمود بر بردار سرعت و میدان مغناطیسی و مطابق شکل می‌باشد.



$$\vec{F} = -F\cos(۵۳^\circ)\vec{i} + F\sin(۵۳^\circ)\vec{j} = -۱۰ \times ۰/۶\,\vec{i} + ۱۰ \times ۰/۸\,\vec{j}$$

$$\vec{F} = -۶\vec{i} + ۸\vec{j}\ (N)$$