

۱- آزمایشی طراحی کنید که، اثر قطب‌های آهنربا را بر یک‌دیگر نشان دهد.

دو آهنربای میله‌ای با قطب‌های مغناطیسی مشخص را انتخاب می‌کنیم و آن‌ها را بر روی میز قرار می‌دهیم. اگر قطب هم‌نام آهنرباها را به هم نزدیک کنیم، بر هم کنش رانشی بین دو آهنربا را مشاهده می‌کنیم و این نشان می‌دهد که بر هم کنش قطب‌های هم‌نام به صورت رانشی است. اگر این آزمایش را برای قطب‌های ناهم‌نام انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که یک‌دیگر را می‌ربایند.

۲- فرض کنید دو میله‌ی کاملاً مشابه یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن بتوانید بدون استفاده از هیچ وسیله‌ی دیگری، میله‌ای را که از جنس آهنرباست مشخص کنید.

در قطبین آهنربا اثر مغناطیسی قوی‌تر از نقاط دیگر می‌باشد. هرگاه میله‌ی آهنی را به قطبین آهنربا نزدیک کنیم، خیلی سریع جذب آهنربا می‌شود، ولی اگر میله‌ی آهنی را به وسط آهنربای میله‌ای نزدیک کنیم، جذب میله کمتر خواهد بود، زیرا میدان مغناطیسی در وسط آهنربا ضعیف‌تر از قطب‌ها است. پس اگر یکی از میله‌ها را به وسط میله‌ی دیگر نزدیک کنیم، اگر میله را سریع جذب کرد، میله‌ی اولی آهنرباست و اگر جذب با کندی صورت گرفت، میله‌ی دوم آهنرباست.

با در نظر گرفتن سیمی افقی، مستقیم و حامل جریان در یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن از شمال به جنوب است، به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۳- اگر سیم در راستای شمال- جنوب و جریان آن از شمال به جنوب باشد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را تعیین کنید.

وقتی سیم در راستای شمال - جنوب قرار دارد و جریان آن به طرف جنوب است و از طرف دیگر میدان مغناطیسی وارد بر آن افقی و رو به جنوب است، جریان الکتریکی با میدان مغناطیسی، زاویه‌ی صفر درجه می‌سازد. در این صورت از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیرویی وارد نمی‌شود.

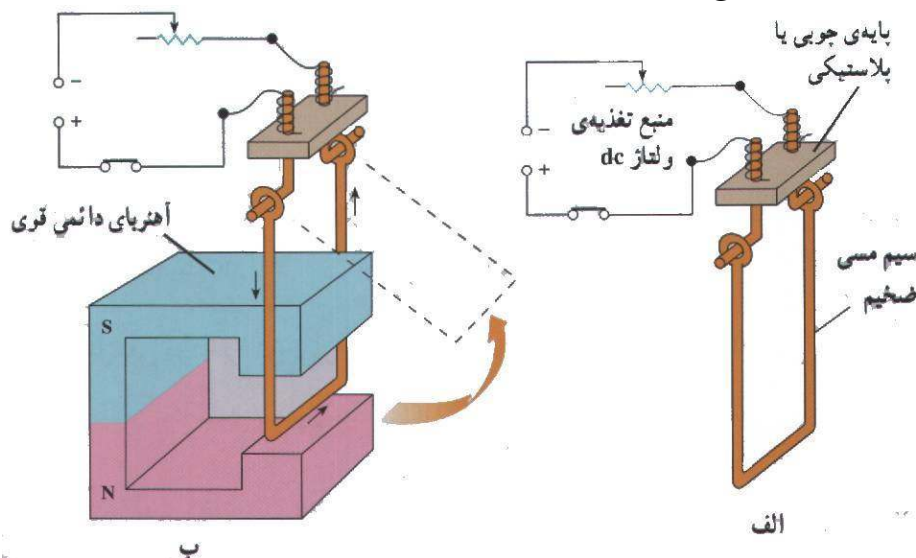
$$\begin{cases} F = ILB \sin \alpha \\ \sin \alpha = 0 \Rightarrow F = 0 \end{cases}$$

۴- اگر سیم در راستای شرق- غرب و جریان آن از غرب به شرق باشد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را تعیین کنید.

وقتی سیم حامل جریان در راستای شرق - غرب و جریان آن از غرب به شرق باشد، جریان عمود بر میدان مغناطیسی است. با استفاده از قاعده‌ی دست راست اگر نوک انگشتان جریان به سمت غرب و خم چهار انگشت میدان مغناطیسی را به سمت جنوب نشان دهد، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را در راستای قائم رو به پایین نشان می‌دهد که بیشینه است.

۵- آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی را اندازه‌گیری کرد.

با توجه به آزمایش زیر، هرگاه یک سر نیروسنج را به طور افقی به میله‌ی مسی و سر دیگر آن را به تکیه‌گاه قائمی ببندیم، با برقراری جریان در مدار از طرف میدان مغناطیسی به میله‌ی مسی نیرو وارد می‌شود. در این صورت نیروسنج مقدار این نیرو را نشان می‌دهد.

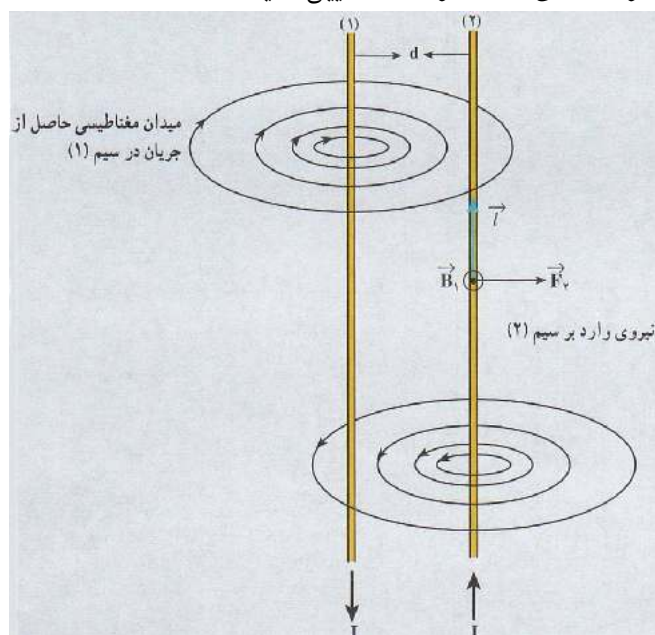


۶- اگر ذره‌ای با بار الکتریکی q موازی با میدان مغناطیسی حرکت کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه قدر است؟

هرگاه ذره‌ای با بار الکتریکی q در راستای میدان مغناطیسی حرکت کند، زاویه‌ای که بردار سرعت با بردار میدان می‌سازد برابر صفر یا π است. در این صورت $\sin \theta = 0$ می‌گردد و نیروی وارد بر ذره از طرف میدان برابر صفر خواهد بود.

$$\begin{cases} F = qVB \sin \theta \\ \sin \theta = 0 \Rightarrow F = 0 \end{cases}$$

۷- جهت نیروی وارد بر سیم شماره‌ی (۱) را در شکل با استفاده از قاعده‌ی دست راست، تعیین کنید.

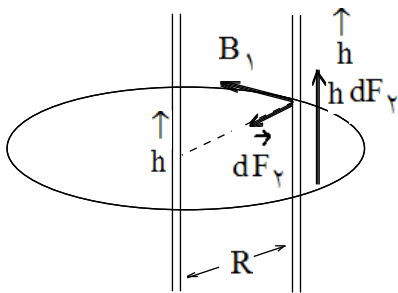


با توجه به شکل مقابل میدان مغناطیسی سیم شماره (۲) در محل سیم شماره (۱) برون‌سو می‌باشد. با استفاده از قاعده‌ی دست راست نیروی وارد بر سیم شماره (۱) از طرف میدان مغناطیسی B_2 به طرف چپ می‌باشد.

۸- از دو سیم بلند موازی که به فاصله d از یکدیگر قرار دارند، جریانی به شدت I می‌گذرد، جهت جریان در هر دو سیم یکسان است، نیرویی را که به یک متر از هریک از سیم‌ها وارد می‌شود به دست آورید.

$$\begin{cases} F = ILB \sin \alpha \\ \alpha = 90^\circ \Rightarrow F = ILB \\ F = ILB \\ B = \mu_0 \frac{I}{2\pi d} = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} \Rightarrow F = IL \left(2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} \right) \\ L = 1 \text{ m} \Rightarrow F = 2 \times 10^{-7} \frac{I^2}{d} \end{cases}$$

۹- جهت نیروها و میدان‌های مغناطیسی مربوط به دو سیم موازی حامل جریان‌های هم‌سو را با رسم شکل و استفاده از قاعده‌ی دست راست مشخص کنید.



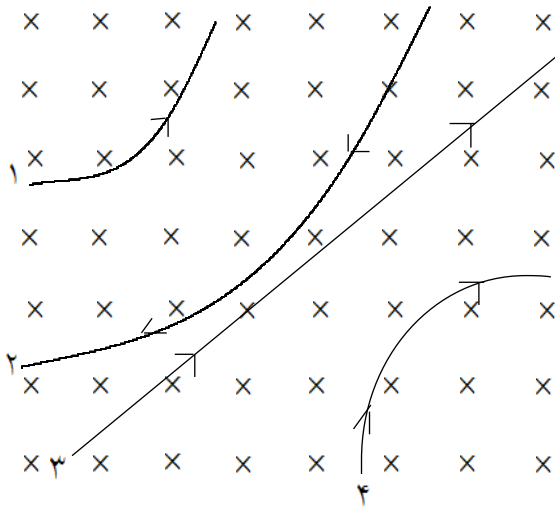
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان هم‌سو به صورت ربایشی است. در شکل مقابل اثر میدان مغناطیسی سیم شماره (۱) در محل (۲) نیرویی است که به طرف سیم شماره (۱) بر سیم شماره (۲) وارد می‌شود.

۱۰- آهنربایی با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. حداقل دو روش برای تعیین قطب‌های این آهنربا، بیان کنید.

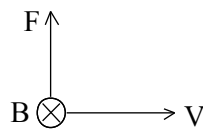
(الف) هرگاه آهنربایی را که قطب‌های آن مشخص نیست به وسیله یک نخ آویزان نماییم، به طوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد، تحت تأثیر میدان مغناطیسی کره زمین قرار می‌گیرد و پس از چند چرخش در راستای تقریب شمال و جنوب قرار می‌گیرد، به طوری که قطبی که به سمت شمال است قطب N آهنربا و قطبی که به طرف جنوب است قطب S آهنربا می‌باشد.

(ب) هرگاه قطب‌های آهنربای مجهولی را به نوبت به قطب‌های شناخته شده آهنربایی نزدیک کنیم، قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع کرده و قطب‌های غیرهم‌نام همدیگر را جذب می‌نمایند، در این صورت می‌توان دو قطب S و N آهنربای مجهول را مشخص کرد.

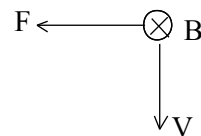
۱۱- چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو مسیرهایی مطابق شکل زیر می پیمایند. درباره ی نوع بار هر ذره چه می توان گفت؟



الف) ذره (۱) دارای بار الکتریکی مثبت است. بردار سرعت به سمت راست، میدان مغناطیسی درون سو و نیروی الکتریکی طبق قانون دست راست به طرف بالا می باشد.

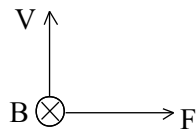


ب) ذره (۲) دارای بار الکتریکی منفی است. بردار سرعت رو به پایین، میدان مغناطیسی درون سو و نیروی الکتریکی طبق قانون دست راست برای بار الکتریکی منفی به طرف چپ می باشد.

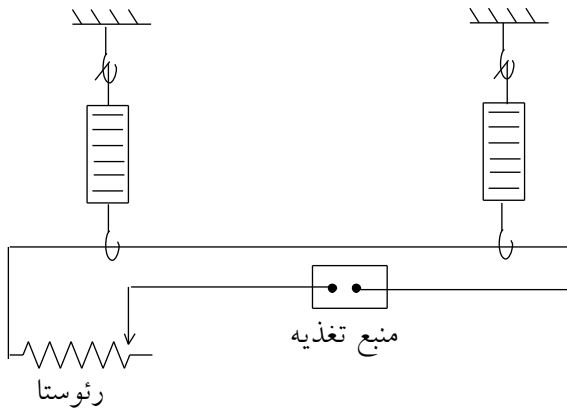


پ) ذره (۳) بدون بار الکتریکی است و هیچ نیرویی بر این ذره وارد نمی شود.

ت) ذره (۴) دارای بار الکتریکی منفی است. بردار سرعت رو به بالا، میدان مغناطیسی درون سو و نیروی مغناطیسی برای بار منفی به طرف راست می باشد.



یک سیم که حامل جریانی به شدت ۱۶ آمپر است، مطابق شکل زیر توسط دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده است، به طور افقی و در راستای غرب به شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را افقی و یکنواخت و دقیقاً به سوی شمال با بزرگی 0.5 mT بگیرید. به سوال بعدی پاسخ دهید:



۱۲- نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را تعیین کنید.

$$\begin{cases} F = ILB \sin \alpha \\ I = 16 \text{ A} \\ B = 0.5 \text{ mT} = 5 \times 10^{-5} \text{ T} \\ L = 1 \text{ m} \\ \alpha = 90^\circ \end{cases} \Rightarrow F = 16 \times 1 \times 5 \times 10^{-5} \times \sin 90^\circ = 8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

بر هر متر سیم نیروی $8 \times 10^{-4} \text{ N}$ وارد می‌شود.

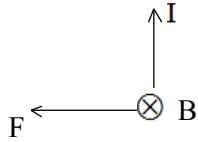
۱۳- اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور دهیم؟ جرم یک متر از طول این سیم 8 gr است. ($g = 10 \text{ N/kg}$)

برای این که نیروی مغناطیسی بتواند نیروی وزن میله را خنثی کند، لازم است جهت جریان طبق قانون دست راست از غرب به شرق باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر سیم رو به بالا باشد و نیروی وزن میله را خنثی کند. مقدار جریان از رابطه زیر را به دست می‌آید:

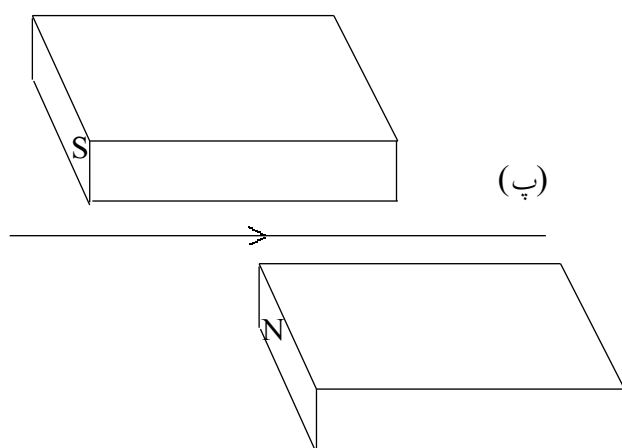
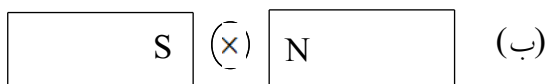
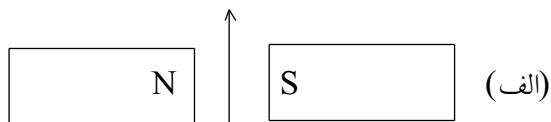
$$\begin{cases} B = 5 \times 10^{-5} \text{ T} \\ L = 1 \text{ m} \\ F = W = mg = (8 \times 10^{-3})(10) = 8 \times 10^{-2} \text{ N} \\ \alpha = 90^\circ \\ F = ILB \sin \alpha \Rightarrow 8 \times 10^{-2} = I \times 1 \times 5 \times 10^{-5} \times 1 \Rightarrow I = 1600 \text{ A} \end{cases}$$

۱۴- سیم قائمی در میدان مغناطیسی زمین (که رو به شمال است) قرار دارد. جریانی از پایین به بالا از این سیم عبور می‌کند، جهت نیروی وارد بر این جریان چگونه است؟

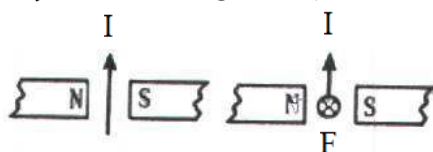
با استفاده از قاعده دست راست جهت نیرو را می‌توان تعیین کرد. اگر نوک انگشتان رو به بالا در جهت جریان و خم چهار انگشت رو به شمال جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را به طرف غرب نشان می‌دهد.



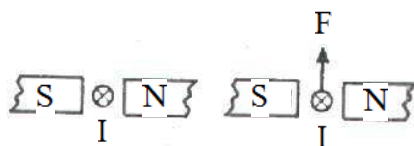
۱۵- جهت نیروی الکترومغناطیسی بر سیم حامل جریان را در هر یک از شکل‌های «الف»، «ب»، «پ»، با استفاده از قاعده‌ی دست راست بیابید.



(الف) میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی از پایین به بالا است و نیروی وارد بر سیم جریان عمود بر سیم (عمود بر کاغذ) به طرف داخل (\otimes درون‌سو) می‌باشد.

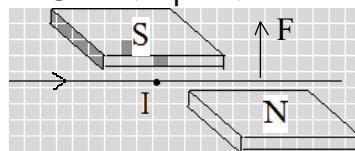
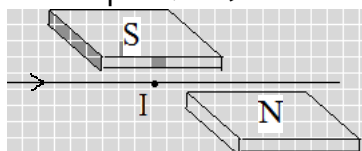


(ب) $\otimes \equiv$ جریان الکتریکی عمود بر کاغذ به طرف داخل (درون‌سو)

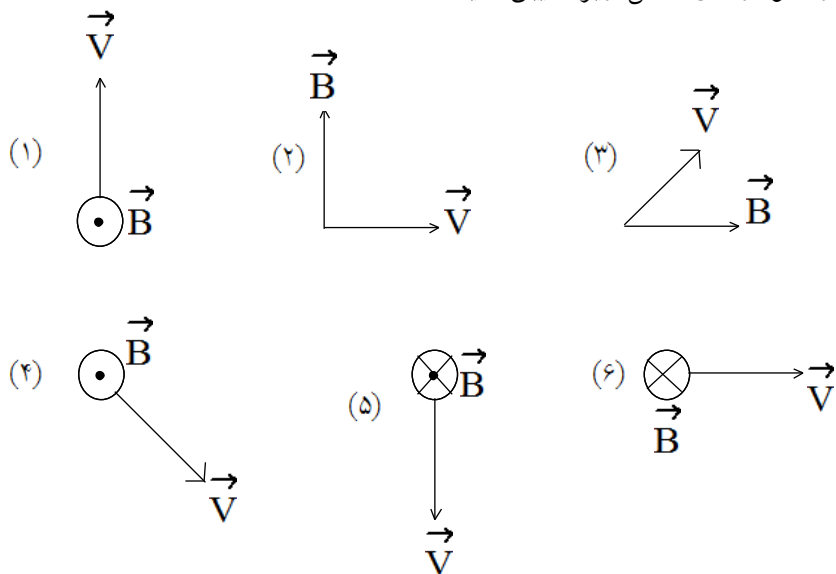


میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی درون‌سو است و جهت نیرو بر اساس قاعده دست راست به سمت بالا و عمود بر سیم حامل جریان می‌باشد.

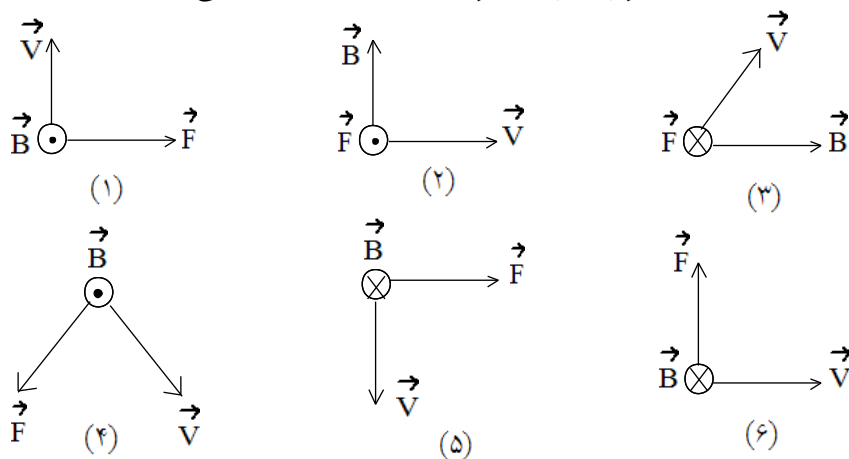
(پ) میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان الکتریکی عمود بر میدان مغناطیسی از چپ به راست است و جهت نیروی وارد بر سیم بر اساس قاعده دست راست عمود بر سیم و به طرف بالا می‌باشد.



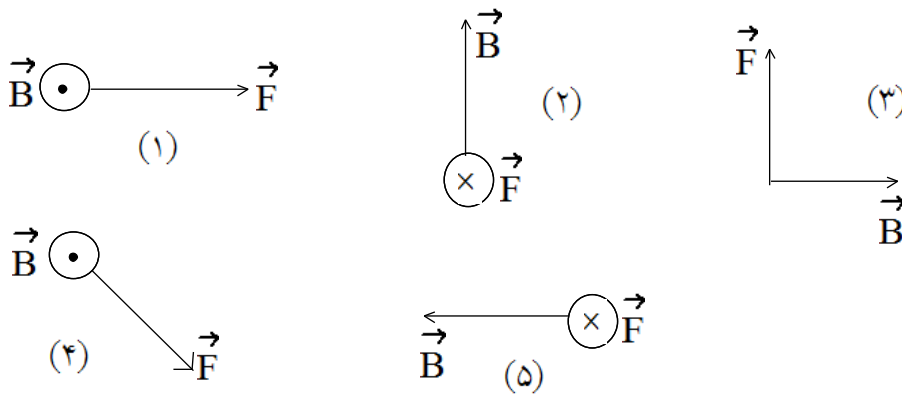
۱۶- جهت نیروی وارد بر بار مثبت را در هریک از نمودارهای شکل زیر تعیین کنید.



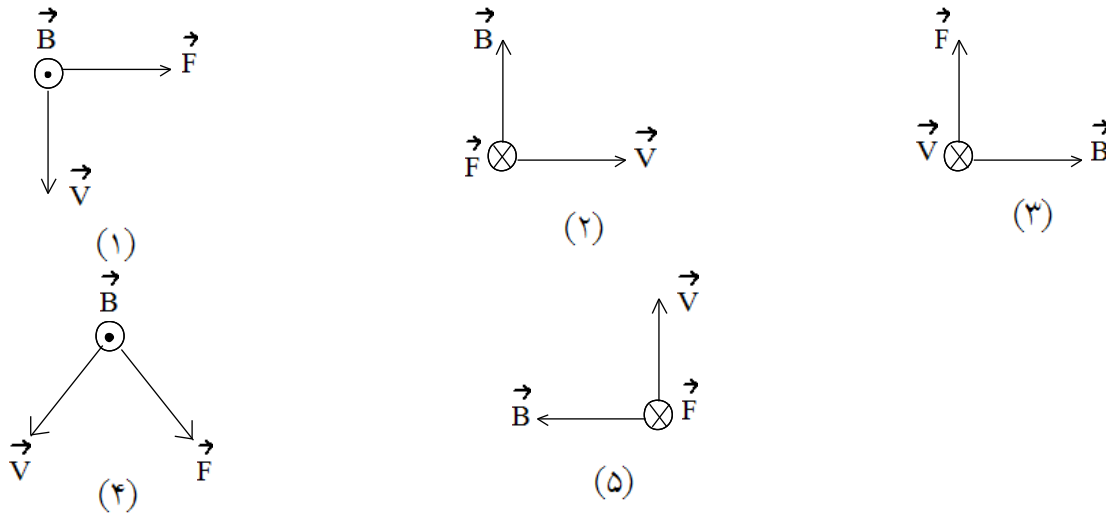
در هریک از شکل‌های فوق جهت نیروی وارد بر بار مثبت با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌گردد، به‌طوری که نوک انگشتان دست راست جهت بردار سرعت، خم چهار انگشت جهت میدان مغناطیسی و انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان می‌دهد.



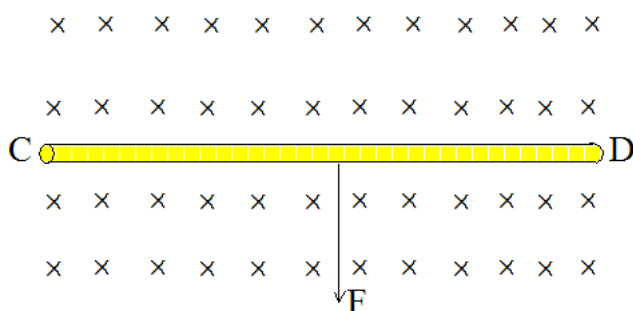
۱۷- نیروی \vec{F} وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی \vec{B} در حرکت است در شکل زیر نشان داده شده است. در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



در هر یک از شکل‌های فوق بردار سرعت بار الکتریکی منفی با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌شود و در پایان بر خلاف جهت بردار سرعت تعیین می‌شود.

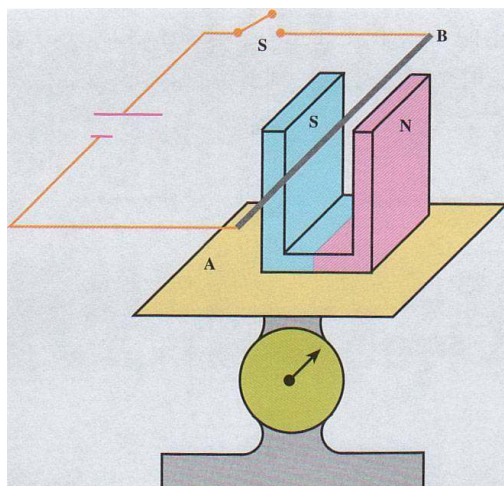


۱۸- سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی با اندازه‌ی 0.5T قرار گرفته است. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم برابر 1N باشد، جهت و اندازه‌ی جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



جهت نیروی وارد بر سیم رو به پایین، میدان مغناطیسی درون‌سو، در این صورت طبق قاعده دست راست جهت جریان از D به C می‌باشد.

$$\begin{cases} F = 1\text{N} \\ L = 2\text{m} \\ B = 0.5\text{T} \\ \alpha = 90^\circ \end{cases} \quad \begin{aligned} F &= ILB \sin \alpha \\ 1 &= I \times 2 \times 0.5 \times 1 \Rightarrow I = 1\text{A} \end{aligned}$$



۱۹- یک آهنربای نعلی شکل را روی کفهی یک ترازوی حساس قرار می‌دهیم، سیم AB را که مطابق شکل زیر در میان دو قطب آهنربا قرار دارد به وسیله‌ی یک کلید به دو پایانه‌ی یک باتری وصل می‌کنیم. آیا با بستن کلید عددی که ترازو نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

برای پیدا کردن جهت اثر نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی که سیم عمود بر جهت میدان می‌باشد از دستور دست راست استفاده می‌کنیم. بدین صورت که اگر دست راست را باز نگه‌داریم، انگشت شست جهت نیرو و چهار انگشت جهت جریان را نشان می‌دهد و اگر چهار انگشت را خم کنیم، جهت میدان مغناطیس را نشان می‌دهد به طوری که جهت میدان عمود بر کف دست و در جهت نوک چهار انگشت است. پس اگر کلید مدار بسته شود جریان در سیم از B به A برقرار می‌شود و میدان مغناطیسی از N به S می‌باشد و بر سیم نیرویی وارد می‌نماید که جهت آن به سمت پایین می‌باشد.

با بستن کلید مدار ترازو عدد کمتری را نشان می‌دهد، زیرا جهت نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌شود به طرف پایین بوده و از طرف سیم نیروی عکس‌العمل به سمت بالا به میدان مغناطیسی و از آنجا به آهنربا وارد می‌شود و ترازو مقدار کمتری را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن پروتونی که با سرعت $4/4 \times 10^6 \text{ m/s}$ تحت زاویه‌ی 53° با میدان مغناطیسی‌ای به بزرگی 18 mT در حرکت است.

به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

۲۰- بزرگی نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید. (بار الکتریکی پروتون $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و $\sin 53^\circ = 0/8$ است)

$$\left\{ \begin{array}{ll} V = 4/4 \times 10^6 \text{ m/s} & F = qVB \sin \alpha \\ \alpha = 53^\circ & F = (1/6 \times 10^{-19}) \times (4/4 \times 10^6) \times (18 \times 10^{-3}) \times (0/8) \\ B = 18 \times 10^{-3} \text{ T} & F = 10^{-14} \text{ N} \\ q = +e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} & \end{array} \right.$$

۲۱- اگر این نیرو تنها نیرویی باشد که بر پروتون وارد می‌شود، شتاب پروتون را حساب کنید.

(بار الکتریکی پروتون $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $1/7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است.)

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{F}{m} \\ m = 1/7 \times 10^{-27} \text{ kg} \Rightarrow a = \frac{10^{-14}}{1/7 \times 10^{-27}} = 5/8 \times 10^{12} \text{ m/s}^2 \end{array} \right.$$

۲۲- راستای نیروی وارد بر یک الکترون متحرک در میدان الکتریکی را با راستای نیروی وارد بر این الکترون در میدان مغناطیسی مقایسه کنید.

در میدان الکتریکی نیروی وارد بر یک الکترون متحرک همواره در جهت و راستای میدان الکتریکی می‌باشد به طوری که راستای میدان الکتریکی با راستای نیروی وارد بر الکترون متحرک در یک امتداد می‌باشد. اما در میدان مغناطیسی نیروی وارد بر یک الکترون متحرک بر راستای میدان مغناطیسی و راستای جهت الکترون عمود است و بزرگی آن از رابطه‌ی روبه‌رو به دست می‌آید.

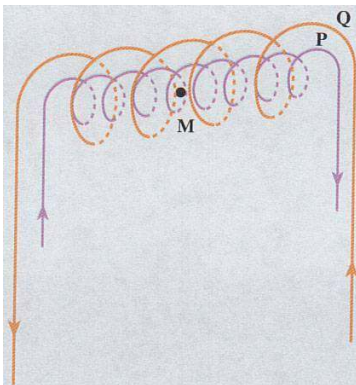
$$F = qVB \sin \theta$$

۲۳- از پیچ‌های مسطحی به شعاع 5cm که از 200 دور سیم نازک درست شده است، جریان 12A می‌گذرد. میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه حساب کنید.

$$\begin{aligned} R &= 0.05\text{m} \\ N &= 200 \\ I &= 12\text{A} \end{aligned} \quad \begin{cases} B = \mu_0 \frac{NI}{2R} \\ B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200 \times 12}{2 \times 0.05} = 9.6\pi \times 10^{-3}\text{T} \end{cases}$$

۲۴- میدان مغناطیسی روی محور و درون سیم‌لوله‌ای که از آن جریان 5A می‌گذرد برابر $1/57$ میلی‌تسلا است. اگر طول سیم‌لوله 50cm باشد، سیم‌لوله از چند حلقه تشکیل شده است؟

$$\begin{aligned} I &= 5\text{A} \\ B &= 1/57 \times 10^{-3}\text{T} \\ L &= 0.5\text{m} \end{aligned} \quad \begin{cases} B = \mu_0 \frac{NI}{L} \\ 1/57 \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N \times 5}{0.5} \Rightarrow N = 125 \end{cases}$$



۲۵- دو سیم‌لوله P و Q هم محور دارای طول برابر ولی تعداد دور متفاوت هستند (شکل مقابل). تعداد دور سیم‌لوله P برابر 200 و تعداد دور سیم‌لوله Q برابر 300 است. اگر جریان 1A از سیم‌لوله Q عبور کند، از سیم‌لوله P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیم‌لوله در نقطه‌ی M (روی محور دو سیم‌لوله) برابر صفر شود؟

وقتی میدان مغناطیسی در نقطه M صفر باشد، بزرگی میدان مغناطیسی سیم‌لوله‌ها با هم برابر است.

$$\begin{cases} \vec{B}_M = \vec{B}_Q + \vec{B}_P \\ 0 = B_Q - B_P \Rightarrow B_Q = B_P \\ \mu_0 \frac{N_1 I_1}{L} = \mu_0 \frac{N_2 I_2}{L} \Rightarrow N_1 I_1 = N_2 I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_2 = 200 \\ N_1 = 300 \\ I_1 = 1\text{A} \end{cases} \quad \begin{cases} N_1 I_1 = N_2 I_2 \\ 300 \times I_1 = 200 \times 1 \Rightarrow I_1 = 2/3\text{A} \end{cases}$$

الکترونی با سرعت $m/s \times 10^5 \times 2/4$ در یک میدان مغناطیسی در حرکت است. نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی بیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۲۶- اگر این نیروی بیشینه بالاسو و برابر $N \times 10^{-14} \times 6/8$ باشد، بزرگی و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

بیشترین مقدار نیروی وارد بر الکترون زمانی است که راستای حرکت الکترون عمود بر راستای میدان مغناطیسی باشد، یعنی $\theta = 90^\circ$ باشد.

$$V = 2/4 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$F = e \cdot V \cdot B$$

$$F = 6/8 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$B = \frac{F}{e \cdot V} \Rightarrow B = \frac{6/8 \times 10^{-14}}{1/6 \times 10^{-19} \times 2/4 \times 10^5}$$

$$e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\Rightarrow B = 1/77 \text{ T}$$

برای به دست آوردن جهت میدان مغناطیسی از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. با توجه به این که ذره باردار، الکترون است، اگر حرکت الکترون به سمت جنوب باشد و بیشینه نیرو بالاسو باشد، جهت میدان مغناطیسی به سمت غرب می‌باشد.

۲۷- چه میدان الکتریکی ای همین نیرو را ایجاد می‌کند؟ (بار الکتریکی الکترون $C \times 10^{-19} \times 1/6$ است.)

$$\begin{cases} F = 6/8 \times 10^{-14} \text{ N} \\ q = -1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \end{cases} \quad \begin{cases} E = \frac{F}{q} \\ E = \frac{6/8 \times 10^{-14}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4/25 \times 10^5 \text{ N/C} \end{cases}$$

۲۸- قطب‌های آهن‌ربا را تعریف کنید.

در آهن‌رباها- به هر شکلی که باشند- دو ناحیه وجود دارد، که خاصیت آهن‌ربایی در آن‌ها بیش از قسمت‌های دیگر است. این ناحیه‌ها را قطب‌های آهن‌ربا می‌گویند.

۲۹- نام‌گذاری قطب‌های آهن‌ربا چگونه انجام شده است؟

همواره یکی از قطب‌های آهن‌ربا به طرف شمال کره‌ی زمین و قطب دیگر آن به طرف جنوب کره‌ی زمین کشیده می‌شود. به نحوی که اگر یک آهن‌ربای میله‌ای نازک بر روی محوری در وسط آن سوار شود و بتواند آزادانه حول آن بچرخد، همواره در امتداد شمال و جنوب جغرافیایی به تعادل می‌رسد. قطبی که به سمت شمال قرار می‌گیرد، قطب شمال (N) و قطبی که به سمت جنوب قرار می‌گیرد، قطب جنوب (S) نامیده می‌شود.

۳۰- پدیده‌ی القای خاصیت مغناطیسی را توضیح دهید.

هرگاه اجسامی از جنس آهن، نیکل و کبالت در مجاورت آهن‌ربا (در یک میدان مغناطیسی) قرار گیرند، در آن‌ها خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود. قسمتی از جسم که نزدیک به قطب N آهن‌ربا است، تبدیل به قطب S و قسمتی از جسم که نزدیک به قطب S آهن‌ربا است، تبدیل به قطب N می‌شود. جسم به‌طور موقت آهن‌ربا می‌شود و به سمت آهن‌ربا جذب می‌شود.

۳۱- در جاهای خالی جمله‌های زیر، عبارت مناسب قرار دهید.

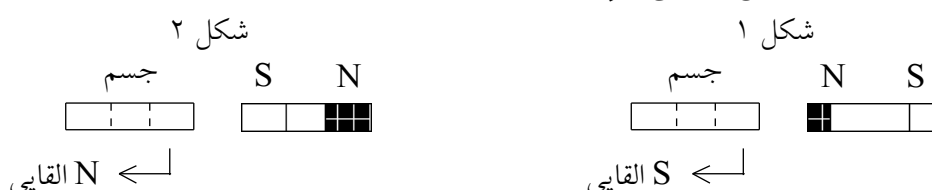
- (۱) قطب‌های هم‌نام آهن‌ربا یک‌دیگر را..... می‌کنند.
- (۲) خاصیت آهن‌ربایی در اثر القا در یک قطعه آهن، نیکل یا کبالت همواره به‌صورتی ایجاد می‌شود که.....

(۱) دفع

(۲) قطعه‌ی موردنظر جذب آهن‌ربای اصلی (آهن‌ربای القاکننده) شود.

۳۲- چرا یک آهن‌ربا یا نیکل یا کبالت، همواره توسط یک آهن‌ربا جذب می‌شود؟

مطابق شکل‌های زیر خاصیت مغناطیسی در موادی مثل آهن، نیکل یا کبالت به‌نحوی ایجاد می‌شود که قسمت نزدیک‌تر جسم به هریک از قطب‌های آهن‌ربای القاکننده، تبدیل به قطب مخالف با آن می‌شود، لذا جسم به‌دلیل جاذبه‌ی قطب‌های ناهم‌نام که یکی از آن‌ها قطب آهن‌ربای القاکننده و دیگری قطب القایی در جسم است، جذب آهن‌ربا می‌شود.



۳۳- میدان مغناطیسی را تعریف کنید.

خاصیتی که در اطراف آهن‌رباها ایجاد می‌شود و به موجب آن به آهن‌رباهای دیگر و عقربه‌ی مغناطیسی (قطب‌نما) نیرو وارد می‌شود و همچنین باعث ایجاد خاصیت القای مغناطیسی در موادی مثل آهن، نیکل و کبالت می‌شود، میدان مغناطیسی می‌گویند.

۳۴- (۱) چگونه می‌توان به‌وجود میدان مغناطیسی در یک فضای مشخص پی برد؟

(۲) آیا زمین در فضای اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند؟

(۱) در هر فضایی که در آن عقربه‌ی مغناطیسی در امتداد و جهت مشخصی قرار می‌گیرد میدان مغناطیسی وجود دارد.

(۲) بله- زیرا عقربه‌ی مغناطیسی تحت تأثیر زمین در امتداد مشخصی به تعادل می‌رسد.

۳۵- راستا و جهت میدان مغناطیسی چگونه قرارداد می‌شود؟

راستایی که عقربه‌ی مغناطیسی در آن به تعادل می‌رسد، راستای مغناطیسی و جهتی که قطب شمال عقربه‌ی مغناطیسی (قطب N) به سمت آن قرار می‌گیرد، جهت میدان مغناطیسی قرارداد می‌شود.

۳۶- خط‌های میدان مغناطیسی چگونه رسم می‌شوند؟

این خط‌ها طوری رسم می‌شوند که:

- (۱) راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه باشد.
- (۲) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه هم‌سو با میدان مغناطیسی در آن نقطه است.
- (۳) تراکم این خط‌ها در هر ناحیه از فضا نشان‌گر بزرگی میدان مغناطیسی در آن ناحیه است.

۳۷- میدان مغناطیسی یکنواخت را تعریف کنید.

اگر خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یک‌دیگر موازی و هم‌فاصله باشند، بردار میدان مغناطیسی در همه‌ی نقطه‌های آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی دارد. به این چنین میدان مغناطیسی‌ای، میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گویند.

۳۸- زمین در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند، زیرا به عقربه‌ی مغناطیسی در مجاورت زمین نیرو وارد می‌شود. اگر زمین را یک آهن‌ربای بزرگ فرض کنیم، قطب‌های آن چگونه‌اند؟

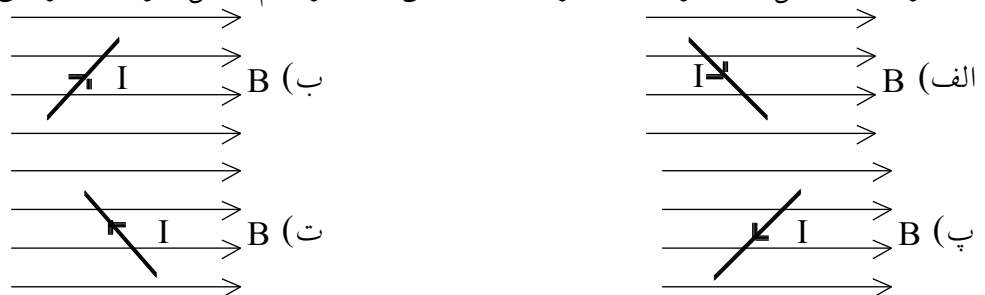
قطب N عقربه‌ی مغناطیسی به طرف شمال جغرافیایی جذب می‌شود و برعکس قطب S عقربه‌ی مغناطیسی به طرف جنوب جغرافیایی جذب می‌شود. بنابراین قطب S مغناطیسی زمین تقریباً در شمال جغرافیایی زمین و قطب N مغناطیسی زمین تقریباً در جنوب جغرافیایی زمین قرار دارد.

۳۹- عبارت زیر را کامل کنید.

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

راستای جریان- میدان مغناطیسی

۴۰- در هریک از شکل‌های زیر، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی را تعیین کنید.



(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

(ب) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

(پ) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

(ت) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

۴۱- در شکل مقابل سیم حامل جریانی را می‌بینید.

در هریک از حالت‌های زیر، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را مشخص کنید.

(الف) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست باشد.

(ب) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ باشد.

(پ) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون باشد.

(ت) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت بیرون باشد.



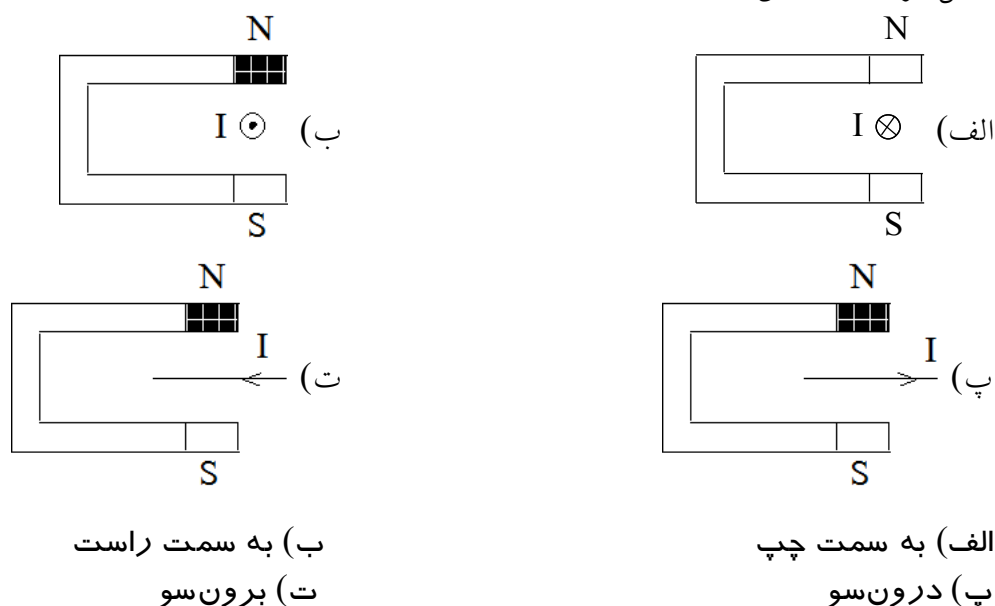
(ب) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

(ت) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست

(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

(پ) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ

۴۲- در هریک از شکل‌های زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را که بین قطب‌های یک آهن‌ربای نعلی شکل قرار دارد تعیین کنید.

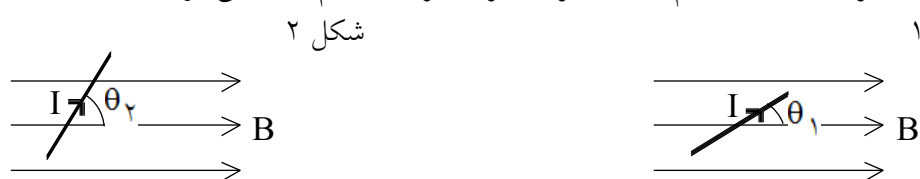


۴۳- اگر زاویه‌های بین جهت جریان الکتریکی سیم حامل جریان و جهت میدان مغناطیسی افزایش یابد، اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان چگونه تغییر می‌کند؟

در حالت کلی نمی‌توان به این سؤال پاسخ داد.

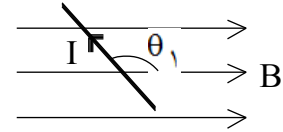
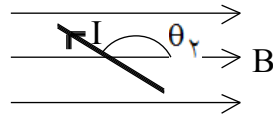
اگر این زاویه حاده باشد (کمتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه‌ی $F = LIB \sin \theta$ اگر θ افزایش یابد، تا زمانی که θ کمتر از ۹۰ درجه است $\sin \theta$ افزایش یافته و در نتیجه F افزایش می‌یابد. اگر این زاویه منفرجه باشد (بیشتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه‌ی $F = LIB \sin \theta$ اگر θ افزایش یابد، $\sin \theta$ کاهش یافته و در نتیجه F کاهش می‌یابد.

۴۴- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی مشخص و با طول مشخص مطابق شکل‌های ۱ و ۲ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. در کدام حالت نیروی بزرگ‌تری به سیم وارد می‌شود؟

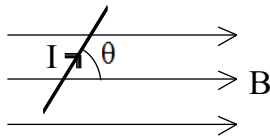


$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta_2 > \theta_1 \\ \theta_1 \text{ و } \theta_2 \text{ حاده} \end{array} \right\} \Rightarrow \sin \theta_2 > \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 > F_1$$

۴۵- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی مشخص و با طول مشخص مطابق شکل‌های ۱ و ۲ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. در کدام حالت نیروی بزرگ‌تری به سیم وارد می‌شود؟
شکل ۱



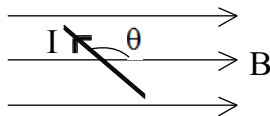
$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta_2 > \theta_1 \\ \theta_2 \text{ و } \theta_1 \text{ منفرجه} \end{array} \right\} \Rightarrow \sin \theta_2 < \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 < F_1$$



۴۶- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت (مطابق شکل) قرار دارد. سیم حامل جریان چه قدر و در چه جهتی در صفحه‌ی شکل بچرخد تا این‌که نیروی مغناطیسی وارد بر آن:
الف) بیشینه شود؟
ب) صفر شود؟

الف) $\theta - \frac{\pi}{4}$ در جهت پاد ساعتگرد و یا $\theta + \frac{\pi}{4}$ در جهت ساعتگرد.

ب) $\pi - \theta$ در جهت پاد ساعتگرد و یا θ در جهت ساعتگرد.



۴۷- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت (مطابق شکل) قرار دارد. سیم حامل جریان چه قدر و در چه جهتی در صفحه‌ی شکل بچرخد تا این‌که نیروی مغناطیسی وارد بر آن:
الف) بیشینه شود؟
ب) صفر شود؟

الف) $\theta - \frac{\pi}{4}$ در جهت ساعتگرد و یا $\frac{3\pi}{4} - \theta$ در جهت پاد ساعتگرد.

ب) θ در جهت ساعتگرد و یا $\pi - \theta$ در جهت پاد ساعتگرد.

۴۸- عبارات زیر را کامل کنید.

اگر امتداد سیم حامل جریان الکتریکی با امتداد میدان مغناطیسی موازی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان..... است و اگر امتداد سیم حامل جریان الکتریکی بر امتداد میدان مغناطیسی عمود باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان..... است.

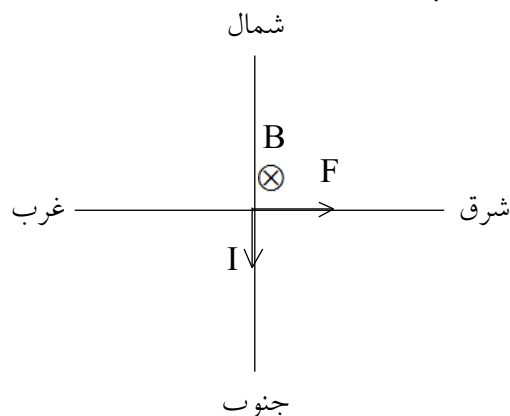
صفر - بیشینه

۴۹- یکای میدان مغناطیسی در SI (تسلا) را تعریف کنید.

یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی‌ای است که در آن بر یک متر از سیمی که حامل جریان الکتریکی به شدت یک آمپر است و در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد، نیرویی به بزرگی یک نیوتن وارد شود.

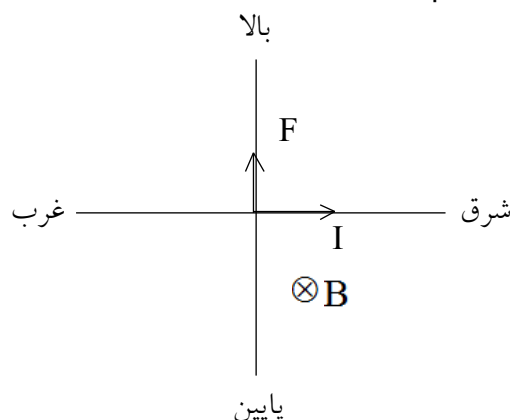
۵۰- یک سیم مستقیم در امتداد قائم قرار دارد و از آن یک جریان الکتریکی به سمت پایین عبور می‌کند. جهت نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی زمین را تعیین کنید.

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر سیم به سمت شرق است.



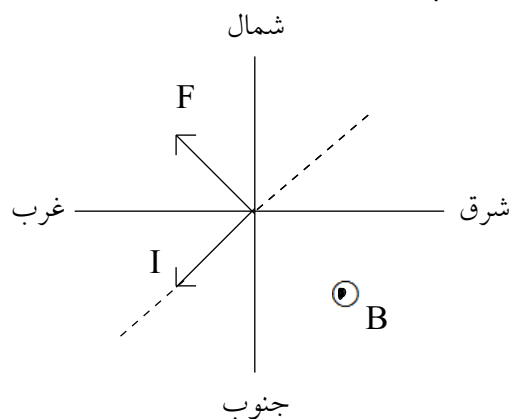
۵۱- یک سیم مستقیم در امتداد شرق و غرب قرار دارد و از طرف میدان مغناطیسی زمین در امتداد قائم و به سمت بالا به آن نیرو وارد می‌شود. جهت جریان الکتریکی سیم را مشخص کنید.

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت جریان الکتریکی سیم به سمت شرق است.



۵۲- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی که در امتداد قائم و در جهت بالا است، در یک صفحه‌ی افقی و در امتداد شمال شرقی و جنوب غربی قرار دارد و جهت جریان الکتریکی آن به طرف جنوب غربی است. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به دست آورید.

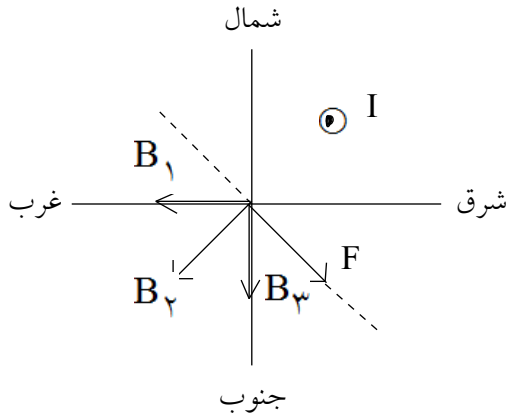
با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر سیم به سمت شمال غربی است.



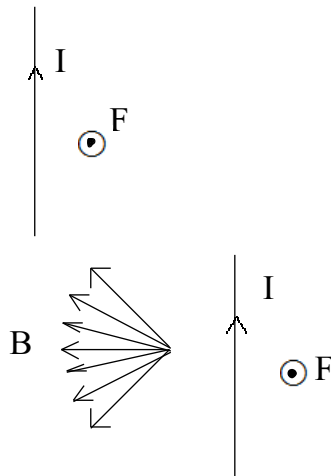
۵۳- در یک صفحه‌ی افقی یک سیم مستقیم در امتداد قائم قرار دارد و از آن یک جریان الکتریکی به طرف بالا عبور می‌کند. به سیم حامل جریان الکتریکی نیروی مغناطیسی در جهت جنوب شرقی وارد می‌شود. جهت میدان مغناطیسی، کدام از جهت‌های ذکر شده می‌تواند باشد؟

- | | | | |
|----------|---------------|---------|---------------|
| (۱) شمال | (۲) شمال غربی | (۳) غرب | (۴) جنوب غربی |
| (۵) جنوب | (۶) جنوب شرقی | (۷) شرق | (۸) شمال شرقی |

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست می‌تواند در جهت جنوب غربی باشد.



۵۴- در شکل مقابل به سیم حامل جریان الکتریکی، نیروی مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل روبه‌رو و برون‌سو وارد می‌شود. جهت میدان مغناطیسی چگونه ممکن است بوده باشد؟



نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان بر امتداد سیم و میدان مغناطیسی

عمود است. اما امتداد سیم و میدان مغناطیسی، هر زاویه‌ای ممکن است داشته باشند. بنابراین مطابق شکل مقابل، بردار میدان مغناطیسی در صفحه‌ی شکل و به طرف سمت چپ سیم حامل جریان است و می‌تواند هر زاویه‌ای بین صفر و ۱۸۰ درجه با جریان الکتریکی داشته باشد.

۵۵- در نیروی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی، با داشتن کدام دو جهت از سه جهت زیر، جهت سوم مشخص نمی‌شود؟

جهت نیروی وارد بر سیم، جهت میدان مغناطیسی، جهت جریان الکتریکی

با داشتن جهت نیروی وارد بر سیم و جهت میدان مغناطیسی نمی‌توان به‌طور قطعی جهت جریان الکتریکی را تعیین کرد.

همچنین با داشتن جهت نیروی وارد بر سیم و جهت جریان الکتریکی نمی‌توان به‌طور قطعی جهت میدان مغناطیسی را تعیین کرد.

۵۶- سیمی به طول ۲۰ سانتی‌متر در راستایی عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۰/۱۵T قرار دارد و از آن جریان الکتریکی ۴A عبور می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند نیوتن است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= LI B \sin \theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = LI B$$

$$I = 4A, B = 0.15T, L = 0.2m \Rightarrow F = 0.2 \times 0.15 \times 4 = 0.12N$$

۵۷- سیمی به طول ۰/۵ متر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت و در راستایی عمود بر امتداد میدان الکتریکی قرار دارد. اگر از سیم جریان الکتریکی ۰/۲۴ آمپر عبور کند و به آن نیروی مغناطیسی با اندازه‌ی ۰/۱۸ نیوتن وارد شود. بزرگی میدان مغناطیسی چند تسلا است؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$I = 0.24 \text{ A}, L = 0.5 \text{ m}, F = 0.18 \Rightarrow 0.18 = 0.5 \times 0.24 \times B$$

$$\Rightarrow B = \frac{0.18}{0.5 \times 0.24} = \frac{18}{5 \times 24} = \frac{18}{120} = 0.15 \text{ T}$$

۵۸- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی ۸ A است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۰/۲۵ T و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. به چه طولی از این سیم نیروی مغناطیسی به اندازه‌ی ۰/۵ نیوتن وارد می‌شود؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$I = 8 \text{ A}, B = 0.25 \text{ T}, F = 0.5 \text{ N} \Rightarrow 0.5 = L \times 8 \times 0.25$$

$$\Rightarrow L = \frac{0.5}{8 \times 0.25} \Rightarrow L = \frac{1}{4} \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

۵۹- یک سیم مستقیم با طول ۷۰ سانتی‌متر در یک میدان مغناطیسی با شدت ۰/۰۵ تسلا و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. از سیم جریان چند آمپر عبور کند تا بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر آن ۰/۹۸ نیوتن شود؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$L = 0.7 \text{ m}, B = 0.05 \text{ T}, F = 0.98 \text{ N} \Rightarrow 0.98 = 0.7 \times I \times 0.05$$

$$\Rightarrow I = \frac{0.98}{0.7 \times 0.05} \Rightarrow I = 28 \text{ A}$$

۶۰- یک سیم مستقیم به طول ۷/۵ cm که حامل جریان الکتریکی ۱/۶ آمپر است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۲/۲ تسلا قرار دارد، به‌طوری‌که امتداد سیم با امتداد میدان مغناطیسی زاویه‌ی ۶۰ درجه تشکیل می‌دهد. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به‌دست آورید.

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 60^\circ \text{ یا } \theta = 120^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow F = \frac{\sqrt{3}}{2} LIB$$

$$L = 0.075 \text{ m}, I = 1/6 \text{ A}, B = 2/2 \text{ T}$$

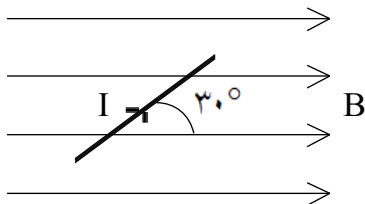
$$\Rightarrow F = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{75}{1000} \times \frac{16}{10} \times \frac{22}{10} = 0.132 \sqrt{3} \text{ N}$$

۶۱- یک سیم مستقیم به طول ۴۰ سانتی متر که حامل جریان الکتریکی ۳/۶ آمپر است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۰/۱۲۵ تسلا قرار دارد و اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن ۰/۰۹ نیوتن است. زاویه‌ی جهت جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی را به دست آورید.

$$\begin{cases} F = LIB \sin \theta \\ L = 0.4 \text{ m}, I = 3.6 \text{ A}, B = 0.125 \text{ T}, F = 0.09 \text{ N} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{100} = \frac{4}{10} \times \frac{36}{10} \times \frac{125}{1000} \sin \theta \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \theta = 30^\circ \text{ یا } \theta = 150^\circ$$



۶۲- در شکل مقابل یک سیم مستقیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر سیم در صفحه‌ی شکل ۳۰ درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

حالت اول: اگر سیم در جهت پاد ساعت گرد دوران پیدا کند:

$$\begin{cases} F_1 = LIB \sin \theta_1 = LIB \sin 30^\circ = \frac{1}{2} LIB \\ F_2 = LIB \sin \theta_2 = LIB \sin (\theta_1 + 30^\circ) = LIB \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} LIB \end{cases}$$

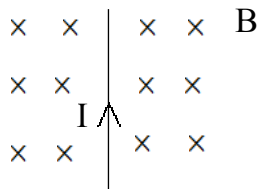
$$\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \sqrt{3}$$

حالت دوم: اگر سیم در جهت ساعت گرد دوران پیدا کند، سیم با میدان مغناطیسی موازی می‌شود و نیروی مغناطیسی وارد بر آن صفر می‌شود.

۶۳- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. اگر سیم در صفحه‌ای که سیم و خطوط میدان مغناطیسی در آن قرار دارند ۴۵ درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

زاویه‌ی جریان و میدان مغناطیسی پس از دوران سیم از ۹۰ درجه به ۴۵ یا ۱۳۵ درجه تغییر می‌کند. در هر حال، در نتیجه تغییر ایجاد نمی‌شود.

$$\begin{cases} F_1 = LIB \sin \theta_1 = LIB \\ F_2 = LIB \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} LIB \\ \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

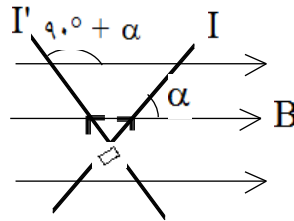
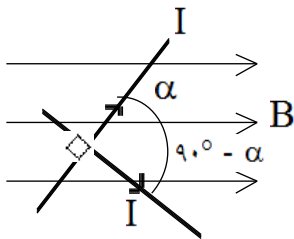


۶۴- در شکل مقابل میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است. اگر سیم مستقیم حامل جریان، در صفحه‌ی شکل 60° درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

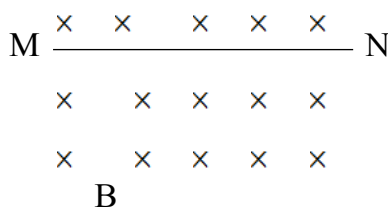
سیم حامل جریان هرچه قدر در صفحه‌ی شکل دوران پیدا کند باز هم بر خطوط میدان مغناطیسی عمود است و $\theta = 90^\circ$ است. بنابراین نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان تغییر نمی‌کند.

۶۵- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی مشخص است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و جهت جریان الکتریکی با جهت میدان مغناطیسی زاویه‌ی α می‌سازد. اگر سیم حامل جریان در صفحه‌ای که موازی با سیم حامل جریان و میدان مغناطیسی است به اندازه‌ی 90° دوران پیدا کند، اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند برابر می‌شود؟

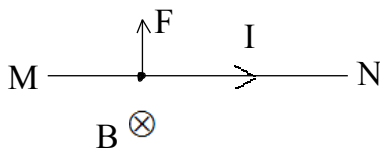
مطابق شکل‌های زیر پس از دوران سیم، زاویه‌ی جهت جریان الکتریکی و جهت میدان مغناطیسی برابر $90^\circ + \alpha$ یا $90^\circ - \alpha$ می‌شود.



$$\begin{aligned} F &= LIB \sin \alpha \\ \left\{ \begin{aligned} F' &= (IB \sin(90^\circ + \alpha)) \text{ یا } F' = LIB \sin(90^\circ - \alpha) \Rightarrow F' = LIB \cos \alpha \end{aligned} \right. \\ \Rightarrow \frac{F'}{F} &= \frac{LIB \cos \alpha}{LIB \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \cot \alpha \end{aligned}$$



۶۶- در شکل مقابل سیم مستقیم MN در راستای افقی و عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که در امتداد افقی ایجاد شده است قرار دارد. طول و جرم سیم به ترتیب 0.8 m و 10 g اندازه‌ی میدان مغناطیسی 0.5 T است. اندازه و جهت جریان الکتریکی سیم را طوری تعیین کنید تا وزن سیم توسط نیروی مغناطیسی وارد بر آن خشی شود.



با توجه به قانون دست راست و شکل مقابل جهت جریان الکتریکی سیم از M به N است.

$$\left. \begin{aligned} F &= LIB \sin \theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$F = W = mg \Rightarrow LIB = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{LB}$$

$$\Rightarrow I = \frac{0.01 \times 10}{0.8 \times 0.5} \Rightarrow I = 2.5 \text{ A}$$

۶۷- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی I است در یک صفحه‌ی افقی قرار دارد. یک میدان مغناطیسی یکنواخت در این صفحه‌ی افقی ایجاد می‌شود و بر اثر نیروی مغناطیسی ناشی از آن، وزن سیم حامل جریان خنثی می‌شود. اگر جرم واحد طول سیم μ باشد، کمترین اندازه‌ی میدان مغناطیسی چه قدر است؟

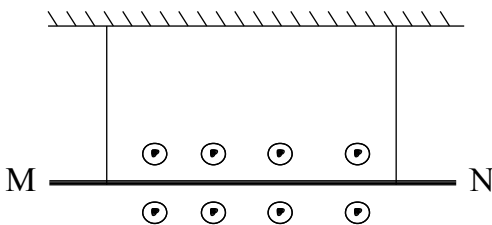
فرض می‌کنیم زاویه‌ی جهت جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی θ باشد و طول سیم را L فرض می‌کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ W = mg \end{array} \right\} \Rightarrow LIB \sin \theta = mg$$

$$\Rightarrow B = \frac{mg}{L I \sin \theta} = \left(\frac{m}{L} \right) \frac{g}{I \sin \theta} = \mu \frac{g}{I \sin \theta}$$

حداقل اندازه‌ی میدان مغناطیسی در شرایطی ایجاد می‌شود که θ برابر 90° باشد.

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow B_{\min} = \frac{\mu g}{I}$$



۶۸- در شکل مقابل میله‌ای مستقیم توسط دو نخ به صورت افقی آویزان است و در یک میدان مغناطیسی در جهت نشان داده شده در شکل قرار دارد. اگر از میله یک جریان الکتریکی در جهت الف (M به N) عبور کند، نیروی کشش نخ‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

الف) به میله در امتداد قائم و به سمت پایین نیرو وارد می‌شود و کشش نخ‌ها افزایش می‌یابد.
ب) به میله در امتداد قائم و به سمت بالا نیرو وارد می‌شود و کشش نخ‌ها کاهش می‌یابد.

۶۹- یک سیم مستقیم به جرم m در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و از آن جریان الکتریکی عبور می‌کند، به طوری که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. اگر جهت جریان الکتریکی سیم تغییر کند و اندازه‌ی جریان الکتریکی آن دو برابر شود، برآیند نیروهای وارد بر سیم چه قدر می‌شود؟

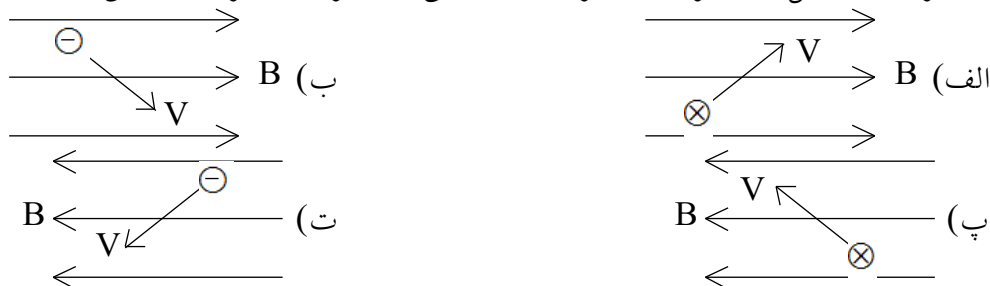
نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم قرینه وزن آن است. یعنی هم‌اندازه با mg و در جهت قائم به سمت بالا می‌باشد. اگر جهت جریان الکتریکی تغییر کند، جهت این نیرو تغییر می‌کند و اگر اندازه‌ی جریان الکتریکی دو برابر شود، اندازه‌ی این نیرو دو برابر می‌شود، بنابراین این نیرو هم‌اندازه با $2mg$ و در جهت قائم به سمت پایین می‌شود و برآیند نیروهای وارد بر سیم برابر $3mg$ می‌شود.

۷۰- عبارت زیر را کامل کنید.

نیرویی که در میدان مغناطیسی به بار الکتریکی متحرک وارد می‌شود، بر..... و نیز بر..... عمود است.

راستای حرکت بار الکتریکی- میدان مغناطیسی

۷۱- در هریک از شکل‌های زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک را تعیین کنید.



(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(ب) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(پ) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو
(ت) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(ب) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(پ) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو
(ت) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو



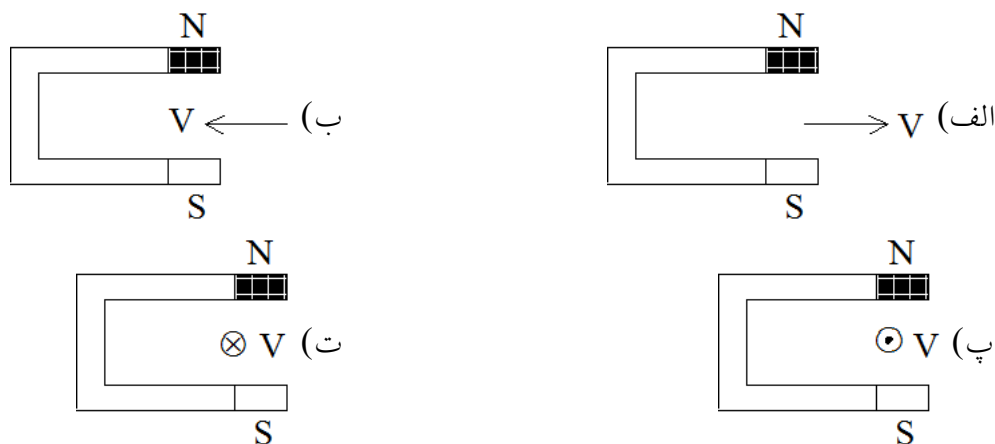
۷۲- در شکل مقابل الکترونی را می‌بینید که در جهت نشان داده شده در شکل حرکت می‌کند. در هریک از حالت‌های زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون را تعیین کنید.

(الف) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت بالا است.
(ب) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین است.
(پ) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون است.
(ت) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت بیرون است.

(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(ب) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت بالا
(پ) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین
(ت) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

(الف) عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو
(ب) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین
(پ) موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین
(ت) عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

۷۳- در هریک از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر بار منفی را که بین دو قطب یک آهن‌ربای نعلی شکل و در جهت نشان داده شده حرکت می‌کند تعیین کنید.



(الف) برون‌سو

(ب) درون‌سو

(پ) چپ

(ت) راست

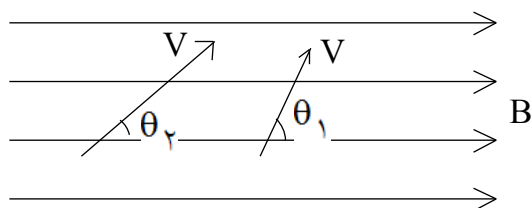
۷۴- اگر زاویه‌ی بین جهت حرکت بار الکتریکی و میدان مغناطیسی کاهش یابد، اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

در حالت کلی نمی‌توان به این سؤال پاسخ داد.

اگر این زاویه حاده باشد (کمتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه $F = qvB \sin \theta$ ، اگر θ کاهش یابد، $\sin \theta$ کاهش می‌یابد و در نتیجه F کاهش می‌یابد.

اگر این زاویه منفرجه باشد (بیشتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه $F = qvB \sin \theta$ ، اگر θ کاهش یابد، $\sin \theta$ افزایش می‌یابد و در نتیجه F افزایش می‌یابد.

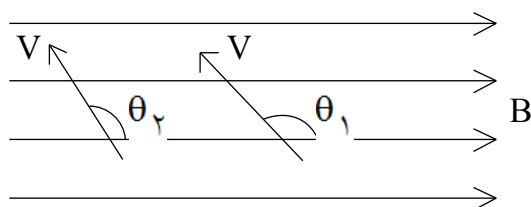
۷۵- یک پروتون در جهت‌های نشان داده شده در شکل‌های زیر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. در کدام حالت نیروی کوچک‌تری به آن وارد می‌شود؟



$$\left. \begin{array}{l} \theta_2 < \theta_1 \\ \theta_2 \text{ و } \theta_1 \text{ حاده} \\ F = gVB \sin \theta \end{array} \right\} \Rightarrow \sin \theta_2 < \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 < F_1$$

توضیح: علامت بار نقشی در اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار ندارد.

۷۶- یک الکترون در جهت‌های نشان داده شده در شکل‌های زیر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. در کدام حالت نیروی کوچک‌تری به آن وارد می‌شود؟



$$\left. \begin{array}{l} \theta_2 < \theta_1 \\ \theta_2 \text{ و } \theta_1 \text{ منفرجه} \\ F = gVB \sin \theta \end{array} \right\} \Rightarrow \sin \theta_2 > \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 > F_1$$

توضیح: علامت بار نقشی در اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار ندارد.

۷۷- عبارات زیر را کامل کنید.

اگر امتداد حرکت بار الکتریکی با امتداد میدان مغناطیسی موازی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک..... است و اگر امتداد حرکت بار الکتریکی بر امتداد میدان مغناطیسی عمود باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک..... است.

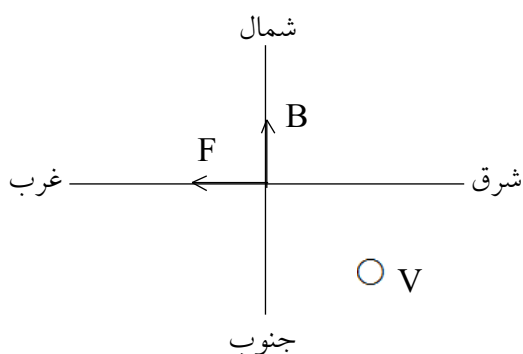
صفر - بیشینه

۷۸- چرا امتداد میدان مغناطیسی امتداد نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک تعریف نمی‌شود؟

زیرا بردار نیرو بر V و B عمود است و اگر V و B موازی باشند، بی‌نهایت بردار بر آن‌ها عمود می‌شود.

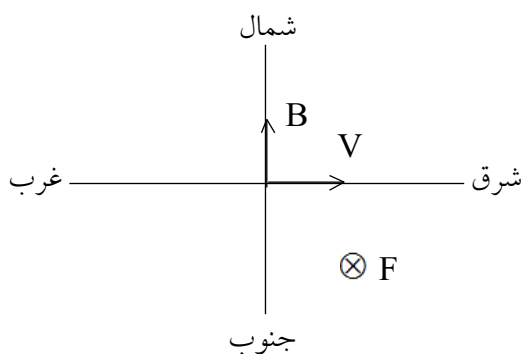
۷۹- یک بار الکتریکی مثبت در امتداد قائم و به طرف بالا حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن از طرف میدان مغناطیسی زمین را تعیین کنید.

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر بار به طرف غرب است.



۸۰- یک بار الکتریکی منفی در امتداد شرق و غرب حرکت می‌کند و از طرف میدان مغناطیسی زمین در امتداد قائم و به سمت پایین به آن نیرو وارد می‌شود. جهت حرکت بار را مشخص کنید.

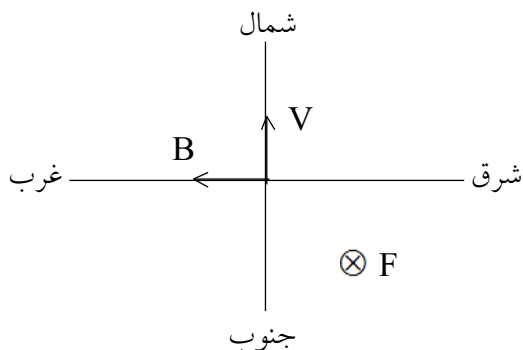
با توجه به قانون دست راست و شکل مقابل جهت حرکت بار به طرف شرق است.



توضیح: قانون دست راست جهت نیرو را برای بار منفی برعکس به دست می‌آورد.

۸۱- یک بار الکتریکی منفی در فضایی که میدان مغناطیسی در آن در امتداد شرق و غرب و به سمت غرب است، به طرف شمال حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر بار به طرف پایین است.

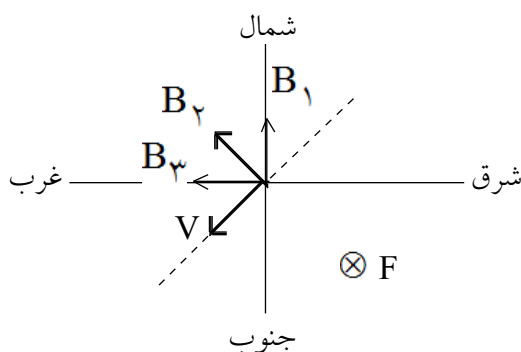


توضیح: قانون دست راست جهت نیرو را برای بار منفی برعکس به دست می‌آورد.

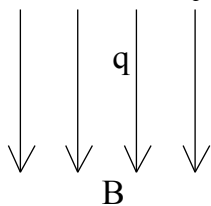
۸۲- یک بار الکتریکی مثبت در امتداد شمال شرقی و جنوب غربی و در جهت جنوب غربی حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی در امتداد قائم و به طرف پایین وارد می‌شود. جهت میدان مغناطیسی به کدام طرف از جهت‌های ذکر شده می‌تواند باشد؟

- | | | | |
|----------|---------------|---------|---------------|
| (۱) شمال | (۲) شمال غربی | (۳) غرب | (۴) جنوب غربی |
| (۵) جنوب | (۶) جنوب شرقی | (۷) شرق | (۸) شمال شرقی |

با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست میدان مغناطیسی می‌تواند در جهت‌های شمال و غرب و شمال غربی باشد.



۸۳- در شکل زیر به بار الکتریکی مثبت q که در یک میدان مغناطیسی در جهت نشان داده شده قرار دارد، نیروی مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون وارد می‌شود. جهت حرکت بار ممکن است چگونه باشد؟



نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک بر امتداد حرکت بار و میدان مغناطیسی عمود است. اما امتداد حرکت بار و میدان مغناطیسی هر زاویه‌ای ممکن است داشته باشند. بنابراین مطابق شکل زیر بردار سرعت بار الکتریکی در صفحه‌ی شکل و به طرف راست شکل است و هر زاویه‌ای بین صفر و 180° درجه می‌تواند با میدان مغناطیسی داشته باشد.

۸۴- در نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک از طرف میدان مغناطیسی، با داشتن دو جهت از سه جهت زیر، جهت سوم مشخص نمی‌شود؟

جهت نیروی وارد بر بار متحرک، جهت میدان مغناطیسی، جهت حرکت بار

با داشتن جهت نیروی وارد بر بار متحرک و جهت میدان مغناطیسی، نمی‌توان به طور قطعی جهت حرکت بار الکتریکی را تعیین کرد.

همچنین با داشتن جهت نیروی وارد بر بار متحرک و جهت بار الکتریکی، نمی‌توان به طور قطعی جهت میدان مغناطیسی را تعیین کرد.

۸۵- یک بار الکتریکی به اندازه $5\mu\text{C}$ در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت 0.36T و با سرعت 2500 متر بر ثانیه حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه قدر است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C} \text{ و } B = 0.36\text{T} \text{ و } V = 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow F = 5 \times 10^{-6} \times 2500 \times 0.36 = 4.5 \times 10^{-3} \text{ N} = 4.5\text{mN}$$

۸۶- یک بار الکتریکی 16nC در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. وقتی سرعت حرکت بار برابر $500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است، به آن نیروی مغناطیسی 12 میکرونیوتن وارد می‌شود. بزرگی میدان مغناطیسی چند تسلا است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 16 \times 10^{-9} \text{ C}, V = 500 \frac{\text{m}}{\text{s}}, F = 12 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\Rightarrow 12 \times 10^{-6} = 16 \times 10^{-9} \times 500 \times B \Rightarrow 12 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} B$$

$$\Rightarrow B = \frac{12}{8} \Rightarrow B = 1.5 \text{ T}$$

۸۷- یک بار الکتریکی 24mC در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت به شدت 0.75T حرکت می‌کند. سرعت حرکت بار الکتریکی چه قدر باشد تا اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار برابر $3/6\text{N}$ باشد؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 24 \times 10^{-3} \text{ C}, B = 0.75 \text{ T}, F = 3/6 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 3/6 = 24 \times 10^{-3} \times V \times 0.75 \Rightarrow V = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۸۸- یک بار الکتریکی با سرعت 600 متر بر ثانیه در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی به شدت 0.4T تسلا حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی با اندازه‌ی 0.108N نیوتن وارد می‌شود. اندازه‌ی بار الکتریکی را به دست آورید.

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$V = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}, B = 0.4 \text{ T}, F = 0.108 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 0.108 = |q| \times 600 \times 0.4 \Rightarrow 0.108 = |q| \times 240$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{0.108}{240} \times 10^{-4} \Rightarrow |q| = 4.5 \times 10^{-4} \text{ C}$$

۸۹- یک بار الکتریکی $6/4 \text{ mC}$ در امتدادی که با میدان مغناطیسی یکنواخت $0/35 \text{ T}$ زاویه‌ی 45° دارد با سرعت 900 متر بر ثانیه حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه قدر است؟

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

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

$$|q| = 6/4 \times 10^{-3}, V = 900 \frac{\text{m}}{\text{s}}, B = 0/35$$

$$\Rightarrow F = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 6/4 \times 10^{-3} \times 900 \times 0/35 = 1/008\sqrt{2} \text{ N}$$

۹۰- یک بار الکتریکی $120 \mu\text{C}$ با سرعت $125 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در یک میدان مغناطیسی با شدت $0/025$ تسلا حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی به اندازه‌ی $0/3$ میلی‌نیوتن وارد می‌شود. زاویه‌ی جهت حرکت بار الکتریکی و میدان مغناطیسی را به دست آورید.

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

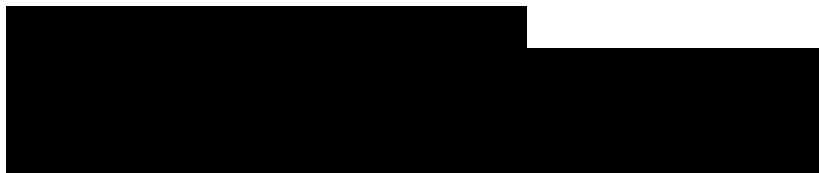
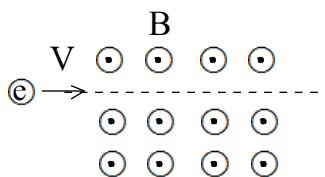
$$|q| = 120 \times 10^{-6} \text{ C و } V = 125 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ و } B = 0/025 \text{ T و } F = 3 \times 10^{-4} \text{ N} \}$$

$$\Rightarrow 3 \times 10^{-4} = 120 \times 10^{-6} \times 125 \times 0/025 \times \sin\theta$$

$$\Rightarrow \sin\theta = \frac{1}{10} \Rightarrow \theta = 5.7^\circ$$

۹۱- در شکل زیر میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت $0/45$ تسلا در امتداد افقی در فضا ایجاد شده است. یک الکترون مطابق شکل در امتداد افقی و عمود بر امتداد میدان مغناطیسی پرتاب می‌شود. سرعت حرکت الکترون چه قدر باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر آن وزن آن را خنثی کند؟

(بار الکتریکی الکترون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم الکترون $9 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ است.)



۹۲- یک بار الکتریکی با اندازه q و جرم m در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که راستای آن افقی است، در امتداد افقی با سرعت V حرکت می‌کند. حداقل اندازه‌ی میدان مغناطیسی چه قدر باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک بتواند وزن آن را خنثی کند؟

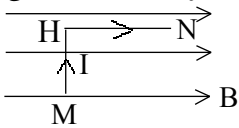
زاویه‌ی بین میدان مغناطیسی و سرعت بار را θ در نظر می‌گیریم.

$$\left. \begin{array}{l} F = qVB\sin\theta \\ F = mg \end{array} \right\} \Rightarrow qVB\sin\theta = mg \Rightarrow B = \frac{mg}{qV\sin\theta}$$

حداقل اندازه‌ی میدان مغناطیسی در شرایطی ایجاد می‌شود که θ برابر 90° باشد.

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin\theta = 1 \Rightarrow B_{\min} = \frac{mg}{qV}$$

۹۳- در شکل زیر سیم MHN از دو قسمت مستقیم عمود بر هم با اندازه‌ی یکسان، تشکیل شده است و در حالی که از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.

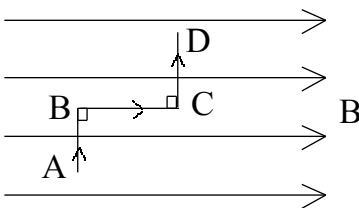


به قسمت HN به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای نیروی وارد بر قسمت MH که بر میدان مغناطیسی عمود است داریم: ($L = MH$)

$$\left. \begin{array}{l} F_{MH} = LIB\sin 90^\circ = LIB \\ F_{HN} = LIB\sin 0^\circ = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم MHN، با جهت نیروی وارد بر سیم MH یکسان است و این نیرو عمود بر صفحه‌ی شکل و درون سو است.

۹۴- در شکل زیر سیم ABCD از سه قسمت مستقیم AB، BC و CD با طول‌های a ، b و c تشکیل شده است و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم در میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد، به نحوی که قسمت BC با میدان مغناطیسی موازی است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.

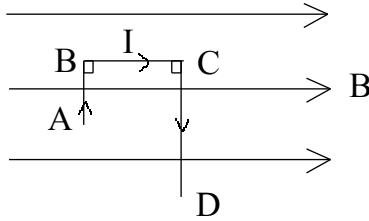


به قسمت BC به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای قسمت‌های AB و CD که بر میدان مغناطیسی عمود هستند داریم:

$$\left. \begin{array}{l} F_{AB} = aIB\sin 90^\circ = aIB \\ F_{BC} = bIB\sin 0^\circ = 0 \\ F_{CD} = cIB\sin 90^\circ = cIB \end{array} \right\} \Rightarrow F = F_{AB} + F_{CD} = aIB + cIB = (a + c)IB$$

جهت نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان و عمود بر صفحه‌ی شکل و درون سو است. جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، با جهت نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان است و عمود بر صفحه‌ی شکل و درون سو است.

۹۵- در شکل زیر سیم ABCD از سه قسمت مستقیم AB، و BC و CD با طولهای a، b و c تشکیل شده است و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم در میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد، به نحوی که قسمت BC با میدان مغناطیسی موازی است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.



به قسمت BC به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای قسمت‌های AB و CD که بر میدان مغناطیسی عمود هستند داریم:

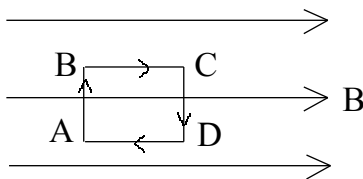
$$\left. \begin{aligned} F_{AB} &= aIB \sin 90^\circ = aIB \\ F_{BC} &= bIB \sin 0^\circ = 0 \\ F_{CD} &= cIB \sin 90^\circ = cIB \end{aligned} \right\}$$

جهت نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان و عمود بر صفحه‌ی شکل و به ترتیب درون‌سو و برون‌سو است.

$$\Rightarrow F = |F_{AB} - F_{CD}| = |aIB - cIB| = |a - c|IB$$

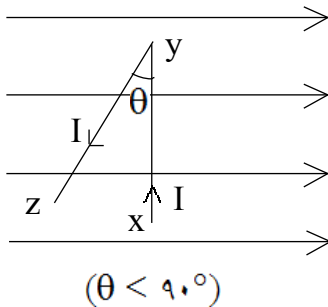
اگر $a > c$ باشد، $F_{AB} > F_{CD}$ است و در نتیجه جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است و همچنین اگر $a < c$ باشد، $F_{AB} < F_{CD}$ است و در نتیجه جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

۹۶- در شکل زیر سیم مربع شکل ABCD با ضلع a حامل جریان الکتریکی I است و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد به نحوی که قسمت‌های BC و DA با میدان مغناطیسی موازی هستند. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر حلقه‌ی مربع شکل را به دست آورید.



به قسمت‌های BC و DA به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و به قسمت‌های AB و CD دو نیروی هم‌اندازه در خلاف جهت یک‌دیگر وارد می‌شود. بنابراین برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر حلقه‌ی مربع شکل صفر است.

۹۷- سیم xyz مطابق شکل زیر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. طول قسمت‌های xy و yz یکسان و برابر L است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz را به دست آورید.



زاویه‌ی میدان مغناطیسی با جریان الکتریکی سیم‌های yz و xy به ترتیب برابر $90^\circ + \theta$ و 90° است.

$$\begin{cases} F_{yz} = LIB \sin(90^\circ + \theta) = LIB \cos \theta \\ F_{xy} = LIB \sin 90^\circ = LIB \end{cases}$$

جهت نیروهای مغناطیسی وارد بر قسمت‌های yz و xy عمود بر صفحه‌ی شکل و به ترتیب درون‌سو و برون‌سو است.

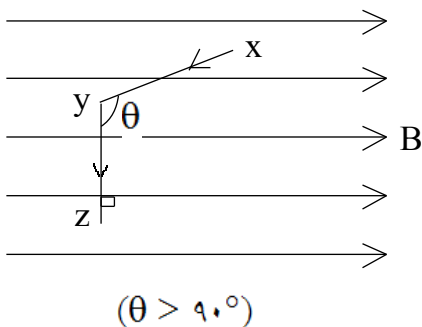
$$\cos \theta < 1 \Rightarrow LIB \cos \theta < LIB \Rightarrow F_{yz} < F_{xy}$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz ، هم‌جهت با نیروی وارد بر سیم xy و درون‌سو است.

$$\Rightarrow F = F_{xy} - F_{yz} = LIB - LIB \cos \theta$$

$$\Rightarrow F = LIB(1 - \cos \theta)$$

۹۸- سیم xyz مطابق شکل زیر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. طول قسمت‌های xy و yz یکسان و برابر L است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz را به دست آورید.



زاویه‌ی میدان مغناطیسی با جریان الکتریکی سیم‌های yz و xy به ترتیب برابر $\theta - 90^\circ$ و 90° است.

$$\begin{cases} F_{xy} = LIB \sin(\theta - 90^\circ) = LIB(-\cos \theta) = -LIB \cos \theta \\ F_{yz} = LIB \sin 90^\circ = LIB \end{cases}$$

توجه کنید که θ در شکل منفی است و $\cos \theta$ منفی است. بنابراین $-LIB \cos \theta$ که اندازه‌ی F_{xy} می‌باشد مقداری مثبت است.

جهت نیروهای مغناطیسی وارد بر قسمت‌های xy و yz یکسان و عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

$$\Rightarrow F = F_{xy} + F_{yz} = LIB - LIB \cos \theta$$

$$\Rightarrow F = LIB(1 - \cos \theta)$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

۹۹- از سیم مستقیم و بلندی جریان الکتریکی ۵ آمپر عبور می‌کند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از آن در فاصله‌ی:
الف) یک متر از سیم چه قدر است؟
ب) یک سانتی‌متر از سیم چه قدر است؟

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 5}{r} = \frac{10^{-6}}{r}$$

$$B = 10^{-6} \text{ T} \Leftarrow r = 1 \text{ m} \quad \text{الف)}$$

$$B = 10^{-4} \text{ T} \Leftarrow r = 10^{-2} \text{ m} \quad \text{ب)}$$

۱۰۰- از سیم مستقیم و بلندی جریان الکتریکی ۷/۵ آمپر عبور می‌کند. در چه فاصله‌ای از سیم میدان مغناطیسی ناشی از آن:
الف) ۱ G است.
ب) ۰/۳ G است.

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 7/5}{r} = \frac{15 \times 10^{-7}}{r}$$

$$r = 1/5 \times 10^{-2} \text{ m} \Leftarrow \frac{15 \times 10^{-7}}{r} = 10^{-4} \Leftarrow B = 1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T} \quad \text{الف)}$$

$$r = 5 \times 10^{-2} \text{ m} \Leftarrow \frac{15 \times 10^{-7}}{r} = 3 \times 10^{-5} \Leftarrow B = 0/3 \text{ G} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{ب)}$$

۱۰۱- در فاصله‌ی ۲/۵ mm از یک سیم مستقیم و بلند، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی سیم برابر یک گاوس است. جریان الکتریکی عبوری از سیم چه قدر است؟

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r}$$

$$\Rightarrow Br = 2 \times 10^{-7} I \Rightarrow 10^{-4} \times 2/5 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-7} \times I$$

$$\Rightarrow I = \frac{2/5}{2} \Rightarrow I = 1/25 \text{ A}$$

۱۰۲- اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی ۴ cm از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی، چند برابر اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از آن است؟

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} B_1 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_1} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{B_1}{B_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\Rightarrow \frac{B(4 \text{ cm})}{B(60 \text{ cm})} = \frac{60 \text{ cm}}{4 \text{ cm}} = 15$$

۱۰۳- از سیم مستقیم و بلندی جریان الکتریکی 0.4 آمپر عبور می‌کند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی این سیم در فاصله‌ی یک متر از آن چه قدر از اندازه‌ی میدان مغناطیسی آن در فاصله‌ی 0.4 متر از آن کمتر است؟

$$B_2 - B_1 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_2} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_1} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.4}{2\pi} \left(\frac{1}{0.4} - \frac{1}{1} \right) = 0.8 \times 10^{-7} (2.5 - 1)$$

$$= 0.8 \times 10^{-7} \times 1.5 = 1.2 \times 10^{-7} \text{ T}$$

۱۰۴- اگر از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی 5 cm دور شویم، بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از آن 20 درصد کاهش می‌یابد. فاصله‌ی اولیه از سیم چه قدر بوده است؟

$$B' = B - \frac{20}{100}B = \frac{80}{100}B \Rightarrow B' = \frac{4}{5}B \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{r}{r+5} \Rightarrow \frac{r}{r+5} = \frac{4}{5} \Rightarrow 5r = 4r + 20 \Rightarrow r = 20 \text{ cm}$$

۱۰۵- از فاصله‌ی 280 میلی‌متر یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی، چه قدر به آن نزدیک شویم تا بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از آن 75 درصد افزایش یابد؟

$$B' = B + \frac{75}{100}B = \frac{175}{100}B \Rightarrow B' = \frac{7}{4}B \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{7}{4}$$

$$\frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{280}{r'} \Rightarrow \frac{280}{r'} = \frac{7}{4} \Rightarrow r' = 160 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \Delta r = r' - r = 160 - 280 = -120 \text{ mm}$$

۱۰۶- اگر فاصله از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی 4 برابر شود، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم 18 گاوس کاهش می‌یابد. اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی اولیه و نهایی از سیم چه قدر بوده است؟

$$\frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{r}{4r} = \frac{1}{4} \Rightarrow B' = \frac{1}{4}B$$

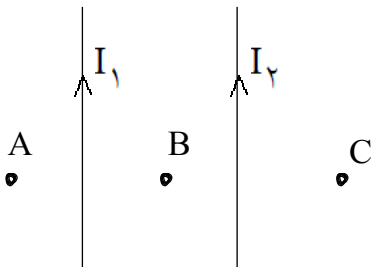
$$B' = B - 18 \Rightarrow \frac{1}{4}B = B - 18 \Rightarrow B = 4B - 72$$

$$\Rightarrow 3B = 72 \Rightarrow B = 24 \text{ G} \Rightarrow B' = 6 \text{ G}$$

۱۰۷- از یک سیم مستقیم و بلند جریان الکتریکی $\frac{2}{5}$ آمپر عبور می‌کند. اگر 4 سانتی‌متر از این سیم دور شویم، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از آن $\frac{0}{4}$ گاوس کاهش می‌یابد. فاصله‌ی اولیه از سیم چه قدر بوده است؟

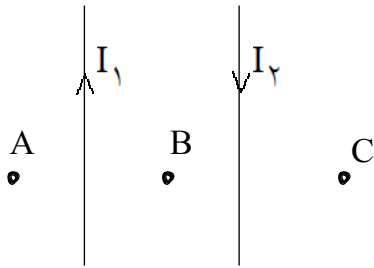
$$\begin{aligned}
 B' - B &= -\frac{0}{4} \text{ G} = -\frac{0}{4} \times 10^{-5} \text{ T} = -4 \times 10^{-5} \text{ T} \\
 B' - B &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r'} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) \\
 \Rightarrow B' - B &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2}{5}}{2\pi} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) = 5 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) \\
 \Rightarrow -4 \times 10^{-5} &= 5 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) \\
 \Rightarrow \frac{1}{r'} - \frac{1}{r} &= -80 \Rightarrow \frac{r - r'}{r \times r'} = -80 \\
 r' &= r + \frac{4}{100} \Rightarrow \frac{-\frac{4}{100}}{r r'} = -80 \Rightarrow r r' = \frac{1}{2000} \\
 \Rightarrow r \left(r + \frac{4}{100} \right) &= \frac{1}{2000} \Rightarrow r^2 + \frac{4}{100} r - \frac{1}{2000} = 0 \\
 \Rightarrow \left(r - \frac{1}{100} \right) \left(r + \frac{1}{20} \right) &= 0 \Rightarrow r = \frac{1}{100} \text{ m} \Rightarrow r = 1 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

۱۰۸- دو سیم مستقیم و بلند مطابق شکل زیر در یک صفحه و به موازات هم قرار دارند و جهت جریان الکتریکی آنها یکسان است. در هریک از نقاط A، B و C که در صفحه سیم‌ها واقع‌اند جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها نسبت به هم چگونه‌اند؟



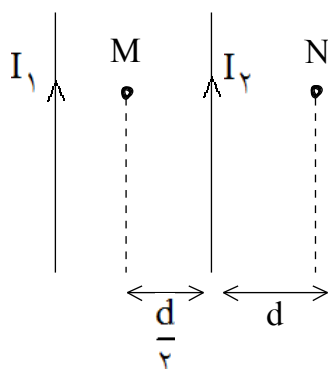
- A: میدان مغناطیسی سیم ۱ برون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.
- B: میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.
- C: میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز درون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.
- نکته: در سیم‌های موازی و دارای جریان هم‌جهت، میدان‌های مغناطیسی سیم‌ها در صفحه‌ی سیم‌ها، در فضای بین سیم‌ها در خلاف جهت هم در خارج از فضای بین سیم‌ها هم‌جهت ایجاد می‌شوند.

۱۰۹- دو سیم مستقیم و بلند مطابق شکل زیر در یک صفحه و به موازات هم قرار دارند و جهت جریان الکتریکی آنها مخالف است. در هریک از نقاط A ، B و C که در صفحه سیم‌ها واقع‌اند جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها نسبت به هم چگونه‌اند؟



- A : میدان مغناطیسی سیم ۱ برون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ درون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.
- B : میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز درون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.
- C : میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.
- نکته: در سیم‌های موازی و دارای جریان مخالف، میدان‌های مغناطیسی سیم‌ها در صفحه‌ی سیم‌ها، در فضای بین سیم‌ها هم‌جهت و در خارج از فضای بین سیم‌ها در خلاف جهت هم ایجاد می‌شوند.

۱۱۰- در شکل مقابل دو سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در فاصله d از هم قرار دارند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در نقاط M و N را به دست آورید. ($d = ۱۰\text{Cm}$, $I_1 = ۲۰\text{A}$, $I_2 = ۳۰\text{A}$)



:M

نقطه‌ی

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{\mu \cdot I_1}{\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{\pi \times 0.1} = 8 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{\mu \cdot I_2}{\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{\pi \times 0.1} = 12 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_1| = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

:N

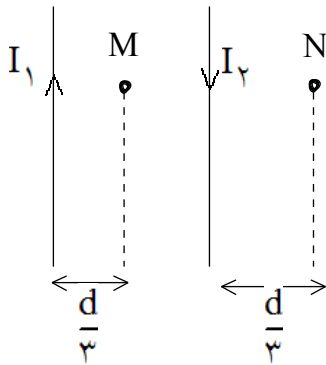
نقطه‌ی

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi (2d)} = \frac{\mu \cdot I_1}{4\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{4\pi \times 0.1} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi (d)} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.1} = 6 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_T = B_2 + B_1 = 8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

۱۱۱- در شکل مقابل دو سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم در فاصله‌ی d از هم قرار دارند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در نقاط M و N را به دست آورید. ($d = ۱۰ \text{ Cm}$, $I_1 = ۲۰ \text{ A}$, $I_2 = ۳۰ \text{ A}$)



نقطه‌ی M :

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \left(\frac{d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_1}{2\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.1} = 12 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \left(\frac{2d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_2}{4\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 30}{4\pi \times 0.1} = 9 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_T = B_2 + B_1 = 21 \times 10^{-5} \text{ T}$$

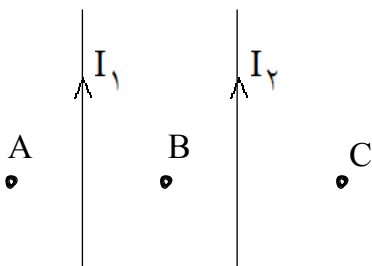
نقطه‌ی N :

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \left(\frac{4d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_1}{8\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20}{8\pi \times 0.1} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \left(\frac{d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_2}{2\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.1} = 18 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

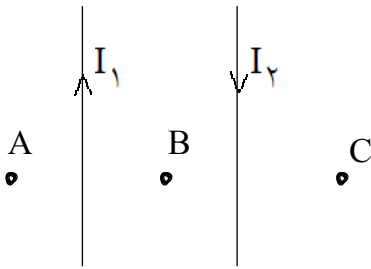
$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_1| = 15 \times 10^{-5} \text{ T}$$

۱۱۲- در شکل زیر در کدام یک از نقاط A ، B و C میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم و بلند و موازی حامل جریان‌های هم‌جهت نمی‌تواند صفر باشد؟



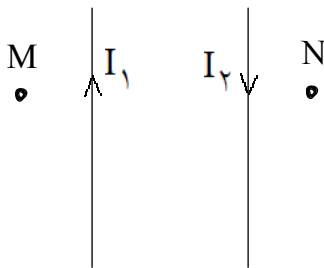
در نقاط A و C میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

۱۱۳- در شکل زیر در کدام یک از نقاط A ، B و C میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم و بلند و موازی حامل جریان‌های غیرهم‌جهت نمی‌تواند صفر باشد؟



در نقطه‌ی B میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

۱۱۴- در شکل زیر در کدام یک از نقاط M یا N میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم و بلند و موازی حامل جریان‌های غیرهم‌جهت نمی‌تواند صفر باشد؟ ($I_1 < I_2$)



در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از جریان I_2 حتماً از میدان مغناطیسی ناشی از جریان I_1 بزرگتر است. بنابراین برایند میدان مغناطیسی آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

۱۱۵- دو سیم مستقیم و بلند موازی دارای جریان‌های هم‌جهت I_1 و I_2 هستند و در فاصله‌ی D از هم قرار دارند. میدان مغناطیسی ناشی از آن‌ها در نقطه‌ی X صفر است. فاصله‌ی X را از هریک از سیم‌ها به‌دست آورید.

در نقطه‌ی X میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت هم و هم‌اندازه هستند.

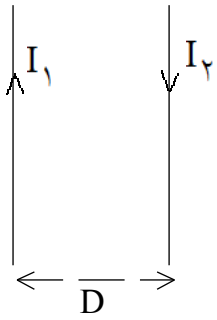
$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1}$$

نقطه‌ی X در صفحه‌ی سیم‌ها و در فضای بین سیم‌ها قرار دارد.

$$\Rightarrow d_2 + d_1 = D \Rightarrow \left(\frac{I_2}{I_1} d_1 \right) + d_1 = D$$

$$\Rightarrow d_1 \frac{I_2 + I_1}{I_1} = D \Rightarrow d_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} D \Rightarrow d_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} D$$

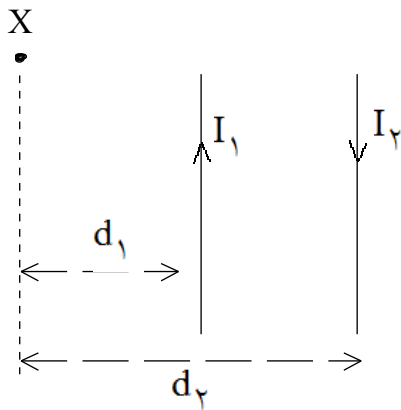
۱۱۶- دو سیم مستقیم و بلند موازی دارای جریان‌های غیر هم‌جهت I_1 و I_2 هستند و در فاصله‌ی D از هم قرار دارند. میدان مغناطیسی ناشی از آن‌ها در نقطه‌ی X صفر است. فاصله‌ی X از هریک از سیم‌ها را به‌دست آورید. ($I_1 < I_2$)



در نقطه‌ی X میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت هم و هم‌اندازه‌اند.

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1}$$

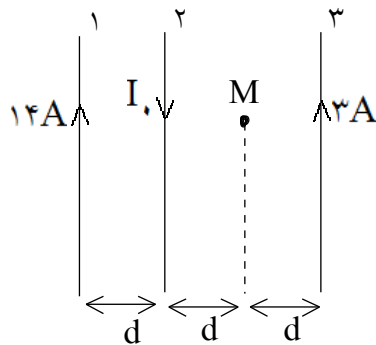
نقطه‌ی X مطابق شکل زیر در صفحه‌ی سیم‌ها و در خارج از فضای بین سیم‌ها و در طرف سیم با جریان کوچکتر قرار دارد.



$$d_2 - d_1 = D \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} d_1 - d_1 = D$$

$$\Rightarrow d_1 \frac{I_2 - I_1}{I_1} = D \Rightarrow d_1 = \frac{I_1}{I_2 - I_1} D, d_2 = \frac{I_2}{I_2 - I_1} D$$

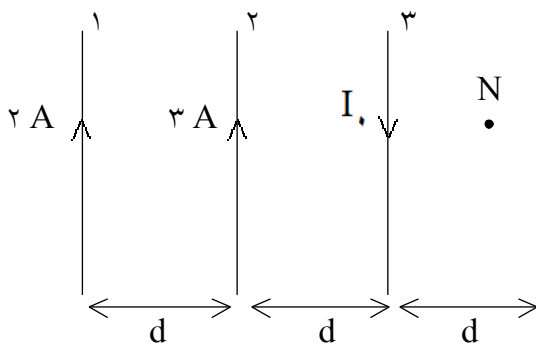
۱۱۷- در شکل زیر سه سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در یک صفحه قرار دارند. جریان I_1 چه قدر باشد تا برآیند میدان مغناطیسی آنها در نقطه‌ی M صفر شود؟



میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های ۱، ۲ و ۳ در نقطه‌ی M به‌ترتیب، درون‌سو، برون‌سو و برون‌سو هستند.

$$B_1 = B_2 + B_3 \Rightarrow \frac{\mu_0 \times 14}{2\pi(2d)} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} + \frac{\mu_0 \times 3}{2\pi d} \Rightarrow 7 = I_1 + 3 \Rightarrow I_1 = 4A$$

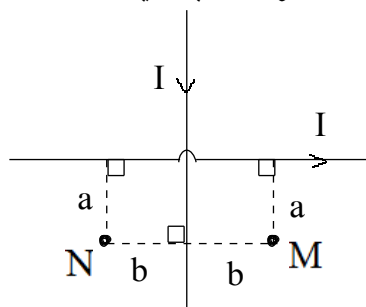
۱۱۸- در شکل زیر سه سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در یک صفحه واقع‌اند. جریان I_1 را به‌دست آورید تا برآیند میدان مغناطیسی آنها در N صفر شود.



میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های ۱، ۲ و ۳ در نقطه‌ی N به‌ترتیب درون‌سو، درون‌سو و برون‌سو هستند.



۱۱۹- در شکل زیر دو سیم مستقیم و بلند در راستای عمود بر هم در یک صفحه واقع اند و از آن‌ها جریان الکتریکی یکسان I عبور می‌کند. بزرگی برایند میدان مغناطیسی در نقاط M و N را به دست آورید و نسبت آن را محاسبه کنید. ($a \neq b$)



در نقطه‌ی M میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

$$\Rightarrow B_M = \left| \frac{\mu \cdot I}{2\pi a} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi b} \right| = \frac{\mu \cdot I}{2\pi ab} |a - b|$$

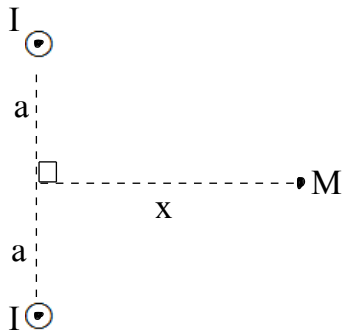
در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_N = \frac{\mu \cdot I}{2\pi a} + \frac{\mu \cdot I}{2\pi b} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi ab} (a + b) \Rightarrow \frac{B_N}{B_M} = \frac{a + b}{|a - b|}$$

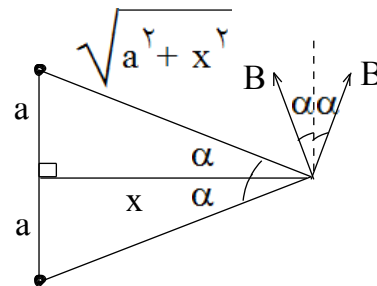
۱۲۰- دو سیم بلند و مستقیم در یک صفحه و در امتداد عمود بر هم قرار دارند و حامل جریان‌های الکتریکی $5A$ و $3A$ هستند. فاصله‌ی نقطه‌ی X از سیم‌ها به ترتیب برابر d_1 و d_2 است. اگر میدان مغناطیسی در نقطه‌ی X صفر باشد، نسبت d_2 به d_1 را به دست آورید.

$$B_T = 0 \Rightarrow B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{3}{5}$$

۱۲۱- در شکل زیر مقطع دو سیم موازی که حامل جریان‌های یکسان و هم‌جهت I هستند و در فاصله‌ی $2a$ از هم قرار دارند نشان داده شده است. برآیند میدان مغناطیسی را در نقطه‌ی M به‌دست آورید.

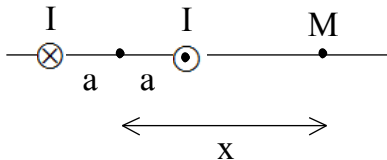


$$\left\{ \begin{aligned} B &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}} \\ B_T &= 2B \cos \alpha \\ \cos \alpha &= \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \end{aligned} \right.$$

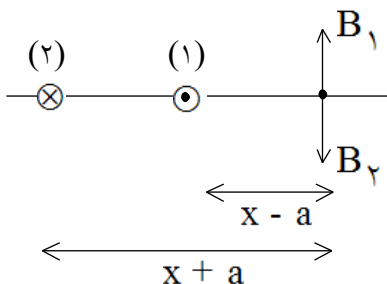


$$\Rightarrow B_T = 2 \frac{\mu \cdot I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}} \times \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{\mu \cdot Ix}{\pi(a^2 + x^2)}$$

۱۲۲- در شکل زیر مقطع دو سیم موازی که حامل جریان‌های یکسان و غیرهم‌جهت I هستند و در فاصله‌ی $2a$ از هم قرار دارند نشان داده شده است. برآیند میدان مغناطیسی را در نقطه‌ی M به‌دست آورید.



با توجه به شکل مقابل داریم:

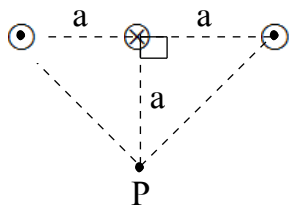


$$\left\{ \begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_1} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi(x-a)} \\ B_2 &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_2} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi(x+a)} \end{aligned} \right.$$

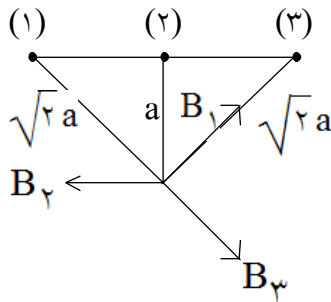
$$B_T = B_1 - B_2 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi(x-a)} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi(x+a)}$$

$$\Rightarrow B_T = \frac{\mu \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{2\mu \cdot Ia}{2\pi(x^2 - a^2)} = \frac{\mu \cdot Ia}{\pi(x^2 - a^2)}$$

۱۲۳- در شکل زیر مقطع سه سیم مستقیم و بلند و موازی را که شامل جریانهای یکسان I در جهت‌های نشان داده شده هستند می‌بینید. اندازه‌ی برآیند میدان مغناطیسی آن‌ها در نقطه‌ی P چه قدر است؟



با توجه به شکل مقابل داریم:



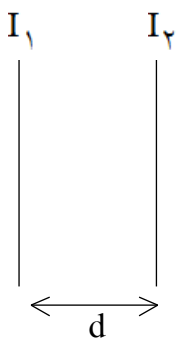
$$\begin{cases} B_1 = B_3 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi(\sqrt{2}a)} = \frac{\mu \cdot I}{2\sqrt{2}\pi a} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi a} \end{cases}$$

برایند B_1 و B_3 در خلاف جهت B_2 و به اندازه‌ی B_{13} تشکیل می‌شود.

$$B_{13} = \sqrt{2}B_1 = \sqrt{2} \frac{\mu \cdot I}{2\sqrt{2}\pi a} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi a} = B_2$$

$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_{13}| = 0$$

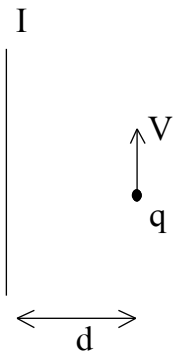
۱۲۴- دو سیم مستقیم و بلند به موازات هم و در فاصله‌ی d از هم قرار دارند و حامل جریانهای الکتریکی I_1 و I_2 می‌باشند. نیروی وارد بر طول l از هر سیم از طرف میدان مغناطیسی سیم دیگر را به دست آورید.



$$\left\{ \begin{aligned} F_{12} &= lI_2B_1 \sin 90^\circ = lI_2B_1 \\ B_1 &= \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{12} = l \frac{\mu \cdot I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{21} &= lI_1B_2 \sin 90^\circ = lI_1B_2 \\ B_2 &= \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{21} = l \frac{\mu \cdot I_1 I_2}{2\pi d}$$

۱۲۵- بار الکتریکی q در فاصله d از سیم مستقیم و بلندی که حامل جریان الکتریکی I است با سرعت V در امتدادی موازی با سیم حرکت می‌کند. اندازه نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی سیم حامل جریان به بار متحرک وارد می‌شود چه قدر است؟



$$\left\{ \begin{array}{l} F = qVB \sin 90^\circ = qVB \\ B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi d} \end{array} \right\} \Rightarrow F = \frac{\mu \cdot IqV}{2\pi d}$$

۱۲۶- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه به شعاع 3 cm که دارای 120 حلقه است و حامل جریان الکتریکی $2/5$ آمپر است چه قدر می‌باشد؟

$$B = N \frac{\mu \cdot I}{2R} = 120 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2/5}{2(3 \times 10^{-2})} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

۱۲۷- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه به شعاع 4 cm که حامل جریان الکتریکی 8 آمپر است برابر $0/314$ تسلا است. تعداد دورهای پیچه را به دست آورید.

$$B = N \frac{\mu \cdot I}{2R} \Rightarrow 0/314 = N \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2(4/5 \times 10^{-2})}$$

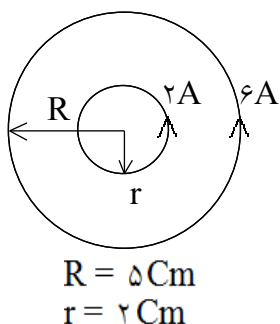
$$\Rightarrow 0/314 = 4\pi \times 10^{-5} N \Rightarrow N = 2500$$

۱۲۸- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه که تعداد دورهای آن 2400 تا است و حامل جریان الکتریکی 5 آمپر است، برابر $0/1\pi$ تسلا است. شعاع پیچه چه قدر است؟

$$B = N \frac{\mu \cdot I}{2R} \Rightarrow 0/1\pi = 2400 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{24}{1000} \text{ m} = 2/4 \text{ cm} = 24 \text{ mm}$$

۱۲۹- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل که هم‌مرکز هستند و در یک صفحه قرار دارند در شکل مقابل دیده می‌شوند. میدان مغناطیسی حلقه‌ها در مرکز آن‌ها چه قدر است؟

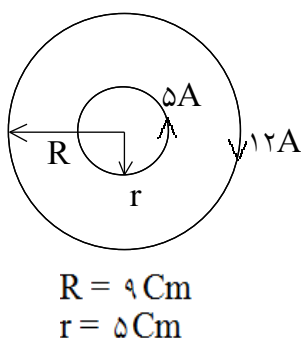


جریان حلقه‌ها هم‌جهت می‌باشد در نتیجه میدان مغناطیسی آن‌ها در مرکز در خلاف جهت یکدیگرند.

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2R} + \frac{\mu \cdot i}{2r} = \frac{\mu}{2} \left(\frac{I}{R} + \frac{i}{r} \right)$$

$$= 2\pi \times 10^{-7} \left(\frac{6}{5 \times 10^{-2}} + \frac{2}{2 \times 10^{-2}} \right) = 2\pi \times 10^{-7} (120 + 100) = 4/4\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

۱۳۰- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل که هم‌مرکز هستند و در یک صفحه قرار دارند در شکل مقابل دیده می‌شوند. میدان مغناطیسی حلقه‌ها در مرکز آن‌ها چه قدر است؟ ($\pi \approx 3$)



جریان حلقه‌ها هم‌جهت نیستند و در نتیجه میدان مغناطیسی آن‌ها در مرکز در خلاف جهت یکدیگرند.

$$B = \left| \frac{\mu \cdot I}{2R} - \frac{\mu \cdot i}{2r} \right| = \frac{\mu}{2} \left| \frac{I}{R} - \frac{i}{r} \right|$$

$$= 2\pi \times 10^{-7} \left| \frac{12}{9 \times 10^{-2}} - \frac{5}{5 \times 10^{-2}} \right| = 2\pi \times 10^{-7} \left| \frac{400}{3} - 100 \right| = \frac{2\pi}{3} \times 10^{-5} \text{ T}$$

۱۳۱- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل با جریان‌های I_1 و I_2 و شعاع‌های R_1 و R_2 در یک صفحه قرار دارند و هم‌مرکز هستند. چه شرایطی برقرار باشد تا میدان مغناطیسی در مرکز پیچه‌ها صفر شود؟

جریان‌های الکتریکی حلقه‌ها باید در جهت‌های مخالف باشند.

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2R_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2R_2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

۱۳۲- یک سیم به طول L را به صورت پیچهای با شعاع r درمی آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چه قدر است؟

$$\left. \begin{array}{l} N = \frac{L}{2\pi r} \text{ تعداد دور} \\ B = N \frac{\mu \cdot I}{2r} \end{array} \right\} \Rightarrow B = \frac{\mu \cdot LI}{4\pi r^2}$$

۱۳۳- یک سیم به طول L را به صورت پیچهای مسطح با تعداد دورهای N درمی آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چه قدر است؟

$$\left. \begin{array}{l} N = \frac{L}{2\pi r} \Rightarrow r = \frac{L}{2\pi N} \\ B = N \frac{\mu \cdot I}{2r} \end{array} \right\} \Rightarrow B = N \frac{\mu \cdot I}{2 \left(\frac{L}{2\pi N} \right)} = N \frac{\mu \cdot I \pi N}{L}$$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu \cdot I \pi N^2}{L}$$

۱۳۴- طول سیم لوله 8 cm و تعداد دورهای آن 400 است و از آن جریان الکتریکی $1/5$ آمپر می گذرد. میدان مغناطیسی داخل سیم لوله چه قدر است؟

$$B = \mu \cdot \frac{N}{L} I = 4\pi \times 10^{-7} \frac{400}{8 \times 10^{-2}} \times 1/5 = 3\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

۱۳۵- از یک سیم لوله جریان الکتریکی $12/5$ آمپر عبور می کند. طول سیم لوله 10 سانتی متر و میدان مغناطیسی درون آن $\frac{\pi}{400}$ تسلا است. تعداد دورهای سیم لوله را به دست آورید.

$$B = \mu \cdot \frac{N}{L} I \Rightarrow \frac{\pi}{400} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N}{(0/1)} \times 12/5 \Rightarrow N = 50$$

۱۳۶- از یک سیم لوله جریان الکتریکی $0/25$ آمپر عبور می کند و تعداد دورهای آن 8000 می باشد. اگر میدان مغناطیسی درون سیم لوله $0/0157 \text{ T}$ باشد، طول سیم لوله را به دست آورید.

$$B = \mu \cdot \frac{N}{L} I \Rightarrow 0/0157 = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{8000}{L} \times 0/25 \Rightarrow L = 0/16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

۱۳۷- سیمی به طول L را به صورت یک سیم لوله با قطر D و طول l درمی آوریم. اگر از آن جریان الکتریکی I عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم لوله چه قدر است؟

$$\left. \begin{array}{l} N = \frac{L}{\pi D} \text{ تعداد دور} \\ B = \mu \cdot \frac{N}{l} I \end{array} \right\} \Rightarrow B = \mu \cdot \frac{L}{\pi D l} I$$

۱۳۸- سیمی به طول L را به صورت یک سیم لوله به طول l درمی آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم لوله B می شود. قطر سیم لوله را به دست آورید.

$$\left. \begin{aligned} B &= \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow N = \frac{Bl}{\mu_0 I} \\ N &= \frac{L}{\pi D} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Bl}{\mu_0 I} = \frac{L}{\pi D} \Rightarrow D = \frac{\mu_0 LI}{\pi Bl}$$

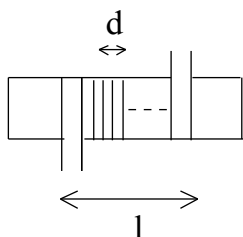
۱۳۹- سیم روکش داری به طول یک متر و قطر $1/6$ میلی متر را به صورت سیم لوله ای به شعاع 2 سانتی متر درمی آوریم، به طوری که هیچ فاصله ی خالی بین حلقه های سیم لوله باقی نماند. اگر از سیم لوله جریان الکتریکی 0.4 آمپر عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیم لوله را به دست آورید.

$$\left\{ \begin{aligned} N &= \frac{L}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi (2 \times 10^{-2})} = \frac{25}{\pi} \\ l &= Nd = \frac{25}{\pi} \times \frac{1}{6} \times 10^{-3} = \frac{1}{25\pi} \end{aligned} \right.$$

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\left(\frac{25}{\pi}\right)}{\left(\frac{1}{25\pi}\right)} \times 0.4 = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

۱۴۰- سیم روکش داری به طول L و قطر d را به صورت سیم لوله ای به شعاع R درمی آوریم، به طوری که هیچ فاصله ی خالی بین حلقه های سیم لوله باقی نماند. از سیم لوله چه جریانی عبور کند تا بزرگی میدان مغناطیسی درون آن B شود؟

به شکل مقابل توجه کنید:



$$l = Nd \Rightarrow \frac{N}{l} = \frac{1}{d}$$

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow B = \mu_0 \left(\frac{1}{d}\right) I \Rightarrow I = \frac{Bd}{\mu_0}$$

۱۴۱- جاهای خالی را با عبارات مناسب پر کنید.

□ دوقطبی های مغناطیسی در یک ماده ی دارای سمت گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت های کاتوره ای قرار دارند. در نتیجه این مواد خاصیت مغناطیسی ندارند.

□ در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی های کوچک به طور خودبه خود با دوقطبی های مجاور خود هم خط می شوند. این گونه مواد را می نامند.

پارامغناطیس - فرومغناطیس

۱۴۲- در مواد فرومغناطیس و پارامغناطیس دوقطبی‌های مغناطیسی وجود دارند. چرا در مواد پارامغناطیس خاصیت مغناطیسی دیده نمی‌شود اما در مواد فرومغناطیس خاصیت مغناطیسی مشاهده می‌شود؟

دوقطبی‌های مغناطیسی در ماده‌ی پارامغناطیس دارای جهت‌گیری کاتوره‌ای (نامنظم و تصادفی) هستند، اما در ماده‌ی فرومغناطیس دوقطبی‌های مغناطیسی مجاور تمایل به هم‌خط شدن دارند و تشکیل حوزه‌های مغناطیسی می‌دهند.

۱۴۳- حوزه‌های مغناطیسی را در ماده‌ی فرومغناطیس تعریف کنید.

بخش‌های کوچکی از ماده‌ی فرومغناطیس که دوقطبی‌های درون هر بخش به‌طور کامل هم‌خط هستند. ابعاد هریک از حوزه‌های مغناطیسی در ماده‌ی فرومغناطیس خیلی کم‌تر از میلی‌متر است.

۱۴۴- جاهای خالی را با عبارات مناسب پر کنید.

□ اگر سمت‌گیری و اندازه‌ی حوزه‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس به‌گونه‌ای باشد که در کل اثر یک‌دیگر را خنثی کنند،..... .

□ اما اگر میدان مغناطیسی خارجی باعث شود که حوزه‌های مغناطیسی هم‌سو با میدان مغناطیسی خارجی رشد کنند و حجم‌شان زیاد شود،..... .

ماده‌ی فرومغناطیس آهن‌ربا نیست- ماده‌ی فرومغناطیس تبدیل به آهن‌ربا می‌شود.

۱۴۵- جاهای خالی را با عبارات مناسب پر کنید.

□ در برخی از مواد فرومغناطیس، حجم حوزه‌های مغناطیسی به سهولت تغییر می‌کند. به این مواد..... می‌گویند.
□ در برخی دیگر از مواد فرومغناطیس، حجم حوزه‌های مغناطیسی به سختی تغییر می‌کند. به این مواد..... می‌گویند.

فرومغناطیس نرم- فرومغناطیس سخت

۱۴۶- تفاوت بین ماده‌ی فرومغناطیس نرم و سخت را با ذکر چند مثال از این مواد بیان کنید.

در مواد فرومغناطیس نرم مثل آهن، کبالت و نیکل حجم حوزه‌های مغناطیسی تحت اثر یک میدان مغناطیسی معمولی به سهولت تغییر می‌کند و به راحتی این مواد تبدیل به آهن‌ربا می‌شوند و پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی به سرعت خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهند.
اما در مواد فرومغناطیس سخت مثل فولاد حجم حوزه‌های مغناطیسی تحت اثر میدان مغناطیسی خارجی به سختی تغییر می‌کنند و فقط در میدان‌های مغناطیسی قوی تبدیل به آهن‌ربا می‌شوند و پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی قوی خاصیت آهن‌ربایی ایجاد شده در آن‌ها باقی می‌ماند.

۱۴۷- کاربرد مواد فرومغناطیس نرم و سخت را برای هرکدام یک مورد بیان کنید.

مواد فرومغناطیس نرم در هسته‌ی سیم‌پیچ‌ها و مواد فرومغناطیس سخت در ساخت آهن‌ربای دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۴۸- قطب‌های آهن‌ربا را تعریف کنید.

در آهن‌رباها (به هر شکلی که باشند) دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهن‌ربایی در آن‌ها بیش‌تر از قسمت‌های دیگر است. این ناحیه‌ها را قطب‌های آهن‌ربا می‌گویند.

۱۴۹- نام‌گذاری قطب‌های آهن‌ربا چگونه انجام شده است؟

همواره یکی از قطب‌های آهن‌ربا به طرف شمال کره‌ی زمین و قطب دیگر آن به طرف جنوب کره‌ی زمین کشیده می‌شود. به نحوی که اگر یک آهن‌ربای میله‌ای نازک بر روی محوری در وسط آن سوار شود و بتواند آزادانه حول آن محور بچرخد، همواره در امتداد شمال و جنوب جغرافیایی به تعادل می‌رسد.

قطبی که به سمت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد، قطب شمال می‌نامند و آن را با نماد (N) نشان می‌دهند و قطبی که به سمت جنوب جغرافیایی قرار می‌گیرد، قطب جنوب می‌نامند و آن را با نماد (S) نشان می‌دهند.

۱۵۰- پدیده‌ی القای خاصیت مغناطیسی را توضیح دهید.

هرگاه اجسامی از جنس آهن، نیکل و کبالت در مجاورت آهن‌ربا (در یک میدان مغناطیسی) قرار گیرند، در آن‌ها خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود. بخشی از جسم که نزدیک به قطب N آهن‌ربا است، تبدیل به قطب S و بخشی از جسم که نزدیک به قطب S آهن‌ربا است، تبدیل به قطب N می‌شود. جسم به‌طور موقت آهن‌ربا می‌شود و با توجه به سمت قطب‌های مغناطیسی القایی در آن به سمت آهن‌ربا جذب می‌شود.

۱۵۱- الف) قطب‌های هم‌نام آهن‌ربا یک‌دیگر را می‌کنند و قطب‌های ناهم‌نام آهن‌ربا یک‌دیگر را می‌کنند.

الف) دفع - جذب

۱۵۲- ب) خاصیت آهن‌ربایی در اثر القاء در یک قطعه آهن، نیکل یا کبالت همواره به‌صورتی ایجاد می‌شود که

ب) قطعه‌ی موردنظر جذب آهن‌ربای اصلی (آهن‌ربای القاکننده) شود.

۱۵۳- چرا یک قطعه آهن یا نیکل یا کبالت، همواره توسط یک آهن‌ربا جذب می‌شود؟

مطابق شکل‌های زیر خاصیت مغناطیسی در اجسامی از جنس آهن، نیکل یا کبالت به‌نحوی القاء می‌شود که قسمت نزدیک‌تر جسم به هریک از قطب‌های آهن‌ربای القاء‌کننده، تبدیل به قطب مخالف با آن می‌شود.

لذا جسم به‌دلیل جاذبه‌ی قطب‌های ناهم‌نام که یکی از آن‌ها قطب آهن‌ربای القاکننده و دیگری قطب القایی در جسم است، جذب آهن‌ربا می‌شود.



۱۵۴- میدان مغناطیسی را تعریف کنید.

خاصیتی که در اطراف آهن‌رباها ایجاد می‌شود و به موجب آن به آهن‌رباهای دیگر و عقربه‌ی مغناطیسی (قطب‌نما) نیرو وارد می‌شود و همچنین باعث ایجاد خاصیت القای مغناطیسی در موادی مثل آهن، نیکل و کبالت می‌شود، میدان مغناطیسی می‌گویند.

۱۵۵- الف) چگونه می‌توان به وجود میدان مغناطیسی در یک فضای مشخص پی برد؟

الف) در هر نقطه‌ای که در آن عقربه‌ی مغناطیسی (قطب‌نما) در امتداد و جهت مشخصی به تعادل می‌رسد میدان مغناطیسی وجود دارد.

۱۵۶- ب) آیا زمین در فضای اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند؟

ب) بله - زیرا عقربه‌ی مغناطیسی تحت تأثیر زمین در هر نقطه از زمین در امتداد مشخصی به تعادل می‌رسد.

۱۵۷- راستا و جهت میدان مغناطیسی چگونه قرارداد شده است؟

راستایی که عقربه‌ی مغناطیسی در آن راستا به تعادل می‌رسد، راستای مغناطیسی و جهتی که قطب شمال عقربه‌ی مغناطیسی (قطب N) به سمت آن قرار می‌گیرد، جهت میدان مغناطیسی قرارداد شده است.

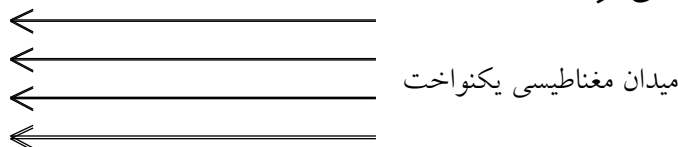
۱۵۸- خط‌های میدان مغناطیسی چگونه رسم می‌شوند؟

این خط‌ها طوری رسم می‌شوند که:

- ۱) راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه باشد.
- ۲) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه هم‌سو با میدان مغناطیسی در آن نقطه است.
- ۳) تراکم این خط‌ها در هر ناحیه از فضا نشان‌گر بزرگی میدان مغناطیسی در آن ناحیه است.

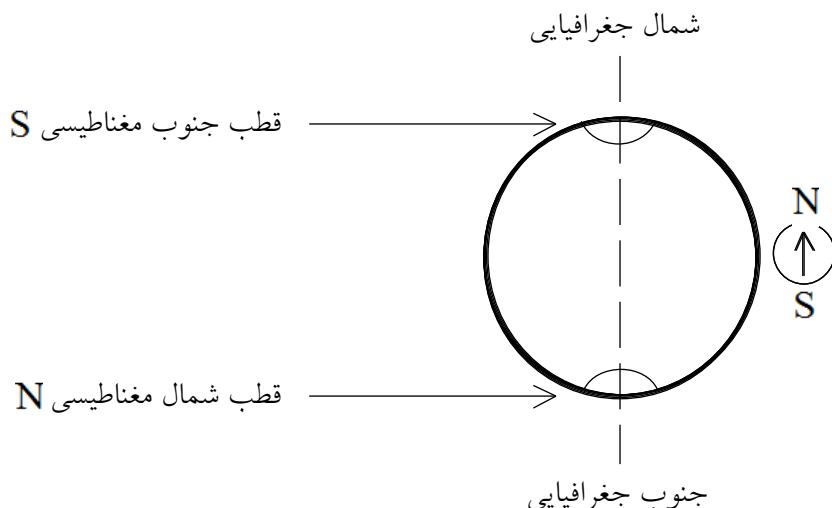
۱۵۹- میدان مغناطیسی یکنواخت را تعریف کنید.

اگر خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر موازی و هم‌فاصله باشند، بردار میدان مغناطیسی در همه‌ی نقطه‌های آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی دارد. به این چنین میدان مغناطیسی‌ای، میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گویند.



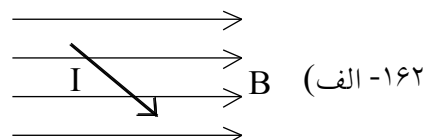
۱۶۰- می‌دانیم که « زمین در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند، زیرا به عقربه‌ی مغناطیسی در مجاورت زمین نیرو وارد می‌شود ». اگر زمین را یک آهن‌ربای بزرگ فرض کنیم، قطب‌های آن چگونه‌اند؟

قطب N عقربه‌ی مغناطیسی به طرف شمال جغرافیایی زمین جذب می‌شود و برعکس قطب S عقربه‌ی مغناطیسی به طرف جنوب جغرافیایی زمین جذب می‌شود. بنابراین قطب S مغناطیسی زمین تقریباً در شمال جغرافیایی زمین و قطب N مغناطیسی زمین تقریباً در جنوب جغرافیایی زمین قرار دارد.

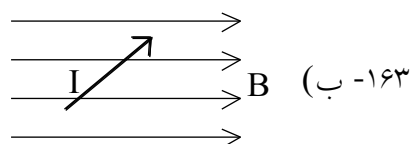
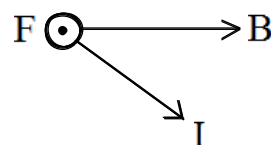


۱۶۱- عبارت زیر را کامل کنید.

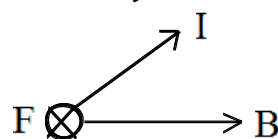
نیروی که در میدان مغناطیسی به سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر و عمود است.
راستای جریان الکتریکی - میدان مغناطیسی

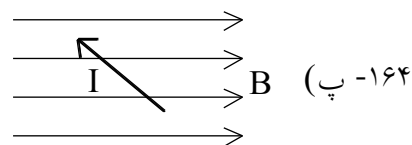


(الف) با توجه به شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

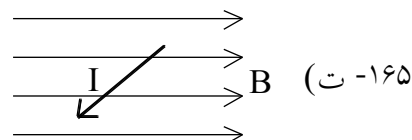
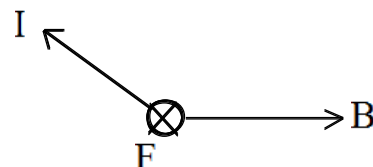


(ب) با توجه به شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

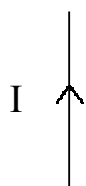
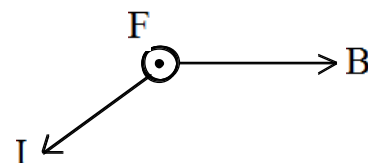




(پ) با توجه به شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

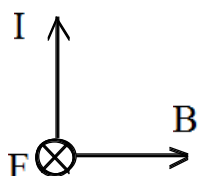


(ت) با توجه به شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو



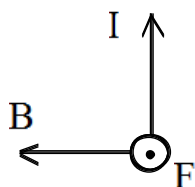
در شکل مقابل سیم حامل جریانی را می‌بینید.
در هریک از حالت‌های زیر، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را مشخص کنید.

۱۶۶- الف) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست باشد.



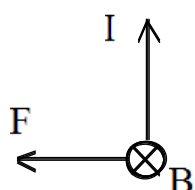
الف) مطابق شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو

۱۶۷- ب) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ باشد.



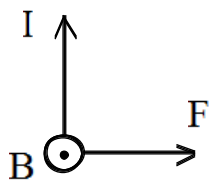
ب) مطابق شکل روبه‌رو عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو

۱۶۸- پ) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون باشد.



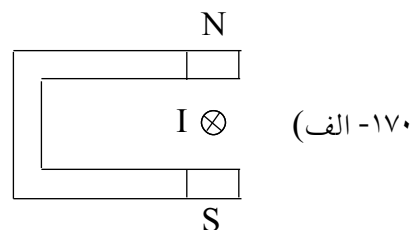
پ) مطابق شکل روبه‌رو موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ

۱۶۹- ت) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت بیرون باشد.

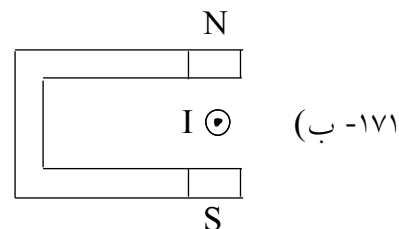
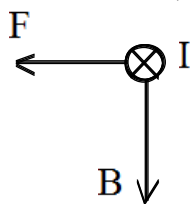


ت) مطابق شکل روبه‌رو موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست

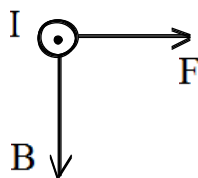
در هر کدام از شکل‌های زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را که بین قطب‌های یک آهن‌ربای نعلی شکل قرار دارد تعیین کنید.

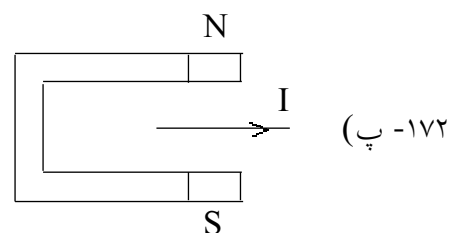


الف) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن‌ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن‌ربای نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. بنابراین مطابق شکل زیر نیروی وارد بر سیم حامل جریان موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ است.

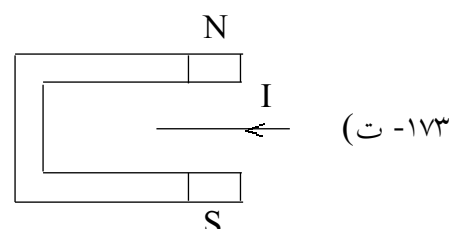
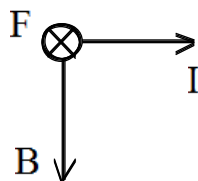


ب) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن‌ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن‌ربای نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. بنابراین مطابق شکل زیر نیروی وارد بر سیم حامل جریان موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست است.

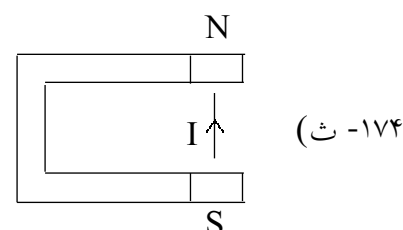
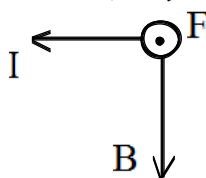




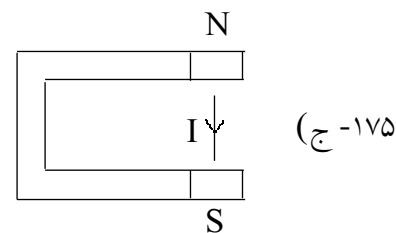
(پ) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن ربا ی نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. بنابراین مطابق شکل زیر نیروی وارد بر سیم حامل جریان عمود بر صفحه ی شکل و درون سو است.



(ت) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن ربا ی نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. بنابراین مطابق شکل زیر نیروی وارد بر سیم حامل جریان عمود بر صفحه ی شکل و برون سو است.



(ث) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن ربا ی نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. در نتیجه زاویه ی بین سوی میدان مغناطیسی و سوی جریان الکتریکی 180° درجه است و با توجه به رابطه ی $F = IBS \sin \theta$ ، نیروی وارد بر سیم حامل جریان صفر است.



(۱۷۵-ج)

(ج) جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن ربا از قطب N به سمت قطب S است. پس میدان مغناطیسی آهن ربا ی نعلی شکل در محل سیم در راستای قائم و به طرف پایین است. در نتیجه زاویه بین سوی میدان مغناطیسی و سوی جریان الکتریکی صفر است و با توجه به رابطه $F = IIB \sin \theta$ ، نیروی وارد بر سیم حامل جریان صفر است.

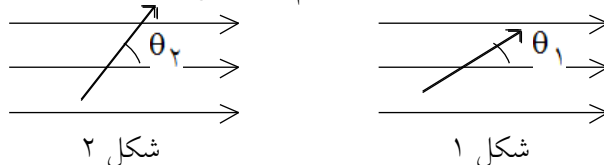
۱۷۶- اگر زاویه های بین سوی جریان الکتریکی سیم حامل جریان و سوی میدان مغناطیسی افزایش یابد، اندازه ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان چگونه تغییر می کند؟

در حالت کلی نمی توان به این سؤال پاسخ داد.

اگر این زاویه حاده باشد (کمتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه $F = IIB \sin \theta$ اگر θ افزایش یابد، $\sin \theta$ افزایش یافته و در نتیجه F افزایش می یابد.

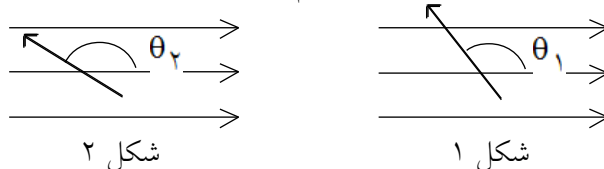
اگر این زاویه منفرجه باشد (بیشتر از ۹۰ درجه باشد)، با توجه به رابطه $F = IIB \sin \theta$ اگر θ افزایش یابد، $\sin \theta$ کاهش یافته و در نتیجه F کاهش می یابد.

۱۷۷- یک سیم مستقیم با طول مشخص و جریان الکتریکی مشخص مطابق شکل های ۱ و ۲ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. در کدام حالت نیروی بزرگتری به سیم وارد می شود؟

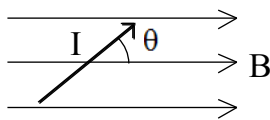


$$\begin{cases} F = IIB \sin \theta \\ \theta_2 > \theta_1 \\ \theta_1 \text{ و } \theta_2 \text{ حاده} \end{cases} \Rightarrow \sin \theta_2 > \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 > F_1$$

۱۷۸- یک سیم مستقیم با طول مشخص و جریان الکتریکی مشخص مطابق شکل های ۱ و ۲ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. در کدام حالت نیروی بزرگتری به سیم وارد می شود؟

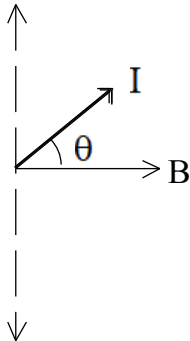


$$\begin{cases} F = IIB \sin \theta \\ \theta_2 > \theta_1 \\ \theta_1 \text{ و } \theta_2 \text{ منفرجه} \end{cases} \Rightarrow \sin \theta_2 < \sin \theta_1 \Rightarrow F_2 < F_1$$



یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت (مطابق شکل) قرار دارد. سیم حامل جریان چه قدر و در چه جهتی در صفحه‌ی شکل بچرخد تا نیروی مغناطیسی وارد بر آن:

۱۷۹- الف) بیشینه شود؟

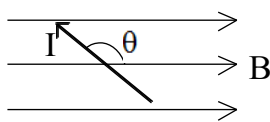
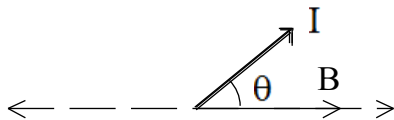


الف) برای این که اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم بیشینه شود، باید زاویه‌ی بین سوی میدان الکتریکی و سوی جریان الکتریکی برابر $\frac{\pi}{2}$ شود. بنابراین مطابق شکل روبه‌رو سیم باید در صفحه‌ی شکل

به اندازه‌ی $\theta - \frac{\pi}{2}$ در جهت پادساعت‌گرد و یا $\theta + \frac{\pi}{2}$ در جهت ساعت‌گرد بچرخد.

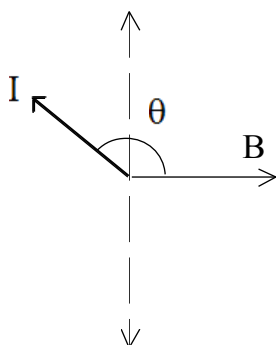
۱۸۰- ب) صفر شود؟

ب) برای این که اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم صفر شود، باید راستای میدان الکتریکی و راستای جریان الکتریکی با یکدیگر موازی شوند. بنابراین مطابق شکل زیر سیم باید در صفحه‌ی شکل به اندازه‌ی $\theta - \pi$ در جهت پادساعت‌گرد و یا θ در جهت ساعت‌گرد بچرخد.



یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت (مطابق شکل) قرار دارد. سیم حامل جریان چه قدر و در چه جهتی در صفحه‌ی شکل بچرخد تا نیروی مغناطیسی وارد بر آن:

۱۸۱- الف) بیشینه شود؟

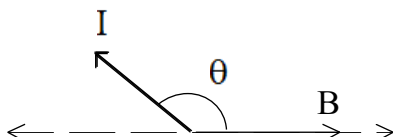


الف) برای این که اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم بیشینه شود، باید زاویه‌ی بین سوی میدان الکتریکی و سوی جریان الکتریکی برابر $\frac{\pi}{2}$ شود. بنابراین مطابق شکل روبه‌رو سیم باید در صفحه‌ی شکل

به اندازه‌ی $\theta - \frac{3\pi}{2}$ در جهت پادساعت‌گرد و یا $\theta - \frac{\pi}{2}$ در جهت ساعت‌گرد بچرخد.

۱۸۲- ب) صفر شود؟

ب) برای این که اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم صفر شود، باید راستای میدان الکتریکی و راستای جریان الکتریکی با یکدیگر موازی شوند. بنابراین مطابق شکل زیر سیم باید در صفحه‌ی شکل به اندازه‌ی $\theta - \pi$ در جهت پادساعت‌گرد و یا θ در جهت ساعت‌گرد بچرخد.



۱۸۳- عبارت زیر را کامل کنید.

اگر امتداد سیم حامل جریان الکتریکی با امتداد میدان مغناطیسی موازی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان است و اگر امتداد سیم حامل جریان الکتریکی بر امتداد میدان مغناطیسی عمود باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان است.

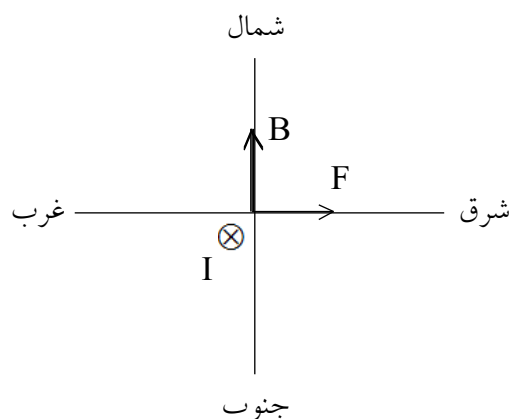
صفر - بیشینه

۱۸۴- یکای میدان مغناطیسی در SI (تسلا) را تعریف کنید.

یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی‌ای است که در آن بر یک متر از سیمی که حامل جریان الکتریکی به شدت یک آمپر است و در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد، نیرویی به بزرگی یک نیوتن وارد شود.

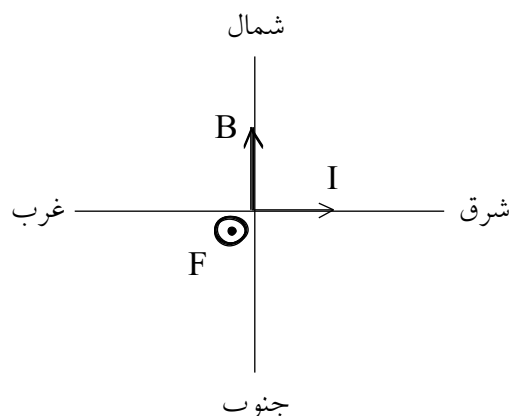
۱۸۵- یک سیم مستقیم در امتداد قائم قرار دارد و از آن یک جریان الکتریکی به سمت پایین عبور می‌کند. جهت نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی زمین را تعیین کنید.

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درون‌سو و برون‌سو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر سیم به سمت شرق است.



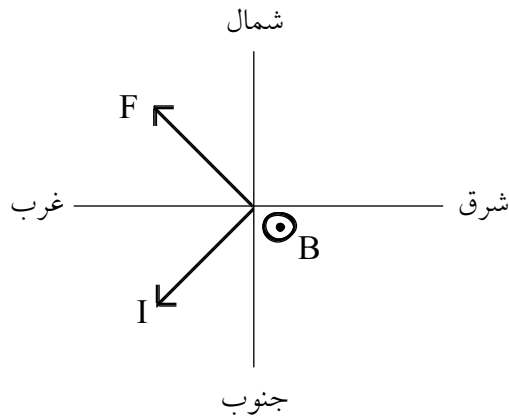
۱۸۶- یک سیم مستقیم در امتداد شرق و غرب قرار دارد و از طرف میدان مغناطیسی زمین در امتداد قائم و به سمت بالا به آن نیرو وارد می‌شود. جهت جریان الکتریکی سیم را مشخص کنید.

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درون‌سو و برون‌سو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست جهت جریان الکتریکی به سمت شرق است.



۱۸۷- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی که در امتداد قائم و در جهت بالا است، در یک صفحه‌ی افقی و در امتداد شمال شرقی و جنوب غربی قرار دارد و جهت جریان الکتریکی آن به طرف جنوب غربی است. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به دست آورید.

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درون‌سو و برون‌سو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر سیم به سمت شمال غربی است.



۱۸۸- در یک صفحه‌ی افقی یک سیم مستقیم در امتداد قائم قرار دارد و از آن یک جریان الکتریکی به طرف بالا عبور می‌کند. به سیم حامل جریان الکتریکی نیروی مغناطیسی در جهت جنوب شرقی وارد می‌شود. جهت میدان مغناطیسی، کدام یک از جهت‌های ذکر شده می‌تواند باشد؟

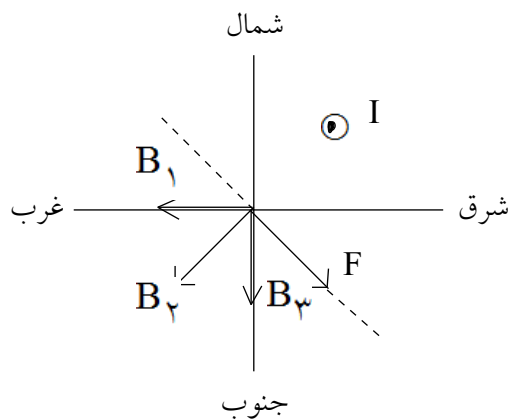
- | | | | |
|----------|---------------|---------|---------------|
| (۱) شمال | (۲) شمال غربی | (۳) غرب | (۴) جنوب غربی |
| (۵) جنوب | (۶) جنوب شرقی | (۷) شرق | (۸) شمال شرقی |

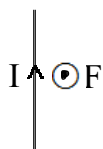
در نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود.

اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد. در نتیجه با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) نمی‌توان بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

* * *

با توجه به شکل زیر و قانون دست راست می‌تواند در هر کدام از جهت‌های جنوب، جنوب غربی و غرب بوده باشد.



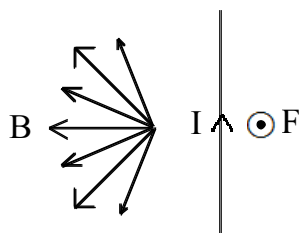


۱۸۹- در شکل روبه‌رو به سیم حامل جریان الکتریکی، نیروی مغناطیسی‌ای عمود بر صفحه‌ی شکل روبه‌رو و برون‌سو وارد می‌شود. جهت میدان مغناطیسی چگونه ممکن است بوده باشد؟

در نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود.

اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد. در نتیجه با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) نمی‌توان بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

* * *



نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان بر امتداد سیم و میدان مغناطیسی عمود است. اما امتداد سیم و میدان مغناطیسی، هر زاویه‌ای ممکن است داشته باشند. بنابراین مطابق شکل مقابل، بردار میدان مغناطیسی در صفحه‌ی شکل و به طرف سمت چپ سیم حامل جریان است و می‌تواند هر زاویه‌ای بین صفر و 180° درجه با جریان الکتریکی داشته باشد.

۱۹۰- در نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی از طرف میدان مغناطیسی، با داشتن کدام دو جهت از سه جهت زیر، جهت سوم مشخص نمی‌شود؟

جهت نیروی وارد بر سیم - جهت میدان مغناطیسی - جهت جریان الکتریکی

در نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود. اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد.

در نتیجه با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) نمی‌توان بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید. همچنین با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) نمی‌توان بردار جریان الکتریکی (\vec{I}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

۱۹۱- سیمی به طول ۲۰ سانتی‌متر در راستایی عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت 0.15T قرار دارد و از آن جریان الکتریکی 4A عبور می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند نیوتن است؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$I = 4\text{A}, B = 0.15\text{T}, L = 0.2\text{m} \Rightarrow F = 0.2 \times 4 \times 0.15 = 0.12\text{N}$$

۱۹۲- سیمی به طول 0.5 متر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت و در راستایی عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. اگر از سیم جریان الکتریکی 0.24 آمپر عبور کند و به آن نیروی مغناطیسی‌ای به اندازه‌ی 0.18 نیوتن وارد شود. بزرگی میدان مغناطیسی چند تسلا است؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$I = 0.24\text{A}, L = 0.5\text{m}, F = 0.18 \Rightarrow 0.18 = 0.5 \times 0.24 \times B$$

$$\Rightarrow B = \frac{0.18}{0.5 \times 0.24} = \frac{18}{5 \times 24} = \frac{18}{120} = 0.15\text{T}$$

۱۹۳- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی 8A است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت 0.25T و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. به چه طولی از این سیم نیروی مغناطیسی‌ای به اندازه‌ی 0.5 نیوتن وارد می‌شود؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$I = 8\text{A}, B = 0.25\text{T}, F = 0.5\text{N} \Rightarrow 0.5 = L \times 8 \times 0.25$$

$$\Rightarrow L = \frac{0.5}{8 \times 0.25} \Rightarrow L = \frac{1}{4}\text{m} = 25\text{cm}$$

۱۹۴- یک سیم مستقیم با طول 70 سانتی‌متر در یک میدان مغناطیسی با شدت 0.05 تسلا و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. از سیم جریان چند آمپر عبور کند تا بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر آن 0.98 نیوتن شود؟

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$L = 0.7\text{m}, B = 0.05\text{T}, F = 0.98\text{N} \Rightarrow 0.98 = 0.7 \times I \times 0.05$$

$$\Rightarrow I = \frac{0.98}{0.7 \times 0.05} \Rightarrow I = 28\text{A}$$

۱۹۵- یک سیم مستقیم به طول ۷/۵ سانتی متر که حامل جریان الکتریکی ۱/۶ آمپر است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۲/۲ تسلا قرار دارد، به طوری که امتداد سیم با امتداد میدان مغناطیسی زاویه ی ۶۰ درجه تشکیل می دهد. اندازه ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به دست آورید.

$$\left. \begin{aligned} F &= LIB \sin \theta \\ \theta &= 60^\circ = \frac{\pi}{3} \text{ یا } \theta = 120^\circ = \frac{2\pi}{3} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \frac{\sqrt{3}}{2} LIB$$

$$L = 0.075 \text{ m}, I = 1/6 \text{ A}, B = 2/2 \text{ T}$$

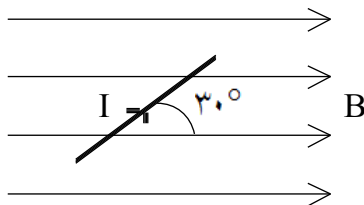
$$\Rightarrow F = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{75}{1000} \times \frac{16}{10} \times \frac{22}{10} = 0.132 \sqrt{3} \text{ N}$$

۱۹۶- یک سیم مستقیم به طول ۴۰ سانتی متر که حامل جریان الکتریکی ۳/۶ آمپر است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۰/۱۲۵ تسلا قرار دارد و اندازه ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن ۰/۰۹ نیوتن است. زاویه ی بین سوی جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی را به دست آورید.

$$\left\{ \begin{aligned} F &= LIB \sin \theta \\ L &= 0.4 \text{ m}, I = 3/6 \text{ A}, B = 0.125 \text{ T}, F = 0.09 \text{ N} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{9}{100} = \frac{4}{10} \times \frac{36}{10} \times \frac{125}{1000} \sin \theta \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \theta = 30^\circ = \frac{\pi}{6} \text{ یا } \theta = 150^\circ = \frac{5\pi}{6}$$



۱۹۷- در شکل روبه رو یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی مشخص در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر سیم در صفحه ی شکل ۳۰ درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می شود؟

حالت اول : اگر سیم در جهت پادساعت گرد دوران پیدا کند:

$$\left\{ \begin{aligned} F_1 &= LIB \sin \theta_1 = LIB \sin 30^\circ = \frac{1}{2} LIB \\ F_2 &= LIB \sin \theta_2 = LIB \sin (\theta_1 + 30^\circ) = LIB \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} LIB \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \sqrt{3}$$

حالت دوم : اگر سیم در جهت ساعت گرد دوران پیدا کند، سیم با میدان مغناطیسی موازی می شود و نیروی مغناطیسی وارد بر آن صفر می شود.

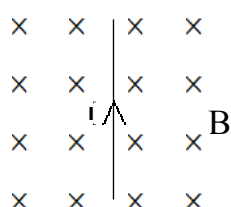
۱۹۸- یک سیم مستقیم حامل جریان الکتریکی مشخص در یک میدان مغناطیسی یکنواخت در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. اگر سیم در صفحه‌ای که سیم و خطوط میدان مغناطیسی در آن قرار دارند ۴۵ درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

زاویه‌ی سوی جریان و میدان مغناطیسی پس از دوران سیم از ۹۰ درجه به ۴۵ یا ۱۳۵ درجه تغییر می‌کند.

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = LIB \sin \theta_1 \\ \theta_1 = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_1 = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow F_1 = LIB$$

$$\left. \begin{array}{l} F_2 = LIB \sin \theta_2 \\ \theta_2 = 45^\circ \text{ یا } \theta_2 = 135^\circ \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} LIB$$

$$\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

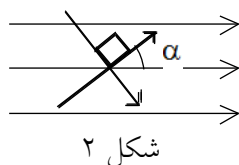


۱۹۹- در شکل مقابل میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است. اگر سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی مشخصی است، در صفحه‌ی شکل ۶۰ درجه دوران پیدا کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

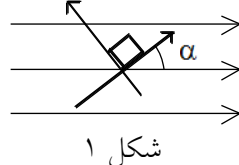
امتداد خطوط میدان مغناطیسی بر صفحه‌ی شکل عمود است. بنابراین سیم حامل جریان هرچه‌قدر در صفحه‌ی شکل دوران پیدا کند باز هم بر خطوط میدان مغناطیسی عمود است و $\theta = 90^\circ$ است. بنابراین نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان تغییر نمی‌کند.

۲۰۰- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی مشخص است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و سوی جریان الکتریکی با میدان مغناطیسی زاویه‌ی α می‌سازد. اگر سیم حامل جریان در صفحه‌ای که موازی با سیم حامل جریان و میدان مغناطیسی است به اندازه‌ی 90° دوران پیدا کند، اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند برابر می‌شود؟

مطابق شکل‌های زیر پس از دوران سیم به اندازه‌ی ۹۰ درجه، زاویه‌ی سوی جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی برابر $90^\circ + \alpha$ یا $90^\circ - \alpha$ می‌شود.



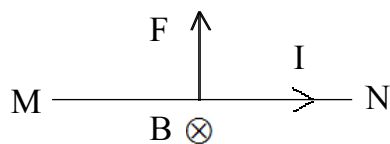
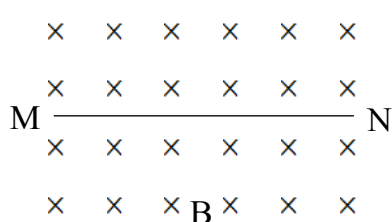
شکل ۲



شکل ۱

$$\left\{ \begin{array}{l} F = LIB \sin \alpha \\ F' = IB \sin (90^\circ + \alpha) \text{ یا } F' = IB \sin (90^\circ - \alpha) \Rightarrow F' = LIB \cos \alpha \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{LIB \cos \alpha}{LIB \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \cot \alpha$$



۲۰۱- در شکل مقابل سیم مستقیم MN در راستای افقی و عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که در امتداد افقی ایجاد شده است قرار دارد. طول و جرم سیم به ترتیب $\frac{1}{8}$ متر و ۱۰ گرم و اندازه‌ی میدان مغناطیسی $\frac{1}{5}$ تسلا است. اندازه و جهت جریان الکتریکی سیم را تعیین کنید تا وزن سیم توسط نیروی مغناطیسی وارد بر آن خنثی شود.

برای خنثی شدن وزن جسم توسط نیروی مغناطیسی باید نیروی مغناطیسی به سمت بالا ایجاد شود. با توجه به شکل مقابل و قانون دست راست جهت جریان الکتریکی سیم از M به N است.

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ \theta = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow F = LIB$$

$$F = W = mg \Rightarrow LIB = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{LB} \Rightarrow I = \frac{0.01 \times 10}{\frac{1}{8} \times \frac{1}{5}} \Rightarrow I = 2/5 \text{ A}$$

۲۰۲- یک سیم مستقیم که حامل جریان الکتریکی I است در یک صفحه‌ی افقی قرار دارد. یک میدان مغناطیسی یکنواخت در این صفحه‌ی افقی ایجاد می‌شود و بر اثر نیروی مغناطیسی ناشی از آن، وزن سیم حامل جریان خنثی می‌شود. اگر جرم واحد طول سیم μ باشد، کم‌ترین اندازه‌ی میدان مغناطیسی چه قدر است؟

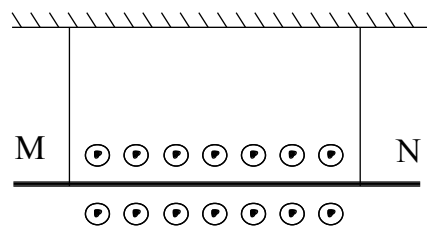
فرض می‌کنیم زاویه‌ی جهت جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی θ باشد و طول سیم L است.

$$\left. \begin{array}{l} F = LIB \sin \theta \\ W = mg \end{array} \right\} \Rightarrow LIB \sin \theta = mg$$

$$\Rightarrow B = \frac{mg}{L \sin \theta} = \left(\frac{m}{L} \right) \frac{g}{I \sin \theta} = \mu \frac{g}{I \sin \theta}$$

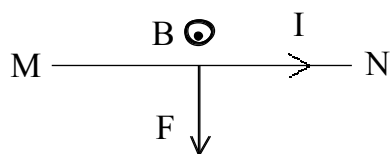
حداقل اندازه‌ی میدان مغناطیسی در شرایطی ایجاد می‌شود که θ برابر 90° باشد.

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow B_{\min} = \frac{\mu g}{I}$$



در شکل روبه‌رو میله‌ای مستقیم توسط دو نخ به صورت افقی آویزان است و در یک میدان مغناطیسی در جهت نشان داده شده در شکل قرار دارد. اگر از میله یک جریان الکتریکی عبور کند، نیروی کشش نخ‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

۲۰۳- الف) فرض کنید جریان الکتریکی از M به N است.

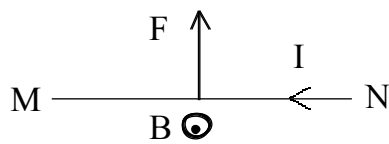


الف) با توجه به شکل روبه‌رو و با توجه به قانون دست راست به سیم از طرف میدان مغناطیسی به سمت پایین نیرو وارد می‌شود و در نتیجه کشش نخ‌ها افزایش می‌یابد.

$$T = mg \quad \text{مجموع کشش اولیه نخ‌ها}$$

$$T = mg + F \quad \text{مجموع کشش نهایی نخ‌ها}$$

۲۰۴- ب) فرض کنید جریان الکتریکی از N به M است.



ب) با توجه به شکل روبه‌رو و با توجه به قانون دست راست به سیم از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا نیرو وارد می‌شود و در نتیجه کشش نخ‌ها کاهش می‌یابد.

$$T = mg \text{ مجموع کشش اولیه ی نخ‌ها}$$

$$T = mg - F \text{ مجموع کشش نهایی نخ‌ها}$$

توجه کنید که اگر نیروی مغناطیسی از نیروی وزن میله بیش‌تر باشد، میله به سمت بالا حرکت می‌کند و کشش نخ صفر می‌شود.

۲۰۵- یک سیم مستقیم به جرم m در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و از آن جریان الکتریکی عبور می‌کند، به‌طوری‌که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. اگر جهت جریان الکتریکی سیم تغییر کند و اندازه‌ی جریان الکتریکی آن دو برابر شود، برآیند نیروهای وارد بر سیم چه قدر می‌شود؟

در شرایط اولیه نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم قرینه وزن آن است. یعنی هم‌اندازه با mg و در جهت قائم به سمت بالا است. اگر جهت جریان الکتریکی تغییر کند، جهت این نیرو تغییر می‌کند و اگر اندازه‌ی جریان الکتریکی دو برابر شود، اندازه‌ی این نیرو دو برابر می‌شود. بنابراین این نیرو هم‌اندازه با $2mg$ و در جهت قائم به سمت پایین می‌شود و در نتیجه برآیند نیروهای وارد بر سیم برابر $3mg$ می‌شود.

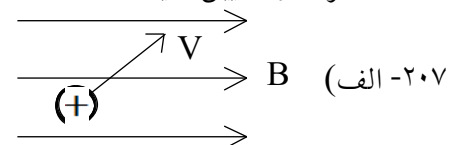
$$\vec{mg} + \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F} = -\vec{mg} \text{ شرایط اولیه}$$

$$\sum \vec{F} = \vec{mg} + \vec{F}' = \vec{mg} + (-2\vec{F}) = \vec{mg} - 2\vec{F} = \vec{mg} - 2(-\vec{mg}) = 3\vec{mg} \text{ شرایط نهایی}$$

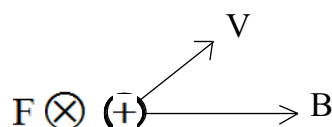
۲۰۶- عبارت زیر را کامل کنید.

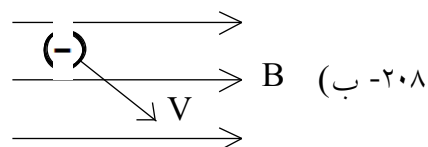
نیروی که در میدان مغناطیسی به بار الکتریکی متحرک وارد می‌شود، بر و عمود است.
راستای حرکت بار الکتریکی - میدان مغناطیسی

یک بار الکتریکی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک را تعیین کنید.

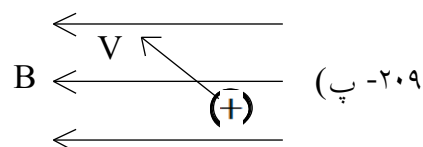
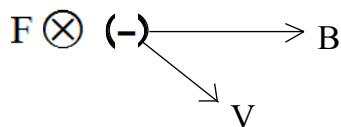


الف) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است.

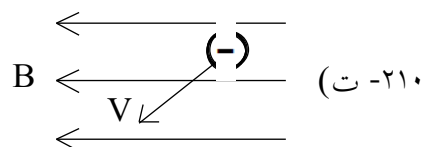
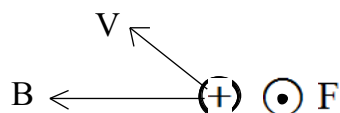




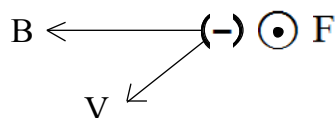
ب) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است. توجه کنید که بار متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



پ) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

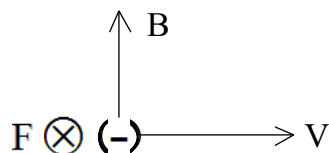


ت) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است. توجه کنید که بار متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



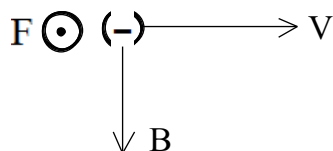
در شکل مقابل الکترونی را می‌بینید که در جهت نشان داده شده در شکل حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون را تعیین کنید اگر:
۲۱۱- الف) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت بالا باشد.

الف) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است. توجه کنید که بار الکتریکی متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



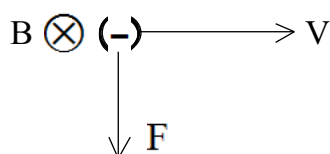
۲۱۲- ب) میدان مغناطیسی موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین باشد.

ب) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است. توجه کنید که بار الکتریکی متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



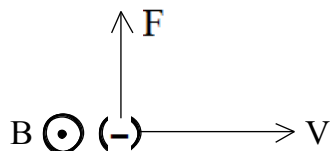
۲۱۳- پ) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون باشد.

پ) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت پایین است. توجه کنید که بار الکتریکی متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.

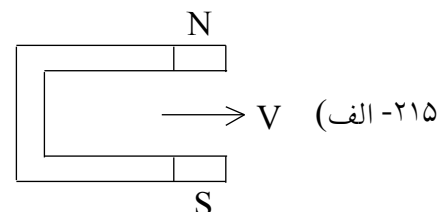


۲۱۴- ت) میدان مغناطیسی عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت بیرون باشد.

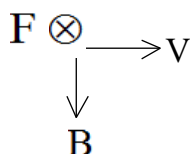
ت) با توجه به شکل زیر و استفاده از قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر بار متحرک موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت بالا است. توجه کنید که بار الکتریکی متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.

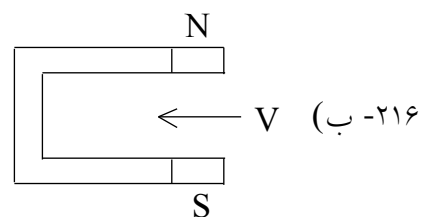


یک ذره‌ی باردار با بار مثبت بین دو قطب یک آهن‌ربای نعلی شکل مطابق شکل حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار را نشان دهید.

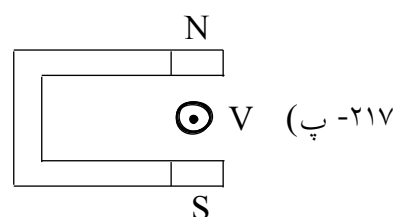
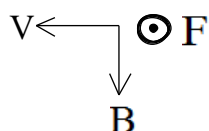


الف) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از N به S است. با توجه به شکل زیر و با استفاده از قانون دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است.

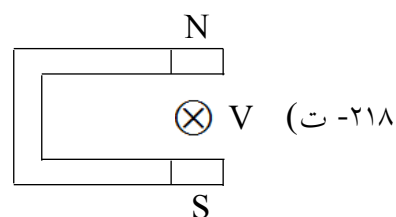
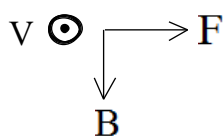




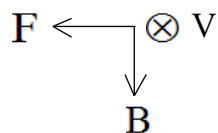
ب) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از N به S است. با توجه به شکل زیر و با استفاده از قانون دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

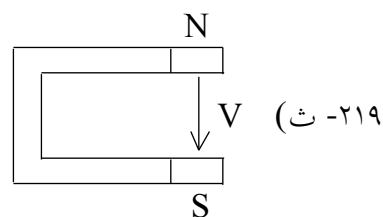


پ) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از ■ به ■ است. با توجه به شکل زیر و با استفاده از قانون دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت راست است.

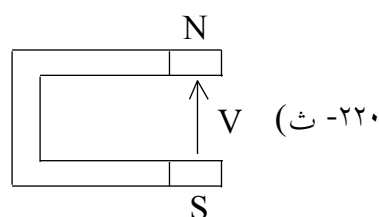


ت) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از N به S است. با توجه به شکل زیر و با استفاده از قانون دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت موازی با صفحه‌ی شکل و به سمت چپ است.





ث) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از N به S است. پس میدان مغناطیسی آهن‌ربای نعلی شکل در محل حرکت بار متحرک در راستای قائم و به طرف پایین است. در نتیجه زاویه‌ی بین سوی میدان مغناطیسی و سوی حرکت بار الکتریکی صفر درجه است و با توجه به رابطه‌ی $F = qVB\sin\theta$ ، نیروی وارد بر بار متحرک صفر است.



ج) سوی میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های آهن‌ربای نعلی شکل از N به S است. پس میدان مغناطیسی آهن‌ربای نعلی شکل در محل حرکت بار متحرک در راستای قائم و به طرف پایین است. در نتیجه زاویه‌ی بین سوی میدان مغناطیسی و سوی حرکت بار الکتریکی 180° درجه است و با توجه به رابطه‌ی $F = qVB\sin\theta$ ، نیروی وارد بر بار متحرک صفر است.

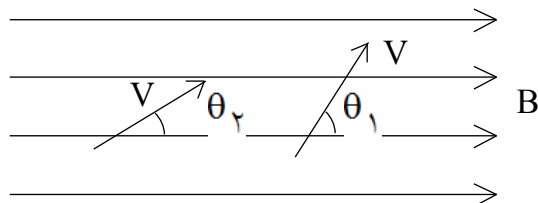
۲۲۱- اگر زاویه‌ی بین سوی حرکت بار الکتریکی و میدان مغناطیسی کاهش یابد، اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

در حالت کلی نمی‌توان به این سؤال پاسخ داد.

اگر این زاویه حاده باشد (کمتر از 90° درجه باشد)، با توجه به رابطه‌ی $F = qVB\sin\theta$ ، اگر θ کاهش یابد، $\sin\theta$ کاهش می‌یابد و در نتیجه F کاهش می‌یابد.

اگر این زاویه منفرجه باشد (بیش‌تر از 90° درجه باشد)، با توجه به رابطه‌ی $F = qVB\sin\theta$ ، اگر θ کاهش یابد، $\sin\theta$ افزایش می‌یابد و در نتیجه F افزایش می‌یابد.

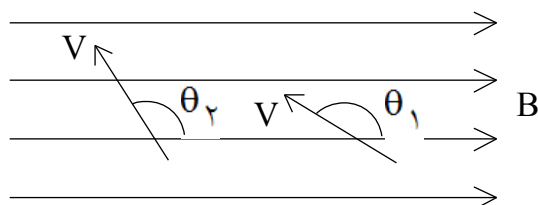
۲۲۲- یک پروتون در جهت‌های نشان داده شده در شکل زیر با سرعت مشخص در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. در کدام حالت نیروی کوچک‌تری به آن وارد می‌شود؟



$$\left. \begin{array}{l} \theta_2 < \theta_1 \\ \text{حاده } \theta_2 \text{ و } \theta_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \sin\theta_2 < \sin\theta_1 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ F = |q|VB\sin\theta \end{array} \right\} \Rightarrow F_2 < F_1$$

توضیح: علامت بار نقشی در اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار ندارد.

۲۲۳- یک الکترون در جهت‌های نشان داده شده در شکل زیر با سرعت مشخص در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. در کدام حالت نیروی کوچک‌تری به آن وارد می‌شود؟



$$\left. \begin{array}{l} \theta_2 < \theta_1 \\ \theta_1 \text{ و } \theta_2 \text{ منفرجه} \end{array} \right\} \Rightarrow \sin \theta_2 > \sin \theta_1 \left\} \Rightarrow F_2 > F_1 \right.$$

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

توضیح: علامت بار نقشی در اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار ندارد.

۲۲۴- عبارت زیر را کامل کنید.

اگر امتداد حرکت بار الکتریکی با امتداد میدان مغناطیسی موازی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک است و اگر امتداد حرکت بار الکتریکی بر امتداد میدان مغناطیسی عمود باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک است.

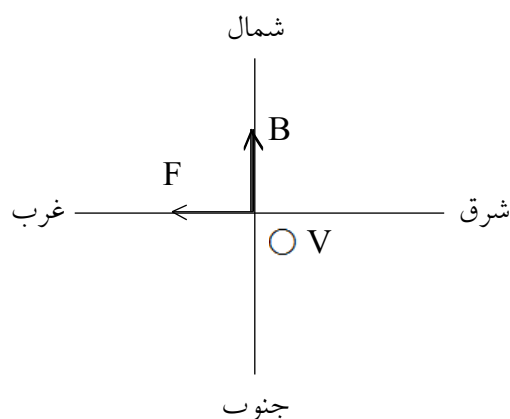
صفر - بیشینه

۲۲۵- چرا امتداد میدان مغناطیسی امتداد نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک تعریف نمی‌شود؟

زیرا نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک به امتداد حرکت بار بستگی دارد و در هر نقطه از فضا راستای مشخص و ثابتی ندارد.

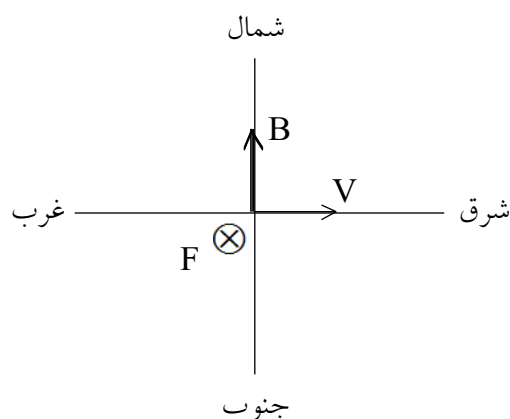
۲۲۶- یک بار الکتریکی مثبت در امتداد قائم و به طرف بالا حرکت می‌کند. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن از طرف میدان مغناطیسی زمین چگونه است؟

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درون‌سو و برون‌سو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست جهت نیروی وارد بر بار متحرک به سمت غرب است.



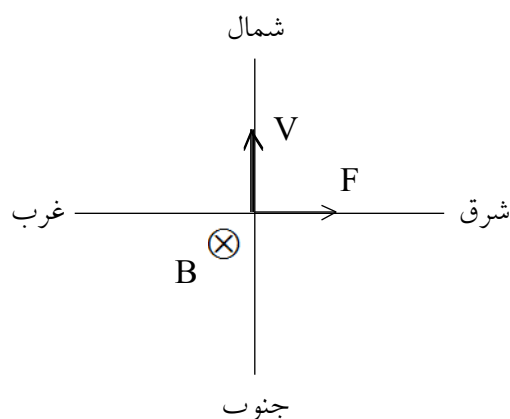
۲۲۷- یک بار الکتریکی منفی در امتداد شرق و غرب حرکت می‌کند و از طرف میدان مغناطیسی زمین در امتداد قائم و به سمت پایین به آن نیرو وارد می‌شود. سوی حرکت بار چگونه است؟

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درونسو و برونسو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست سوی حرکت بار به سمت شرق است. توجه کنید که بار متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



۲۲۸- یک بار الکتریکی منفی در فضایی که میدان مغناطیسی در آن در راستای قائم است، به طرف شمال حرکت می‌کند و نیروی مغناطیسی وارد بر آن به طرف شرق است. سوی میدان مغناطیسی را به دست آورید.

در شکل زیر راستای عمود بر صفحه راستای قائم است و درونسو و برونسو به ترتیب نشان دهنده‌ی سوی پایین و بالا هستند. با توجه به شکل زیر و قانون دست راست سوی میدان مغناطیسی به طرف پایین است. توجه کنید که بار متحرک منفی است و جهت به دست آمده توسط قانون دست راست باید عکس شود.



۲۲۹- یک بار الکتریکی مثبت در امتداد شمال شرقی و جنوب غربی و در جهت جنوب غربی حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی در امتداد قائم و به طرف پایین وارد می‌شود. سوی میدان مغناطیسی کدام یک از جهت‌های ذکر شده می‌تواند باشد؟

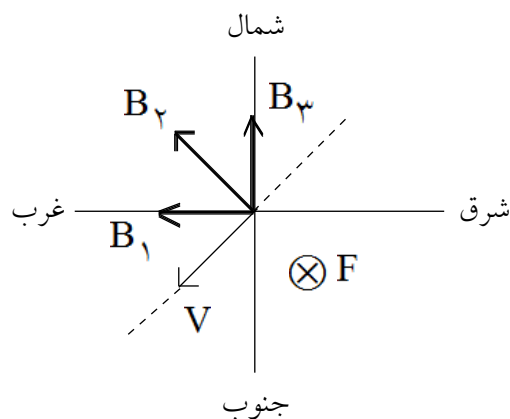
- | | | | |
|----------|---------------|---------|---------------|
| (۱) شمال | (۲) شمال غربی | (۳) غرب | (۴) جنوب غربی |
| (۵) جنوب | (۶) جنوب شرقی | (۷) شرق | (۸) شمال شرقی |

در نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود.

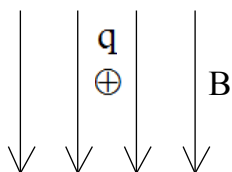
اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد. بنابراین با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) ، نمی‌توان بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

* * *

با توجه به شکل زیر و قانون دست راست می‌تواند در هر کدام از جهت‌های شمال، شمال غربی و غرب بوده باشد.



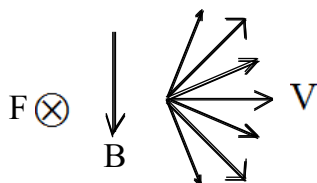
۲۳۰- در شکل زیر به بار الکتریکی مثبت q که در یک میدان مغناطیسی با جهت نشان داده شده قرار دارد، نیروی مغناطیسی‌ای عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت درون (درون‌سو) وارد می‌شود. جهت حرکت بار الکتریکی چگونه ممکن است باشد؟



در نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود.

اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد. بنابراین با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) ، نمی‌توان بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

* * *



نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک بر امتداد حرکت بار و میدان مغناطیسی عمود است. اما امتداد حرکت بار و میدان مغناطیسی، هر زاویه‌ای ممکن است داشته باشند. بنابراین مطابق شکل روبه‌رو، بردار سرعت حرکت بار در صفحه‌ی شکل و به سمت راست شکل است و می‌تواند هر زاویه‌ای بین صفر و ۱۸۰ درجه با میدان مغناطیسی داشته باشد.

۲۳۱- در نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک از طرف میدان مغناطیسی، با داشتن کدام دو جهت از سه جهت زیر، جهت سوم مشخص نمی‌شود؟

جهت نیروی وارد بر بار متحرک - جهت میدان مغناطیسی - جهت حرکت بار

در نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) بر بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) عمود است و سمت آن از قانون دست راست مشخص می‌شود. بنابراین با داشتن بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) ، بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) مشخص می‌شود. اما توجه به این نکته مهم است که زاویه‌ی بین بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) هر مقداری بین صفر و π می‌تواند باشد.

در نتیجه با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) نمی‌توان بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید. همچنین با داشتن بردار نیروی مغناطیسی (\vec{F}) و بردار میدان مغناطیسی (\vec{B}) نمی‌توان بردار سرعت بار الکتریکی (\vec{V}) را به طور دقیق مشخص کرد و برای جهت آن محدوده‌ای به دست می‌آید.

۲۳۲- یک بار الکتریکی به اندازه‌ی $5\mu\text{C}$ در راستای عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت 0.36T و با سرعت 2500 متر بر ثانیه حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه قدر است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C} \text{ و } V = 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ و } B = 0.36\text{T}$$

$$\Rightarrow F = 5 \times 10^{-6} \times 2500 \times 0.36 = 4.5 \times 10^{-3} \text{ N} = 4.5\text{mN}$$

۲۳۳- یک بار الکتریکی 16 nC در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. وقتی سرعت حرکت بار برابر 500 متر بر ثانیه است، به آن نیروی مغناطیسی‌ای برابر 12 میکرونیوتن وارد می‌شود. بزرگی میدان مغناطیسی چند تسلا است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VB\sin\theta \\ \theta &= 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 16 \times 10^{-9} \text{ C}, V = 500 \frac{\text{m}}{\text{s}}, F = 12 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\Rightarrow 12 \times 10^{-6} = 16 \times 10^{-9} \times 500 \times B \Rightarrow 12 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} B \Rightarrow B = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ T}$$

۲۳۴- یک بار الکتریکی 24 mC در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت به شدت 0.75 T حرکت می‌کند. سرعت حرکت بار الکتریکی چه قدر باشد تا اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر بار برابر $3/6 \text{ N}$ باشد؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VBSin\theta \\ \theta &= 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$|q| = 24 \times 10^{-3} \text{ C}, B = 0.75 \text{ T}, F = 3/6 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 3/6 = 24 \times 10^{-3} \times V \times 0.75 \Rightarrow V = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۲۳۵- یک بار الکتریکی با سرعت 600 متر بر ثانیه در امتداد عمود بر یک میدان مغناطیسی به شدت 0.4 T تسلا حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی‌ای به اندازه‌ی 0.108 N نیوتن وارد می‌شود. اندازه‌ی بار الکتریکی را به دست آورید.

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VBSin\theta \\ \theta &= 90^\circ = \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = |q|VB$$

$$V = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}, B = 0.4 \text{ T}, F = 0.108 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 0.108 = |q| \times 600 \times 0.4 \Rightarrow 0.108 = |q| \times 240$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{0.108}{24} \times 10^{-4} \Rightarrow |q| = 45 \times 10^{-4} \text{ C} = 450 \mu\text{C}$$

۲۳۶- یک بار الکتریکی $6/4 \text{ mC}$ در امتدادی که با میدان مغناطیسی یکنواختی با شدت 0.35 T زاویه‌ی 45° درجه دارد با سرعت 900 متر بر ثانیه حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن چه قدر است؟

$$\left. \begin{aligned} F &= |q|VBSin\theta \\ \theta &= 45^\circ = \frac{\pi}{4} \text{ یا } \theta = 135^\circ = \frac{3\pi}{4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \frac{\sqrt{2}}{2} qVB$$

$$|q| = 6/4 \times 10^{-3} \text{ C}, V = 900 \frac{\text{m}}{\text{s}}, B = 0.35 \text{ T}$$

$$\Rightarrow F = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 6/4 \times 10^{-3} \times 900 \times 0.35 = 1/0.8 \sqrt{2} \text{ N}$$

۲۳۷- یک بار الکتریکی $120 \mu\text{C}$ با سرعت 125 متر بر ثانیه در یک میدان مغناطیسی با شدت 0.25 T تسلا حرکت می‌کند و به آن نیروی مغناطیسی‌ای به اندازه‌ی $3 \times 10^{-4} \text{ N}$ میلی‌نیوتن وارد می‌شود. زاویه‌ی سوی حرکت بار الکتریکی و میدان مغناطیسی را به دست آورید.

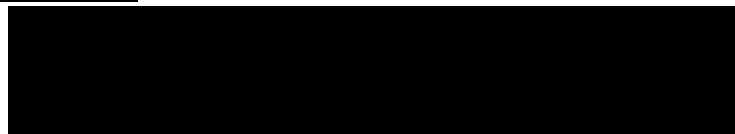
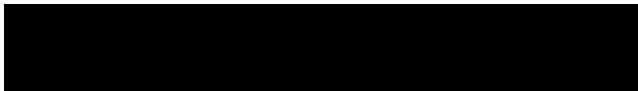
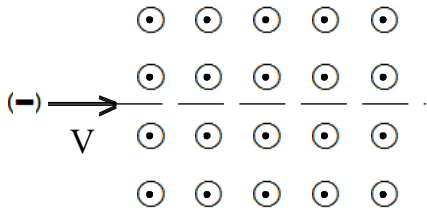
$$\left\{ \begin{aligned} F &= |q|VBSin\theta \\ |q| &= 120 \times 10^{-6} \text{ C و } V = 125 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ و } B = 0.25 \text{ T و } F = 3 \times 10^{-4} \text{ N} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow 3 \times 10^{-4} = 120 \times 10^{-6} \times 125 \times 0.25 \times Sin\theta$$

$$\Rightarrow Sin\theta = \frac{1}{10} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \theta &= 53^\circ \\ \theta &= 180^\circ - 53^\circ = 127^\circ \end{aligned} \right.$$

۲۳۸- در شکل زیر میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت 0.45 تسلا در امتداد افقی در فضا ایجاد شده است. یک الکترون مطابق شکل در امتداد افقی و عمود بر امتداد میدان مغناطیسی پرتاب می‌شود. سرعت حرکت الکترون چه قدر باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر آن وزن آن را خنثی کند؟

(بار الکتریکی الکترون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم الکترون $9 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ است.)



۲۳۹- یک بار الکتریکی با اندازه q و جرم m در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که راستای آن افقی است، در امتداد افقی با سرعت V حرکت می‌کند. حداقل اندازه میدان مغناطیسی چه قدر باشد تا نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک بتواند وزن آن را خنثی کند؟

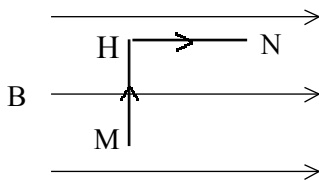
زاویه بین میدان مغناطیسی و سرعت بار را θ در نظر می‌گیریم.

$$\left. \begin{array}{l} F = qVB \sin \theta \\ F = mg \end{array} \right\} \Rightarrow qVB \sin \theta = mg \Rightarrow B = \frac{mg}{qV \sin \theta}$$

حداقل اندازه میدان مغناطیسی در شرایطی ایجاد می‌شود که θ برابر 90° باشد.

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow B_{\min} = \frac{mg}{qV}$$

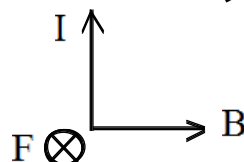
۲۴۰- در شکل زیر سیم MHN از دو قسمت مستقیم عمود بر هم با اندازه یکسان با طول L تشکیل شده است و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.



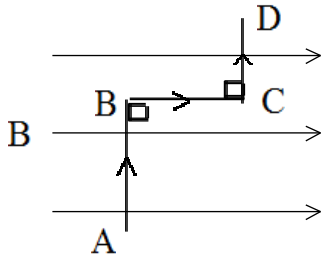
به قسمت HN به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای نیروی وارد بر قسمت MH که بر میدان مغناطیسی عمود است داریم:

$$\left. \begin{array}{l} F_{MH} = LIB \sin 90^\circ = LIB \\ F_{HN} = LIB \sin 0^\circ = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow F = F_{MH} + F_{HN} = LIB$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم MHN، با جهت نیروی وارد بر سیم MH یکسان است و این نیرو مطابق شکل زیر و بر اساس قانون دست راست عمود بر صفحه‌ی شکل و درون سو است.



۲۴۱- در شکل زیر سیم ABCD از سه قسمت مستقیم AB، BC و CD با طول‌های a، b و c تشکیل شده است و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد، به نحوی که قسمت BC با میدان مغناطیسی موازی است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.



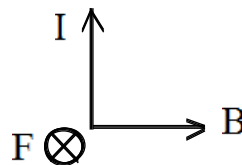
به قسمت BC به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای قسمت‌های AB و CD که بر میدان مغناطیسی عمود هستند داریم:

$$\begin{cases} F_{AB} = aIB \sin 90^\circ = aIB \\ F_{BC} = bIB \sin 0^\circ = 0 \\ F_{CD} = cIB \sin 90^\circ = cIB \end{cases}$$

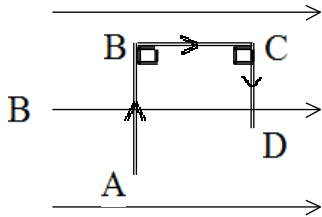
جهت نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان است.

$$\Rightarrow F = F_{AB} + F_{BC} + F_{CD} = aIB + 0 + cIB = (a + c)IB$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، با جهت نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان است و این نیرو مطابق شکل زیر و بر اساس قانون دست راست عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است.



۲۴۲- در شکل زیر سیم ABCD از سه قسمت مستقیم AB، BC و CD با طول‌های a، b و c تشکیل شده است و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد، به نحوی که قسمت BC با میدان مغناطیسی موازی است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر آن را به دست آورید.



به قسمت BC به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و برای قسمت‌های AB و CD که بر میدان مغناطیسی عمود هستند داریم:

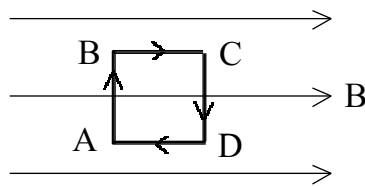
$$\begin{cases} F_{AB} = aIB \sin 90^\circ = aIB \\ F_{BC} = bIB \sin 0^\circ = 0 \\ F_{CD} = cIB \sin 90^\circ = cIB \end{cases}$$

راستای نیروهای وارد بر قسمت‌های AB و CD یکسان و عمود بر صفحه‌ی شکل و جهت آن‌ها به ترتیب درون‌سو و برون‌سو است.

$$\Rightarrow F = |F_{AB} - F_{CD}| = |aIB - cIB| = |a - c|IB$$

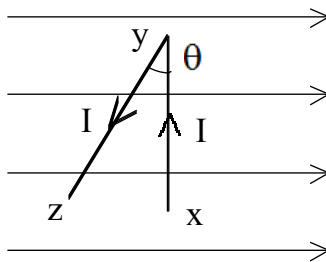
اگر $a > c$ باشد، $F_{AB} > F_{CD}$ است و در نتیجه جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، عمود بر صفحه‌ی شکل و درون‌سو است و همچنین اگر $a < c$ باشد، $F_{AB} < F_{CD}$ است و در نتیجه جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم ABCD، عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

۲۴۳- در شکل زیر سیم مربع شکل ABCD با ضلع a حامل جریان الکتریکی I است و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B قرار دارد، به نحوی که قسمت‌های BC و DA با میدان مغناطیسی موازی هستند. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر حلقه‌ی مربع شکل را به دست آورید.



به قسمت‌های BC و DA به دلیل موازی بودن با امتداد میدان مغناطیسی نیرو وارد نمی‌شود و به قسمت‌های AB و CD به دلیل هم‌اندازه بودن طول سیم‌ها و جریان آن‌ها و همچنین مخالف بودن جهت جریان آن‌ها دو نیروی هم‌اندازه در خلاف جهت یک‌دیگر وارد می‌شود. بنابراین برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر حلقه‌ی مربع شکل صفر است.

۲۴۴- سیم xyz مطابق شکل زیر در میدان مغناطیسی یکنواختی با شدت B قرار دارد و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم به نحوی قرار دارد که صفحه‌ای که سیم در آن قرار دارد با میدان مغناطیسی موازی است و قسمت xy بر امتداد میدان مغناطیسی عمود است. هم‌چنین طول قسمت‌های xy و yz یکسان و برابر L است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم را به دست آورید.



$$(\theta < 90^\circ)$$

زاویه‌ی میدان مغناطیسی با جریان الکتریکی سیم‌های yz و xy به ترتیب برابر $90^\circ + \theta$ و 90° است.

$$\begin{cases} F_{yz} = LIB \sin(90^\circ + \theta) = LIB \cos \theta \\ F_{xy} = LIB \sin 90^\circ = LIB \end{cases}$$

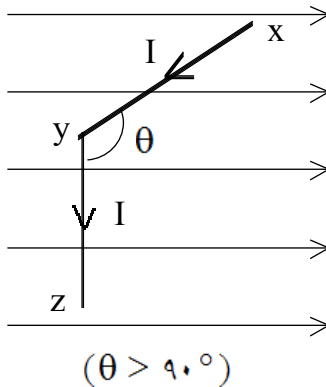
راستای نیروهای مغناطیسی وارد بر قسمت‌های xy و yz عمود بر صفحه‌ی شکل و جهت آن‌ها به ترتیب درون‌سو و برون‌سو است.

$$\cos \theta < 1 \Rightarrow LIB \cos \theta < LIB \Rightarrow F_{yz} < F_{xy}$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz ، هم‌جهت با نیروی وارد بر سیم xy و درون‌سو است.

$$\Rightarrow F = F_{xy} - F_{yz} = LIB - LIB \cos \theta \Rightarrow F = LIB(1 - \cos \theta)$$

۲۴۵- سیم xyz مطابق شکل زیر در میدان مغناطیسی یکنواختی با شدت B قرار دارد و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌کند. این سیم به نحوی قرار دارد که صفحه‌ای که سیم در آن قرار دارد با میدان مغناطیسی موازی است و قسمت yz بر امتداد میدان مغناطیسی عمود است. هم‌چنین طول قسمت‌های xy و yz یکسان و برابر L است. برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم را به دست آورید.



زاویه‌ی میدان مغناطیسی با جریان الکتریکی سیم‌های xy و yz به ترتیب برابر $\theta - 270^\circ$ و 90° است.

$$\begin{cases} F_{xy} = LIB \sin(270^\circ - \theta) = LIB(-\cos \theta) = -LIB \cos \theta \\ F_{yz} = LIB \sin 90^\circ = LIB \end{cases}$$

توجه کنید که θ در شکل منفرجه است و $\cos \theta$ منفی است. بنابراین $-LIB \cos \theta$ که اندازه‌ی F_{xy} می‌باشد مقداری مثبت است.

جهت نیروهای مغناطیسی وارد بر قسمت‌های xy و yz یکسان و عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

$$\Rightarrow F = F_{xy} + F_{yz} = LIB - LIB \cos \theta$$

$$\Rightarrow F = LIB(1 - \cos \theta)$$

جهت برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم xyz عمود بر صفحه‌ی شکل و برون‌سو است.

۲۴۶- الف) یک متر از سیم چه قدر است؟

الف)

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 5}{r} = \frac{10^{-6}}{r}$$

$$r = 1 \text{ m} \Rightarrow B = 10^{-6} \text{ T}$$

۲۴۷- ب) یک سانتی‌متر از سیم چه قدر است؟

ب)

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 5}{r} = \frac{10^{-6}}{r}$$

$$r = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow B = 10^{-4} \text{ T}$$

۲۴۸- الف) 1 G است؟

الف)

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 7/5}{r} = \frac{15 \times 10^{-7}}{r}$$

$$B = 1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T} \Rightarrow \frac{15 \times 10^{-7}}{r} = 10^{-4} \Rightarrow r = 1/5 \times 10^{-2} \text{ m} = 1/5 \text{ cm}$$

۲۴۹- ب) $0/3 \text{ G}$ است؟

ب)

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 7/5}{r} = \frac{15 \times 10^{-7}}{r}$$

$$B = 0/3 \text{ G} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \Rightarrow \frac{15 \times 10^{-7}}{r} = 3 \times 10^{-5} \Rightarrow r = 5 \times 10^{-2} \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

۲۵۰- در فاصله $2/5 \text{ mm}$ از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی سیم برابر یک گاوس است. جریان الکتریکی عبوری از سیم چه قدر است؟

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r}$$

$$\Rightarrow Br = 2 \times 10^{-7} I \Rightarrow 10^{-4} \times 2/5 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-7} \times I \Rightarrow I = \frac{2/5}{2} = 1/25 \text{ A}$$

۲۵۱- اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله 4 cm از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی، چند برابر اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله 60 سانتی‌متر از آن است؟

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} B_1 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_1} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{B_1}{B_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\Rightarrow \frac{B(4 \text{ cm})}{B(60 \text{ cm})} = \frac{60 \text{ cm}}{4 \text{ cm}} = 15$$

۲۵۲- از سیم مستقیم و بلندی جریان الکتریکی $0/4$ آمپر عبور می‌کند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی این سیم در فاصله 1 متر از آن چه قدر از اندازه‌ی میدان مغناطیسی آن در فاصله $0/4$ متر از آن کم‌تر است؟

$$B_2 - B_1 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_2} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi r_1} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0/4}{2\pi} \left(\frac{1}{0/4} - \frac{1}{1} \right) = 0/8 \times 10^{-7} (2/5 - 1) = 0/8 \times 10^{-7} \times 1/5 = 1/2 \times 10^{-7} \text{ T}$$

۲۵۳- اگر از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی ۵ cm دور شویم، بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از آن ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. فاصله‌ی اولیه از سیم چه قدر بوده است؟

$$B' = B - \frac{20}{100}B = \frac{80}{100}B \Rightarrow B' = \frac{4}{5}B \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{4}{5}$$

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} \\ B' &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r'} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{r}{r + 5 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow \frac{r}{r + 5 \text{ cm}} = \frac{4}{5} \Rightarrow 5r = 4r + 20 \Rightarrow r = 20 \text{ cm}$$

۲۵۴- از فاصله‌ی ۲۸۰ میلی‌متر یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی، چه قدر به آن نزدیک شویم تا بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از آن ۷۵ درصد افزایش یابد؟

$$B' = B + \frac{75}{100}B = \frac{175}{100}B \Rightarrow B' = \frac{7}{4}B \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{7}{4}$$

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} \\ B' &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r'} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{280 \text{ mm}}{r'}$$

$$\Rightarrow \frac{280 \text{ mm}}{r'} = \frac{7}{4} \Rightarrow r' = 160 \text{ mm} \Rightarrow \Delta r = r' - r = 160 - 280 = -120 \text{ mm}$$

۲۵۵- اگر فاصله از یک سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی ۴ برابر شود، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱۸ گاوس کاهش می‌یابد. اندازه‌ی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی اولیه و نهایی از سیم چه قدر بوده است؟

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} \\ B' &= \frac{\mu \cdot I}{2\pi r'} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{r}{r'} = \frac{r}{4r} = \frac{1}{4} \Rightarrow B' = \frac{1}{4}B$$

$$B' = B - 18 \text{ G} \Rightarrow \frac{1}{4}B = B - 18 \text{ G} \Rightarrow B = 4B - 72 \text{ G}$$

$$\Rightarrow 3B = 72 \text{ G} \Rightarrow B = 24 \text{ G} \Rightarrow B' = 6 \text{ G}$$

۲۵۶- از یک سیم مستقیم و بلند جریان الکتریکی $2/5$ آمپر عبور می‌کند. اگر 4 سانتی‌متر از این سیم دور شویم، اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از آن $0/4$ گاوس کاهش می‌یابد. فاصله‌ی اولیه از سیم چه قدر بوده است؟

$$B' - B = -0/4 \text{ G} = -0/4 \times 10^{-4} \text{ T} = -4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

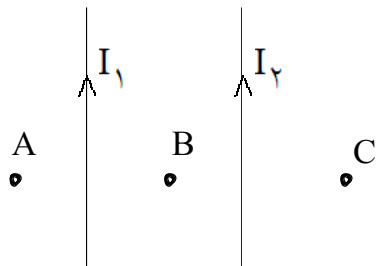
$$B' - B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r'} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi r} = \frac{\mu \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2/5}{2\pi} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) = 5 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\Rightarrow -4 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} \right) \Rightarrow \frac{1}{r'} - \frac{1}{r} = -80 \Rightarrow \frac{r - r'}{r \times r'} = -80$$

$$r' = r + 0/4 \text{ m} \Rightarrow r - r' = -0/4 \text{ m} \Rightarrow \frac{-0/4}{r r'} = -80 \Rightarrow r r' = \frac{1}{2000}$$

$$\Rightarrow r \left(r + \frac{4}{1000} \right) = \frac{1}{2000} \Rightarrow r^2 + \frac{4}{1000} r - \frac{1}{2000} = 0$$

$$\Rightarrow \left(r - \frac{1}{1000} \right) \left(r + \frac{1}{20} \right) = 0 \Rightarrow r = \frac{1}{1000} \text{ m} = 1 \text{ cm}$$



دو سیم مستقیم و بلند مطابق شکل زیر در یک صفحه و به موازات هم قرار دارند و جهت جریان الکتریکی آن‌ها یکسان است. جهت میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها را در هر یک از نقاط زیر که در صفحه‌ی سیم‌ها قرار دارند با هم مقایسه کنید.

۲۵۷- الف) A

الف) در نقطه‌ی A میدان مغناطیسی سیم ۱ برون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.

۲۵۸- ب) B

ب) در نقطه‌ی B میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

۲۵۹- ب) C

پ) در نقطه‌ی C میدان مغناطیسی سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز درون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.

* * *

نکته : در سیم‌های موازی و دارای جریان هم‌جهت، میدان‌های مغناطیسی سیم‌ها در صفحه‌ی سیم‌ها، در فضای بین سیم‌ها در خلاف جهت هم در خارج از فضای بین سیم‌ها هم‌جهت ایجاد می‌شوند.

۲۶۰- الف) A

الف) در نقطه‌ی A میدان مغناطیسی سیم ۱ برون‌سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ درون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

۲۶۱- ب) B

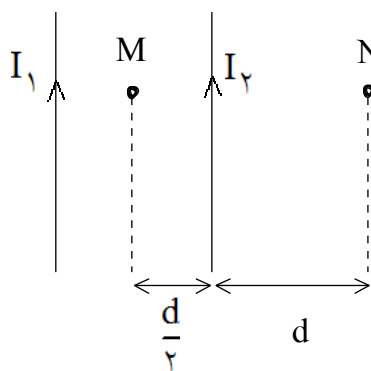
ب) در نقطه‌ی B میدان مغناطیسی سیم ۱ درون سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ نیز درون سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند.

۲۶۲- پ) C

پ) در نقطه‌ی C میدان مغناطیسی سیم ۱ درون سو و میدان مغناطیسی سیم ۲ برون سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

* * *

نکته : در سیم‌های موازی و دارای جریان مخالف، میدان‌های مغناطیسی سیم‌ها در صفحه‌ی سیم‌ها، در فضای بین سیم‌ها هم‌جهت و در خارج از فضای بین سیم‌ها در خلاف جهت هم ایجاد می‌شوند.



در شکل مقابل دو سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در فاصله‌ی d از هم قرار دارند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها را در نقاط زیر به دست آورید. ($d = 10 \text{ cm}$, $I_1 = 20 \text{ A}$, $I_2 = 30 \text{ A}$)

۲۶۳- الف) A

الف) نقطه‌ی M:

$$\begin{cases} B_{M1} = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{\mu \cdot I_1}{\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{\pi \times 0.1} = 8 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_{M2} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{\mu \cdot I_2}{\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{\pi \times 0.1} = 12 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_1| = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

توجه : در نقطه‌ی M میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱ درون سو و میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۲ برون سو است. بنابراین با توجه به این که $B_{M2} > B_{M1}$ است، میدان مغناطیسی کل در نقطه‌ی M برون سو است.

۲۶۴- ب) N

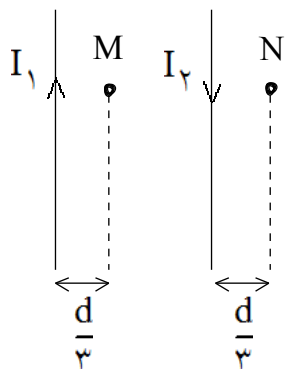
ب) نقطه‌ی N :

$$\begin{cases} B_{N_1} = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi(2d)} = \frac{\mu \cdot I_1}{4\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{4\pi \times 0.1} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_{N_2} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi(d)} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.1} = 6 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_T = B_2 + B_1 = 8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

توجه : در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱ و سیم ۲ درون‌سو هستند. بنابراین میدان مغناطیسی کل در نقطه‌ی N درون‌سو است.


 در شکل مقابل دو سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در فاصله‌ی d از هم قرار دارند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها را در نقاط زیر به دست آورید. ($d = 10 \text{ cm}$, $I_1 = 20 \text{ A}$, $I_2 = 30 \text{ A}$)

۲۶۵- الف) M

الف) نقطه‌ی M :

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi\left(\frac{d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_1}{2\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.1} = 12 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi\left(\frac{2d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_2}{4\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 30}{4\pi \times 0.1} = 9 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_T = B_2 + B_1 = 21 \times 10^{-5} \text{ T}$$

توجه : در نقطه‌ی M میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱ و سیم ۲ درون‌سو هستند. بنابراین میدان مغناطیسی کل در نقطه‌ی M درون‌سو است.

۲۶۶- ب) N

ب) نقطه‌ی N :

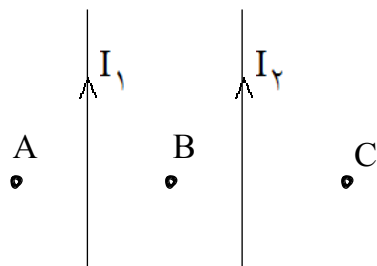
$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \left(\frac{4d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_1}{8\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20}{8\pi \times 0.1} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \\ B_2 = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \left(\frac{d}{3}\right)} = \frac{3\mu \cdot I_2}{2\pi d} = \frac{3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.1} = 18 \times 10^{-5} \text{ T} \end{cases}$$

میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_1| = 15 \times 10^{-5} \text{ T}$$

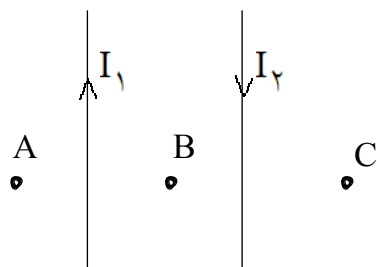
توجه : در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱ درون‌سو و میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۲ برون‌سو است. بنابراین با توجه به این که $B_{N2} > B_{N1}$ است، میدان مغناطیسی کل در نقطه‌ی N برون‌سو است.

۲۶۷- در شکل زیر در کدام یک از نقاط A ، B و C میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم ، بلند و موازی که حامل جریان‌های هم‌جهت هستند نمی‌تواند صفر باشد؟



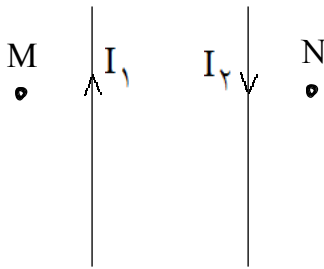
در نقاط A و C میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

۲۶۸- در شکل زیر در کدام یک از نقاط A ، B و C میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم ، بلند و موازی که حامل جریان‌های غیرهم‌جهت هستند نمی‌تواند صفر باشد؟

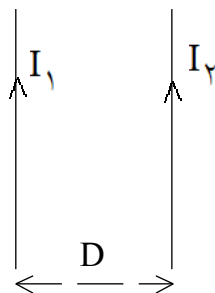


در نقطه‌ی B میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت‌اند و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

۲۶۹- در شکل زیر در کدام یک از نقاط M یا N میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های مستقیم، بلند و موازی که حامل جریان‌های غیرهم‌جهت هستند نمی‌تواند صفر باشد؟ ($I_1 < I_2$)

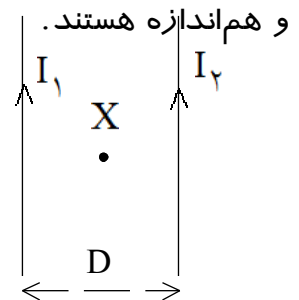


نقطه‌ی N به سیم ۲ نزدیک‌تر است و از طرفی جریان الکتریکی سیم ۲ از جریان الکتریکی سیم ۱ بیش‌تر است. بنابراین در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از جریان I_2 حتماً از میدان مغناطیسی ناشی از جریان I_1 بزرگ‌تر است. پس برآیند میدان مغناطیسی سیم‌ها در نقطه‌ی N نمی‌تواند صفر باشد.



۲۷۰- دو سیم مستقیم و بلند موازی دارای جریان‌های هم‌جهت I_1 و I_2 هستند و در فاصله‌ی D از هم قرار دارند. میدان مغناطیسی ناشی از آن‌ها در نقطه‌ی X صفر است. فاصله‌ی X از هریک از سیم‌ها را به‌دست آورید.

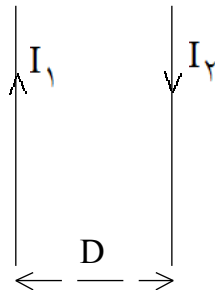
مطابق شکل زیر نقطه‌ی X در صفحه‌ی سیم‌ها و بین دو سیم قرار دارد. فاصله‌ی X از سیم‌های ۱ و ۲ را به ترتیب d_1 و d_2 فرض می‌کنیم. در نقطه‌ی X میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت هم



$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow d_2 = \frac{I_2}{I_1} d_1$$

$$d_2 + d_1 = D \Rightarrow \left(\frac{I_2}{I_1} d_1 \right) + d_1 = D$$

$$\Rightarrow d_1 \frac{I_2 + I_1}{I_1} = D \Rightarrow d_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} D \Rightarrow d_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} D$$



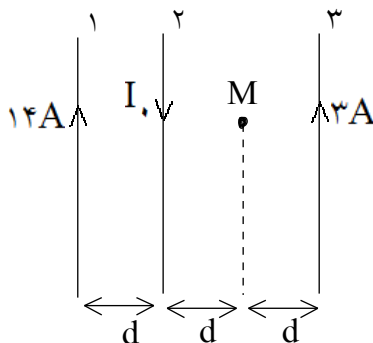
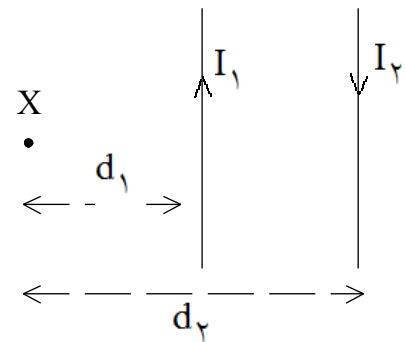
۲۷۱- دو سیم مستقیم و بلند موازی دارای جریان‌های غیر هم‌جهت I_1 و I_2 هستند و در فاصله‌ی D از هم قرار دارند. میدان مغناطیسی ناشی از آن‌ها در نقطه‌ی X صفر است. فاصله‌ی X از هریک از سیم‌ها را به‌دست آورید. ($I_1 < I_2$)

مطابق شکل زیر نقطه‌ی X در صفحه‌ی سیم‌ها و خارج از فضای بین دو سیم و سمت سیم ۱ قرار دارد. زیرا جریان سیم ۱ کوچک‌تر است. فاصله‌ی X از سیم‌های ۱ و ۲ را به ترتیب d_1 و d_2 فرض می‌کنیم. در نقطه‌ی X میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت هم و هم‌اندازه هستند.

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow d_2 = \frac{I_2}{I_1} d_1$$

$$\Rightarrow d_2 - d_1 = D \Rightarrow \left(\frac{I_2}{I_1} d_1 \right) - d_1 = D$$

$$\Rightarrow d_1 \frac{I_2 - I_1}{I_1} = D \Rightarrow d_1 = \frac{I_1}{I_2 - I_1} D \Rightarrow d_2 = \frac{I_2}{I_2 - I_1} D$$

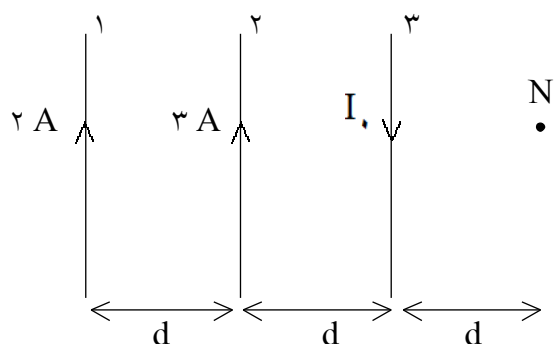


۲۷۲- در شکل زیر سه سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در یک صفحه قرار دارند. جریان I_1 چه‌قدر باشد تا برآیند میدان مغناطیسی آن‌ها در نقطه‌ی M صفر شود؟

میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های ۱، ۲ و ۳ در نقطه‌ی M به‌ترتیب، درون‌سو، برون‌سو و برون‌سو هستند. برای صفر شدن میدان مغناطیسی در نقطه‌ی M داریم.

$$B_1 = B_2 + B_3 \Rightarrow \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi(2d)} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi d} + \frac{\mu \cdot I_3}{2\pi d} \Rightarrow I_1 = 2I_2 + 2I_3$$

$$\Rightarrow 14 = 2I_1 + 6 \Rightarrow I_1 = 4A$$

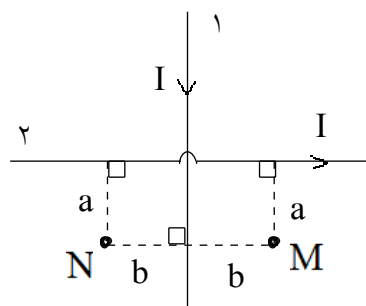


۲۷۳- در شکل زیر سه سیم مستقیم و بلند حامل جریان الکتریکی به موازات هم و در یک صفحه واقع اند. جریان I_3 را به دست آورید تا برآیند میدان مغناطیسی آن‌ها در N صفر شود.

میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌های ۱، ۲ و ۳ در نقطه‌ی N به ترتیب، درون سو، درون سو و برون سو هستند. برای صفر شدن میدان مغناطیسی در نقطه‌ی N داریم.

$$B_1 + B_2 = B_3 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(3d)} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(2d)} = \frac{\mu_0 I_3}{2\pi d} \Rightarrow 2I_1 + 3I_2 = 6I_3$$

$$\Rightarrow 4 + 9 = 6I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{13}{6}A$$



در شکل زیر دو سیم مستقیم و بلند در راستای عمود بر هم در یک صفحه واقع اند و از آن‌ها جریان الکتریکی یکسان I عبور می‌کند.

۲۷۴- الف) بزرگی برآیند میدان مغناطیسی در نقطه‌ی M را به دست آورید.

الف) در نقطه‌ی M میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند.

$$\Rightarrow B_M = \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi a} - \frac{\mu_0 I}{2\pi b} \right| = \frac{\mu_0 I}{2\pi ab} |a - b|$$

۲۷۵- ب) بزرگی برآیند میدان مغناطیسی در نقطه‌ی N را به دست آورید.

ب) در نقطه‌ی N میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها هم‌جهت هستند.

$$\Rightarrow B_N = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} + \frac{\mu_0 I}{2\pi b} = \frac{\mu_0 I}{2\pi ab} (a + b)$$

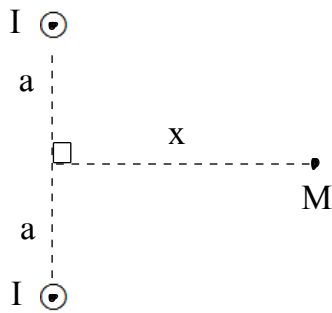
۲۷۶- پ) نسبت اندازه‌ی میدان مغناطیسی در نقطه‌ی N به اندازه‌ی میدان مغناطیسی در نقطه‌ی M چه قدر است؟

$$\frac{B_N}{B_M} = \frac{a + b}{|a - b|} \quad (\text{پ})$$

۲۷۷- دو سیم بلند و مستقیم در یک صفحه و در امتداد عمود بر هم قرار دارند و حامل جریان‌های الکتریکی ۵A و ۳A هستند. فاصله‌ی نقطه‌ی X از سیم‌ها به ترتیب برابر d_1 و d_2 است. اگر میدان مغناطیسی در نقطه‌ی X صفر باشد، نسبت d_1 به d_2 را به دست آورید.

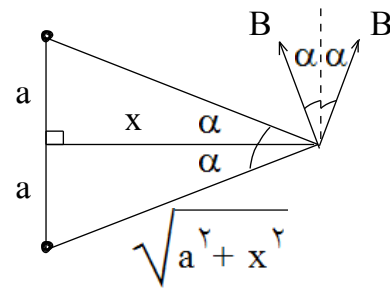
میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌ها در نقطه‌ی X هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر هستند.

$$B_T = 0 \Rightarrow B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{3}{5}$$

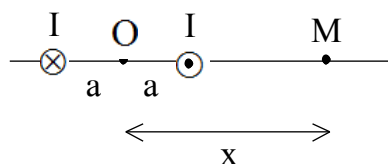


۲۷۸- در شکل روبه‌رو مقطع دو سیم موازی که حامل جریان‌های یکسان و هم‌جهت I هستند و در فاصله‌ی ۲a از هم قرار دارند نشان داده شده است. برآیند میدان مغناطیسی را در نقطه‌ی M به دست آورید.

$$\left\{ \begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}} \\ B_T &= 2B \cos \alpha \\ \cos \alpha &= \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \end{aligned} \right.$$

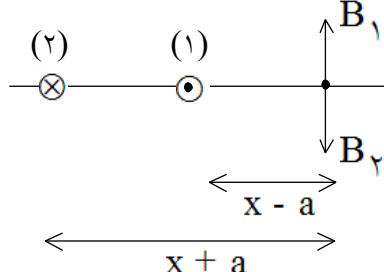


$$\Rightarrow B_T = 2 \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}} \times \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{\mu_0 I x}{\pi (a^2 + x^2)}$$



۲۷۹- در شکل روبه‌رو مقطع دو سیم موازی که حامل جریان‌های یکسان و غیرهم‌جهت I هستند و در فاصله‌ی $2a$ از هم قرار دارند نشان داده شده است. برآیند میدان مغناطیسی را در نقطه‌ی M به‌دست آورید.

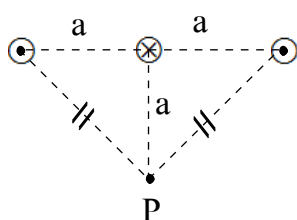
با توجه به شکل زیر داریم:



$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)} \\ B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x+a)} \end{cases}$$

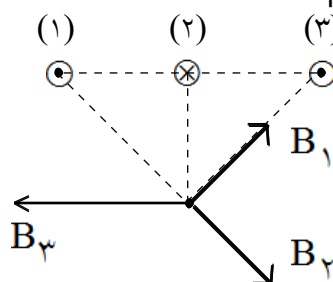
$$B_T = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(x+a)}$$

$$\Rightarrow B_T = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{2\mu_0 I a}{2\pi(x^2 - a^2)} = \frac{\mu_0 I a}{\pi(x^2 - a^2)}$$



۲۸۰- در شکل روبه‌رو مقطع سه سیم مستقیم و بلند و موازی را که شامل جریان‌های یکسان I در جهت‌های نشان داده شده هستند می‌بینید. اندازه‌ی برآیند میدان مغناطیسی آن‌ها در نقطه‌ی P چه قدر است؟

با توجه به شکل زیر داریم:



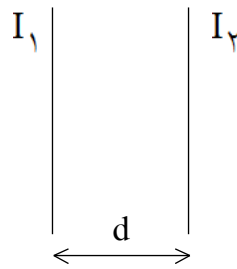
$$\begin{cases} B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(\sqrt{2}a)} = \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{2}\pi a} \\ B_3 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \end{cases}$$

B_1 و B_3 هم‌اندازه‌اند و بر هم عموداند. در نتیجه برآیند B_1 و B_3 در راستای B_2 ، در خلاف جهت آن و به‌اندازه‌ی B_{13} تشکیل می‌شود.

$$B_1 \perp B_2 \Rightarrow B_{13} = \sqrt{B_1^2 + B_3^2} = \sqrt{2} B_1 = \sqrt{2} \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{2}\pi a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = B_2$$

برآیند B_1 و B_3 قرینه‌ی B_2 می‌شود و در نتیجه برآیند میدان مغناطیسی در نقطه‌ی P صفر می‌شود.

$$\Rightarrow B_T = |B_2 - B_{13}| = 0$$



۲۸۱- دو سیم مستقیم و بلند به موازات هم و در فاصله d از هم قرار دارند و حامل جریان‌های الکتریکی I_1 و I_2 می‌باشند. نیروی وارد بر طول l از هر سیم از طرف میدان مغناطیسی سیم دیگر را به دست آورید.

میدان مغناطیسی سیم‌ها بر صفحه‌ی سیم‌ها و در نتیجه بر امتداد سیم‌ها عمود است.

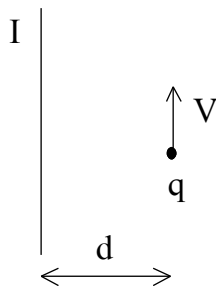
* * *

نیروی که میدان مغناطیسی سیم ۱ در محل سیم ۲ به طول l از سیم ۲ وارد می‌کند :

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{12} = l I_2 B_1 \sin 90^\circ = l I_2 B_1 \\ B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{12} = l \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

نیروی که میدان مغناطیسی سیم ۲ در محل سیم ۱ به طول l از سیم ۱ وارد می‌کند :

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{21} = l I_1 B_2 \sin 90^\circ = l I_1 B_2 \\ B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{21} = l \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$



۲۸۲- بار الکتریکی q در فاصله d از سیم مستقیم و بلندی که حامل جریان الکتریکی I است با سرعت V در امتدادی موازی با سیم حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی سیم حامل جریان به بار متحرک وارد می‌شود چه قدر است؟

$$\left\{ \begin{array}{l} F = qVB \sin 90^\circ = qVB \\ B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \end{array} \right\} \Rightarrow F = \frac{\mu_0 I V q}{2\pi d}$$

۲۸۳- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه به شعاع 3 cm که دارای 120 حلقه است و حامل جریان الکتریکی $2/5$ آمپر است چه قدر است؟

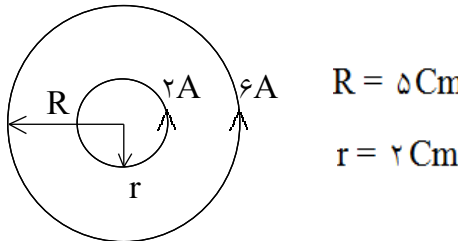
$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} = 120 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2/5}{2(3 \times 10^{-2})} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

۲۸۴- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه به شعاع $4/5 \text{ cm}$ که حامل جریان الکتریکی 9 آمپر است برابر 0.314 تسلا است. تعداد دورهای پیچه را به دست آورید.

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \Rightarrow 0.314 = N \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 9}{2(4/5 \times 10^{-2})} \Rightarrow 0.314 = 4\pi \times 10^{-5} N \Rightarrow N = 2500$$

۲۸۵- بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز یک پیچه که تعداد دورهای آن ۲۴۰۰ است و حامل جریان الکتریکی ۵ آمپر است، برابر $\pi/10$ تسلا است. شعاع پیچه چه قدر است؟

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \Rightarrow \pi/10 = 2400 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2R} \Rightarrow R = \frac{24}{1000} \text{ m} = 2/4 \text{ cm} = 24 \text{ mm}$$



۲۸۶- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل که هم‌مرکز هستند و در یک صفحه قرار دارند در شکل مقابل دیده می‌شوند. میدان مغناطیسی حلقه‌ها در مرکز آن‌ها چه قدر است؟

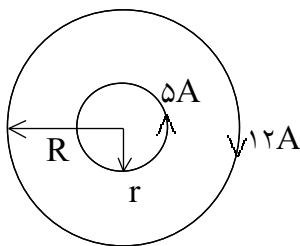
$$R = 5 \text{ Cm}$$

$$r = 2 \text{ Cm}$$

جریان حلقه‌ها هم‌جهت هستند، در نتیجه میدان مغناطیسی آن‌ها نیز در مرکز هم‌جهت هستند.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} + \frac{\mu_0 i}{2r} = \frac{\mu_0}{2} \left(\frac{I}{R} + \frac{i}{r} \right)$$

$$= 2\pi \times 10^{-7} \left(\frac{6}{5 \times 10^{-2}} + \frac{2}{2 \times 10^{-2}} \right) = 2\pi \times 10^{-7} (120 + 100) = 4/4\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$



$$R = 9 \text{ Cm}$$

$$r = 5 \text{ Cm}$$

۲۸۷- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل که هم‌مرکز هستند و در یک صفحه قرار دارند در شکل مقابل دیده می‌شوند. میدان مغناطیسی حلقه‌ها در مرکز آن‌ها چه قدر است؟

جریان حلقه‌ها هم‌جهت نیستند و در نتیجه میدان مغناطیسی آن‌ها در مرکز در خلاف جهت یکدیگرند.

$$B = \left| \frac{\mu_0 I}{2R} - \frac{\mu_0 i}{2r} \right| = \frac{\mu_0}{2} \left| \frac{I}{R} - \frac{i}{r} \right|$$

$$= 2\pi \times 10^{-7} \left| \frac{12}{9 \times 10^{-2}} - \frac{5}{5 \times 10^{-2}} \right| = 2\pi \times 10^{-7} \left| \frac{400}{3} - 100 \right| = \frac{2\pi}{3} \times 10^{-5} \text{ T}$$

۲۸۸- دو حلقه‌ی جریان دایره‌ای شکل با جریان‌های I_1 و I_2 و شعاع‌های R_1 و R_2 در یک صفحه قرار دارند و هم‌مرکز هستند. چه شرایطی برقرار باشد تا میدان مغناطیسی در مرکز پیچه‌ها صفر شود؟

جریان‌های الکتریکی حلقه‌ها باید در جهت‌های مخالف باشند و :

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2R_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2R_2} \Rightarrow \frac{I_1}{R_1} = \frac{I_2}{R_2}$$

۲۸۹- یک سیم به طول L را به صورت پیچه‌ای با شعاع r درمی‌آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می‌دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چه قدر است؟

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

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2r} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 L I}{4\pi r^2}$$

۲۹۰- یک سیم به طول L را به صورت پیچهای مسطح با تعداد دورهای N در می آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چه قدر است؟

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط پیچه}} = \frac{L}{2\pi r} \Rightarrow r = \frac{L}{2\pi N} \\ B &= \mu_0 \frac{NI}{2r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = N \frac{\mu_0 I}{2\left(\frac{L}{2\pi N}\right)} = N^2 \frac{\mu_0 I \pi}{L}$$

۲۹۱- طول یک سیم لوله 8 cm و تعداد دورهای آن 400 است و از آن جریان الکتریکی $1/5$ آمپر می گذرد. میدان مغناطیسی داخل سیم لوله چه قدر است؟

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{400}{8 \times 10^{-2}} \times 1/5 = 3\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

۲۹۲- از یک سیم لوله جریان الکتریکی $12/5$ آمپر عبور می کند. طول سیم لوله 10 سانتی متر و میدان مغناطیسی درون آن $\frac{\pi}{4}$ تسلا است. تعداد دورهای سیم لوله را به دست آورید.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} \Rightarrow \frac{\pi}{4} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N}{(0/1)} \times 12/5 \Rightarrow N = 5000$$

۲۹۳- از یک سیم لوله جریان الکتریکی $0/25$ آمپر عبور می کند و تعداد دورهای آن 8000 است. اگر میدان مغناطیسی درون سیم لوله $0/0157 \text{ T}$ باشد، طول سیم لوله را به دست آورید.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} \Rightarrow 0/0157 = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{8000}{L} \times 0/25 \Rightarrow L = 0/16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

۲۹۴- سیمی به طول L را به صورت یک سیم لوله با قطر D و طول l در می آوریم. اگر از آن جریان الکتریکی I عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم لوله چه قدر است؟

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط پیچه}} = \frac{L}{\pi D} \\ B &= \mu_0 \frac{NI}{l} \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = \mu_0 \frac{L}{\pi D l} I$$

۲۹۵- سیمی به طول L را به صورت یک سیم لوله به طول l در می آوریم و از آن جریان الکتریکی I عبور می دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم لوله B می شود. قطر سیم لوله را به دست آورید.

$$\left. \begin{aligned} B &= \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow N = \frac{Bl}{\mu_0 I} \\ N &= \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط پیچه}} = \frac{L}{\pi D} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Bl}{\mu_0 I} = \frac{L}{\pi D} \Rightarrow D = \frac{\mu_0 LI}{\pi Bl}$$

۲۹۶- سیم روکش داری به طول یک متر و قطر $1/6$ میلی متر را به صورت سیم لوله ای به شعاع ۲ سانتی متر درمی آوریم، به طوری که هیچ فاصله ای خالی بین حلقه های سیم لوله باقی نماند. اگر از سیم لوله جریان الکتریکی 0.4 آمپر عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیم لوله را به دست آورید.

راه اول.

$$\begin{cases} N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط پیچ}} = \frac{L}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi (2 \times 10^{-2})} = \frac{25}{\pi} \\ 1 = \text{طول سیم لوله} = \text{تعداد دور} \times \text{قطر سیم} = Nd = \frac{25}{\pi} \times 1/6 \times 10^{-3} = \frac{1}{25\pi} \end{cases}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = 4\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{25}{\pi} \right) \times 0.4 = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

راه دوم.

در حالت کلی داریم :

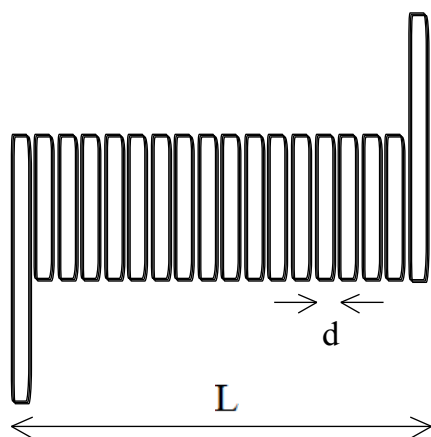
$$Nd = \text{قطر سیم} \times \text{تعداد دور} = 1 = \text{طول سیم لوله}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = \mu_0 \frac{N}{Nd} I = \frac{\mu_0 I}{d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.4}{1/6 \times 10^{-3}} = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

جواب به طول سیم و شعاع سیم لوله بستگی ندارد.

۲۹۷- سیم روکش داری به طول L و قطر d را به صورت سیم لوله ای به شعاع R درمی آوریم، به طوری که هیچ فاصله ای خالی بین حلقه های سیم لوله باقی نماند. از سیم لوله چه جریانی عبور کند تا بزرگی میدان مغناطیسی درون آن B شود؟

به شکل روبه رو توجه کنید:



$$1 = Nd \Rightarrow \frac{N}{L} = \frac{1}{d}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \Rightarrow B = \mu_0 \left(\frac{1}{d} \right) I \Rightarrow I = \frac{Bd}{\mu_0}$$

۲۹۸- □ دوقطبی های مغناطیسی در یک ماده ی دارای سمت گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت های کاتوره ای قرار دارند. در نتیجه این مواد خاصیت مغناطیسی ندارند.

پارامغناطیس

۲۹۹- □ در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی های کوچک به طور خودبه خود با دوقطبی های مجاور خود هم خط می شوند و تشکیل حوزه های مغناطیسی می دهند. این گونه مواد را می نامند.

فرومغناطیس

۳۰۰- در مواد فرومغناطیس و پارامغناطیس دوقطبی‌های مغناطیسی وجود دارند. چرا در مواد پارامغناطیس خاصیت مغناطیسی دیده نمی‌شود، اما در مواد فرومغناطیس خاصیت مغناطیسی مشاهده می‌شود؟

دوقطبی‌های مغناطیسی در ماده‌ی پارامغناطیس دارای جهت‌گیری کاتوره‌ای (نامنظم و تصادفی) هستند، اما در ماده‌ی فرومغناطیس دوقطبی‌های مغناطیسی مجاور تمایل به هم‌جهت شدن دارند و تشکیل حوزه‌های مغناطیسی می‌دهند.

۳۰۱- حوزه‌های مغناطیسی را در ماده‌ی فرومغناطیس تعریف کنید.

به بخش‌های کوچکی از ماده‌ی فرومغناطیس می‌گویند که دوقطبی‌های درون هر بخش به‌طور کامل هم‌جهت هستند. ابعاد هریک از حوزه‌های مغناطیسی در ماده‌ی فرومغناطیس خیلی کمتر از میلی‌متر است.

۳۰۲- □ اگر سمت‌گیری و اندازه‌ی حوزه‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس به‌گونه‌ای باشد که در کل اثر یک‌دیگر را خنثی کنند،
ماده‌ی فرومغناطیس آهن‌ربا نیست.

۳۰۳- □ اگر در یک ماده‌ی فرومغناطیس میدان مغناطیسی خارجی باعث شود که حوزه‌های مغناطیسی هم‌سو با میدان مغناطیسی خارجی رشد کنند و حجم‌شان زیاد شود،
ماده‌ی فرومغناطیس تبدیل به آهن‌ربا می‌شود.

۳۰۴- □ در برخی از مواد فرومغناطیس، حجم حوزه‌های مغناطیسی به سهولت تغییر می‌کند. به این مواد می‌گویند.
ماده فرومغناطیس نرم

۳۰۵- □ در برخی از مواد فرومغناطیس، حجم حوزه‌های مغناطیسی به سختی تغییر می‌کند. به این مواد می‌گویند.
ماده فرومغناطیس سخت

۳۰۶- تفاوت بین ماده‌ی فرومغناطیس نرم و سخت را با ذکر چند مثال از این مواد بیان کنید.

در مواد فرومغناطیس نرم مثل آهن، کبالت و نیکل حجم حوزه‌های مغناطیسی تحت اثر یک میدان مغناطیسی معمولی به سهولت تغییر می‌کند و به راحتی این مواد تبدیل به آهن‌ربا می‌شوند و پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی به سرعت خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهند.
اما در مواد فرومغناطیس سخت مثل فولاد حجم حوزه‌های مغناطیسی تحت اثر میدان مغناطیسی خارجی به سختی تغییر می‌کنند و فقط در میدان‌های مغناطیسی قوی تبدیل به آهن‌ربا می‌شوند و پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی قوی خاصیت آهن‌ربایی ایجاد شده در آن‌ها باقی می‌ماند.

۳۰۷- یک مثال برای کاربرد مواد فرومغناطیس نرم و سخت بیان کنید.

مواد فرومغناطیس نرم در ساخت هسته‌ی سیم‌پیچ‌ها و مواد فرومغناطیس سخت در ساخت آهن‌ربای دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.