گزینه دو
مؤسسه آموزشی فرهنگی

جزوهٔ کمک آموزشی

فیزیک ۲ (رشتهٔ علوم ریاضی)

فصل ۳

مغناطیس

تهیه و تنظیم:
مجید ساکی

@gozine2 gozine2.ir www.gozine2.ir ۲۰۰۰۰۳۱۶

فصل ۳: مغناطیس

آهن‌ربا

ماده کانی مگنتیت (Fe_3O_4) که می‌تواند قطعات آهن را جذب کند آهن‌ربا می‌نامیم. اگر مقداری براده آهن را روی یک آهن‌ربا (آهن‌ربا هر شکل ظاهری می‌تواند داشته باشد) بریزیم، در دو ناحیه از آهن‌ربا براده‌های بیشتری جذب آهن‌ربا می‌شود، که این دو ناحیه را «قطب‌های آهن‌ربا» می‌نامند.

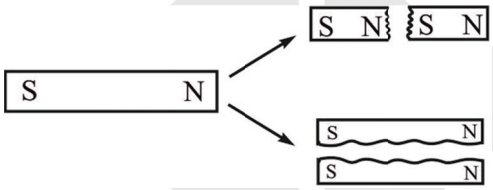
هرگاه یک آهن‌ربا را از یک ریسمان آویزان کنیم به‌طوری که بتواند آزادانه حرکت کند، یک سر آن به سمت شمال که آن را قطب N و سر دیگر آن به سمت جنوب که آن را قطب S می‌نامیم، قرار می‌گیرد. تمام آهن‌رباها به هر شکل و اندازه‌ای که باشند، دارای این دو قطب می‌باشند.

نکته: اگر آهن‌ربایی را نصف کنیم، هر کدام از قسمت‌های حاصل خود نیز یک آهن‌ربا خواهند بود، به‌طوری که یکدیگر را جذب می‌کنند. اگر این کار را آنقدر انجام دهیم تا به یک اتم برسیم باز هم آن اتم دارای دو قطب خواهد بود. به عبارتی می‌توان گفت که: «تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد.»

محور مغناطیسی آهن‌ربا:

خطی فرضی درون آهن‌ربا که قطب S را به قطب N متصل می‌کند.

نکته: هنگامی‌که یک آهن‌ربا عمود بر محور مغناطیسی شکسته شود، دو قسمت شکسته شده یکدیگر را جذب می‌کنند و اگر آهن‌ربا در راستای محور شکسته شود، همدیگر را دفع می‌کنند.



نکته: دو قطب هم‌نام یکدیگر را دفع و دو قطب ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

القای مغناطیسی:

اگر فلزی به یک آهن‌ربا تماس پیدا کند خاصیت مغناطیسی در آن نیز پدید می‌آید و خود آن نیز می‌تواند فلزهای دیگر را جذب کند. این پدیده را القای مغناطیسی می‌نامند. القای مغناطیسی همواره به گونه‌ای است که جسم القا شده جذب آهن‌ربا می‌شود. القای مغناطیسی تنها در آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهای این فلزات رخ می‌دهد.

میدان مغناطیسی:

هر آهن‌ربا در فضای اطراف خود خاصیتی به‌وجود می‌آورد که به‌علت وجود این خاصیت بر مواد مغناطیسی و آهن‌رباهای دیگر که اطراف آن قرار دارند، نیروی مغناطیسی وارد می‌کند، این خاصیت را «میدان مغناطیسی» می‌نامیم. میدان مغناطیسی یک کمّیت برداری می‌باشد و دارای اندازه (بزرگی) و جهت است و آن را با $\vec{B}$ نشان می‌دهیم. جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه توسط عقربهٔ مغناطیسی که خود یک آهن‌ربای کوچک است، تعیین می‌شود. قطب N عقربه مغناطیسی در هر نقطه جهت میدان مغناطیسی در آن نقطه را نشان می‌دهد.

ویژگی‌های خطوط میدان مغناطیسی:

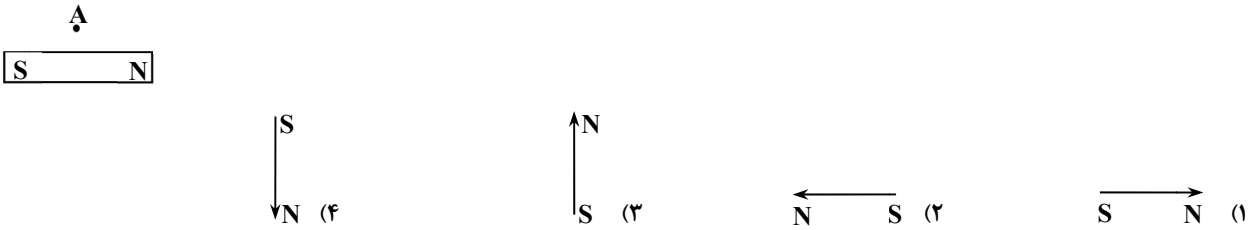
۱- خطوط بسته‌ای هستند که درون آهن‌ربا نیز ادامه دارند. جهت آن‌ها در بیرون از آهن‌ربا از N به S و در درون آهن‌ربا از S به N است.

۲- میدان در هر نقطه برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن هم جهت است.

۳- خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند، یعنی در هر نقطه از فضا فقط یک میدان مغناطیسی وجود دارد.

۴- تراکم خطوط میدان در یک منطقه به معنای قوی بودن میدان مغناطیسی در آن منطقه است. بنابراین خطوط میدان در نزدیکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.

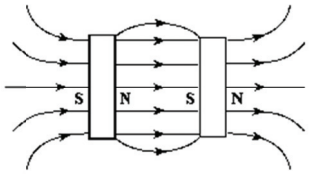
تست ۱: نقطهٔ A روی عمودمنصف دوسر یک آهن‌ربای تیغه‌ای قرار دارد. اگر در این نقطه عقربه مغناطیسی قرار دهیم، چگونه می‌ایستد؟



پاسخ: گزینهٔ ۲

میدان مغناطیسی یکنواخت:

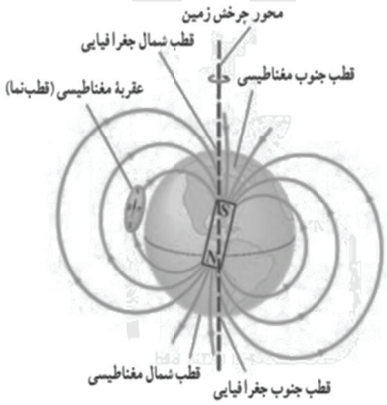
اگر در یک ناحیه از فضا خطوط میدان مغناطیسی هم‌جهت، موازی و هم‌فاصله باشند، میدان مغناطیسی در آن ناحیه را میدان مغناطیسی یکنواخت می‌نامیم.



میدان مغناطیسی یکنواخت

میدان مغناطیسی زمین:

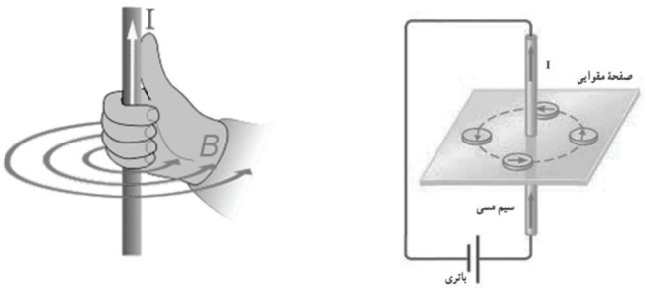
قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. قطب جنوب مغناطیسی در نزدیکی قطب شمال جغرافیایی و قطب شمال مغناطیسی در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است. اگر آهن‌ربایی را از نخی آویزان کنیم با سطح افقی زاویه‌ای می‌سازد که آن را شیب مغناطیسی می‌نامیم. هرچه از خط استوا به‌سمت قطب‌ها حرکت کنیم شیب مغناطیسی افزایش می‌یابد.



میدان مغناطیسی زمین

میدان مغناطیسی سیم حامل جریان:

تعیین جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان: اگر سیم را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت جهت خطوط مغناطیسی را نشان می‌دهد.



تسلا واحد میدان مغناطیسی است، واحد دیگری به نام «گاوس (G)» نیز برای میدان مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

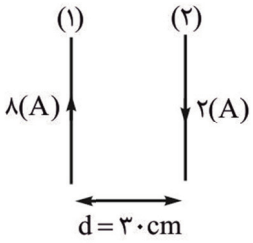
$1T = 10^{4} G \ , \ 1G = 10^{-4} T$

گزینه دو
مؤسسه آموزشی فرهنگی

نکته: اگر جهت کمیتی عمود بر صفحه کاغذ و به‌سمت داخل صفحه کاغذ باشد، جهت آن را درونسو می‌نامند و آن را با علامت ⊗ نشان می‌دهند.
اگر جهت کمیت عمود بر صفحه و به‌سمت بیرون صفحه باشد، جهت آن را برونسو می‌نامند و آن را با علامت ⊙ نشان می‌دهند.

نکته: اگر دو سیم بلند موازی حامل جریان کنار یکدیگر باشند، بر روی خطی که موازی این دو سیم است میدان برابر صفر می‌شود. اگر جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد، آن خط بین دو سیم و اگر جریان دو سیم مخالف جهت هم باشند، آن خط خارج فاصله دو سیم و در هر دو حالت به سیم با جریان کمتر نزدیک می‌باشد.

تست ۲: با توجه به شکل روبه‌رو میدان در چه فاصله‌ای از سیم (۱) می‌تواند برابر صفرباشد؟



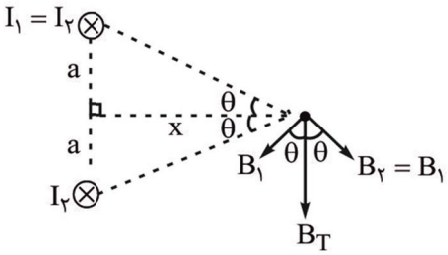
۱) ۱۰cm
۲) ۶cm
۳) ۳۰cm
۴) ۴۰cm

پاسخ: گزینهٔ ۴
چون جریان‌ها ناهم‌سو هستند میدان در نقطه‌ای خارج از فاصلهٔ دو سیم و نزدیک به سیم (۲) (چون جریان آن کمتر است) برابر صفر است. بنابراین تنها گزینهٔ ۴ قابل‌قبول است.

میدان روی عمودمنصف دو سیم موازی حامل جریان

الف) جریان‌های ناهمسو:

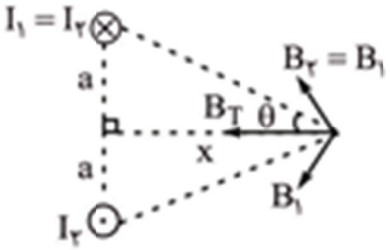
اگر اندازه میدان هر سیم در نقطه‌ای روی عمودمنصف برابر $\mathbf{B}$ باشد داریم:



$$B_T = 2B\cos\theta$$

ب) جریان‌های هم‌سو:

اگر اندازه میدان هر سیم در نقطه‌ای روی عمودمنصف برابر $\mathbf{B}$ باشد داریم:



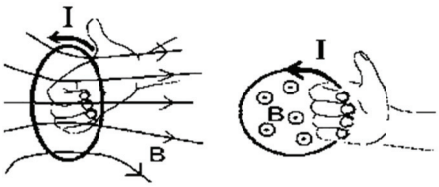
$$B_T = 2B\cos\theta$$

میدان مغناطیسی پیچه

اگر یک سیم بلند را به صورت حلقه‌هایی روی یکدیگر بپیچیم (مانند حلقه نوار کاست) یک پیچه مسطح تشکیل می‌شود. اگر از پیچه جریانی را عبور دهیم اطراف پیچه میدان مغناطیسی تولید می‌شود.

تعیین جهت میدان مغناطیسی در پیچه:

اگر پیچه را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت جهت خطوط مغناطیسی را در داخل پیچه و خارج آن نشان می‌دهد.



اندازه میدان مغناطیسی پیچه:

خطوط میدان مغناطیسی درون یک پیچه تقریباً موازی و هم‌فاصله هستند و می‌توان آن را یک میدان یکنواخت در نظر گرفت. اندازه میدان درون یک پیچه با N دور که جریان I که شعاع آن R است از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_\circ N I}{2R}$$

مثال: جهت میدان را مرکز حلقه‌های زیر تعیین کنید.

پاسخ:

تست ۳: از پیچه مسطحی به شعاع ۱۰ سانتی‌متر که از ۲۵۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان $8(A)$ می‌گذرد. میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند گاوس است؟ $(\mu_\circ = 12\times10^{-7}\ \frac{T.m}{A})$ (ریاضی ۹۱)

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۲ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

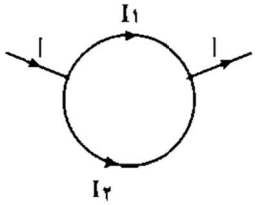
پاسخ: گزینهٔ ۴

$$B = \frac{\mu_\circ NI}{2r} = \frac{12\times10^{-7}\times250\times8}{2\times0/1} = 12\times10^{-3}\,T = 120\,G$$

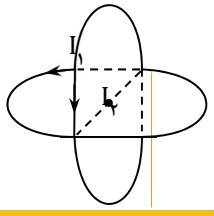
نکته: اگر سیم راست بلندی به طول L را به صورت پیچه‌ای به شعاع R دربیاوریم، تعداد دور حاصل $N = \frac{L}{2\pi R}$ است.

نکته: ممکن است تعداد دور یک پیچه عددی کسری باشد.

نکته: در یک حلقه ی یکنواخت که دارای مقاومت الکتریکی است،جریان از دو نقطه ی دلخـواه A و B وارد و خارج شود، میدان مغناطیسی در مرکز حلقه صفر است.



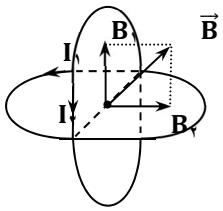
تست ۴: مطابق شکل دوحلقهٔ هم‌اندازه و هم‌مرکز طوری قرار دارند که بر هم عمودند و از هر کدام جریانی به‌شدت $2A$ می‌گذرد. اندازه میدان مغناطیسی برایند در مرکز حلقه‌ها چند گاوس است؟ (شعاع حلقه‌ها $10\,cm$ و $\pi \simeq 3$ است.)



۱) ۰/۱۲ ۲) $0/12\sqrt{2}$

۳) ۰/۲۴ ۴) $0/24\sqrt{2}$

پاسخ: گزینهٔ ۲

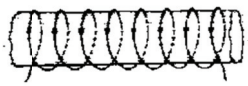


$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_\circ NI}{2R} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1\times2}{2\times0/1} = 12\times10^{-6}\,T = 0/12\,G$$

$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 0/12\sqrt{2}\,G$$

میدان مغناطیسی سیملوله

اگر تعدادی سیم را در کنار هم به صورت شکل زیر بپیچیم، یک سیم‌لوله ساخته‌ایم. در واقع سیملوله چند دور سیم است که به صورت یک فنر پیچیده شده است. اگر از یک سیملوله جریان عبور دهیم، در درون و بیرون سیم‌لوله میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید. اگر طول سیملوله در مقایسه با شعاع سیم‌ها زیاد باشد، میدان مغناطیسی درون سیملوله را می‌توان با تقریب بسیار خوبی یک میدان یکنواخت در نظر گرفت.

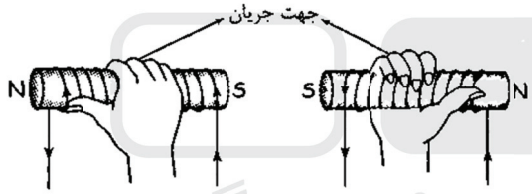


شکلی از یک سیملوله

نکته: چون خطوط میدان مغناطیسی بسته هستند، جهت میدان در بیرون یک سیم‌لوله خلاف جهت میدان در داخل آن است.

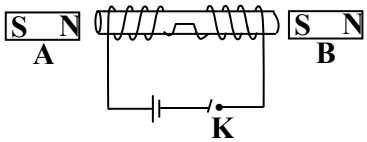
تعیین جهت میدان مغناطیسی در مرکز سیملوله:

چهار انگشت دست راست را روی سیم‌های سیم‌لوله در جهت جریان قرار می‌دهیم، در این‌صورت انگشت شست جهت خطوط میدان را درون سیم‌لوله نشان می‌دهد.



نکته: سیم‌لوله را می‌توان یک آهن‌ربا در نظر گرفت و همانند شکل بالا برای آن قطب در نظر گرفت.

تست ۵: در شکل زیر بعد از وصل کردن کلید k، چه نیرویی از طرف سیم‌لوله به‌ترتیب از راست به چپ بر آهن‌رباهای A و B وارد می‌شود؟



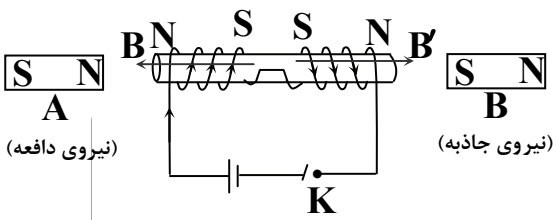
۱) جاذبه- جاذبه

۲) جاذبه- دافعه

۳) دافعه- جاذبه

۴) دافعه- دافعه

پاسخ: گزینهٔ ۳



اندازه میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله:

$$B=\frac{\mu_{\circ} NI}{\ell}$$

تست۶: تعداد حلقه‌های پیچهٔ مسطحی با تعداد حلقه‌های یک سیم‌لوله برابر است و از آن‌ها جریان الکتریکی یکسان می‌گذرد. اگر میدان مغناطیسی یکنواخت ایجادشده در داخل سیم‌لوله برابر با میدان مغناطیسی در مرکز پیچه باشد، طول سیم‌لوله چند برابر قطر پیچه است؟ (ریاضی ۹۴)

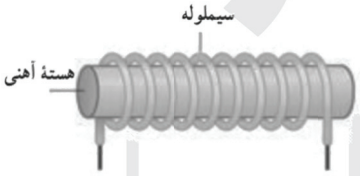
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

پاسخ: گزینهٔ ۱

$$B_{\text{سیم‌لوله}}=B_{\text{پیچه}} \Rightarrow \frac{\cancel{\mu_{\circ}}\cancel{N}I}{\ell}=\frac{\cancel{\mu_{\circ}}\cancel{N}I}{۲r} \Rightarrow \ell=۲r \Rightarrow \frac{\ell}{۲r}=۱$$

آهن‌ربای الکتریکی:

اگر یک میلهٔ آهنی در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد در آن خاصیت مغناطیسی القا می‌گردد. حال اگر این میله‌آهنی را در یک سیم‌لوله ی حامل جریان قرار دهیم آن را هستهٔ سیم‌لوله می‌نامند. موادی مانند آهن نسبت به هوا میدان مغناطیسی را راحت‌تر از خود عبور می‌دهند. بنابراین با قرار دادن یک هستهٔ فلزی میدان درون سیم‌لوله قوی‌تر می‌شود. اگر یک هستهٔ فلزی را به جای هوا درون سیم‌لوله قرار دهیم میدان k برابر می‌شود که k را ضریب هسته می‌نامیم. بنابراین با قرار دادن یک فلز با ضریب k میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله $B=\frac{k\mu_{\circ} NI}{\ell}$ خواهد شد. سیم‌لوله دارای هسته فلزی را آهن‌ربای الکتریکی می‌نامند. به‌محض برقراری جریان، هستهٔ آهن‌ربایی بر اثر القا توسط سیم‌لوله آهن‌ربا می‌شود.



آهن‌ربای الکتریکی

نکته: اگر قطر سیم‌های سیم‌لوله D و سیم‌ها کنار هم بدون فاصله باشند، میدان درون سیم‌لوله برابر است با:

$$B=\frac{\mu_{\circ} NI}{\ell} \xrightarrow{\ell=N\times D} B=\Rightarrow B=\frac{\mu_{\circ} I}{D}$$

تست ۷: سیم‌لوله‌ای دارای N حلقه در یک ردیف و هر حلقه از سیمی به قطر یک میلی‌متر ساخته شده که به‌طور فشرده کنار هم قرار گرفته‌اند و شدت جریان الکتریکی که از سیم‌لوله می‌گذرد ۱۰A است. بزرگی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله چند گاوس است؟

$$(\mu_{\circ}=۴\pi\times ۱۰^{-۷}\frac{T.m}{A}, \pi\simeq ۳)$$

۱) ۲۴۰ ۲) ۲/۴ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ ۳

$$\ell=N\times D$$

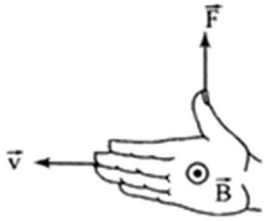
$$B=\frac{\mu_{\circ} NI}{\ell}=\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}\times N\times ۱۰}{N\times D}=۱/۲\times ۱۰^{-۲}\,T=۱۲۰G$$

نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

اگر یک ذره باردار در میدان مغناطیسی حرکت کند، به آن نیرویی از طرف میدان وارد می‌شود که آن را نیروی مغناطیسی می‌نامیم.

تعیین جهت نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی:

برای تعیین جهت نیروی وارد بر یک ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی از قاعدهٔ دست راست استفاده می‌کنیم. طبق قاعده دست راست اگر چهار انگشت دست را در جهت حرکت ذره طوری قرار دهیم که کف دست جهت میدان را نشان دهد، در این صورت انگشت شست جهت نیروی وارد بر ذره را نشان می‌دهد. برای بار مثبت از دست راست و برای بار منفی از دست چپ استفاده می‌کنیم.



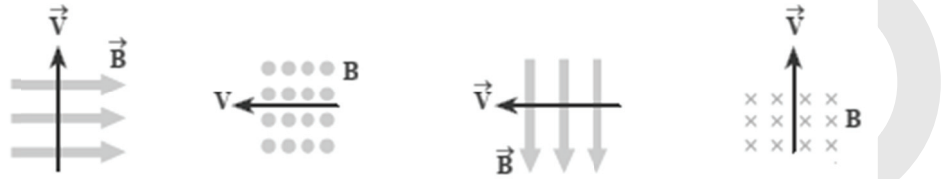
قاعدهٔ دست راست برای تعیین جهت نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

نکته: طبق قاعدهٔ دست راست، بردار نیرو بر میدان مغناطیسی و سرعت عمود است.

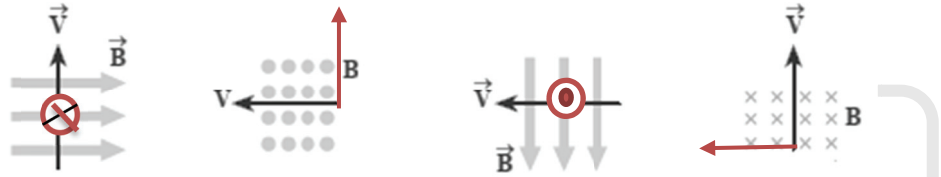
نکته: برای نشان دادن جهت‌های جغرافیایی در صفحه کاغذ از قراردادهای زیر استفاده می‌کنیم.

شمال ⊗ جنوب ⊙ شرق → غرب ←

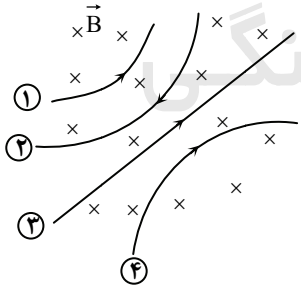
مثال: در شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر پروتون را تعیین کنید.



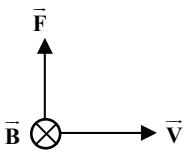
پاسخ:



مثال: چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو، مسیرهایی مطابق شکل زیر را می‌پیمایند. نوع بار هر ذره را مشخص کنید.

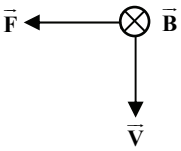


پاسخ: با توجه به مسیر حرکت ذرات و میدان الکتریکی جهت بردار سرعت و نیروی وارد بر ذره را تعیین می‌کنیم. اگر جهت‌ها با دست راست تطابق داشته باشد ذره دارای بار مثبت و در غیر این صورت اگر با دست چپ تطابق داشته باشد ذره بار منفی دارد.



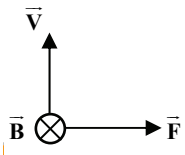
ذره ۱

تطابق با دست راست ⇐ بار مثبت



ذره ۲

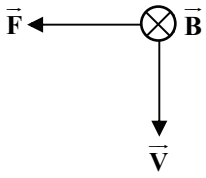
تطابق با دست چپ ⇐ بار منفی



ذره ۴

تطابق با دست چپ ⇐ بار منفی

مثال: الکترونی عمود بر خط استوا از بالا به‌سمت زمین می‌آید. نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی زمین به آن وارد می‌شود، در چه جهتی است.



پاسخ: نیرو به سمت غرب است.

اندازه نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی: اگر ذره بارداری با اندازه بار q و با اندازه سرعت v در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به اندازه B طوری حرکت کند که سرعت آن با میدان زاویهٔ θ بسازد، اندازهٔ نیروی وارد بر آن برابر است با:

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

q برحسب کولن، v برحسب متر بر ثانیه، B برحسب تسلا

تست ۸: پروتونی تحت زاویهٔ 90° نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $20\,mT$ حرکت می‌کند و نیروی مغناطیسی $1/28\times10^{-16}\,N$ به آن وارد می‌شود. انرژی جنبشی پروتون چند الکترون ولت است؟ (ریاضی ۹۵)

$(m_p = 1/7\times10^{-27}\,kg\ ,\ e = 1/6\times10^{-19}\,C)$

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۸/۵ ۴) ۱۷

پاسخ: گزینهٔ ۳

$$F = |q| vB\sin\alpha \Rightarrow 1/28\times10^{-16} = 1/6\times10^{-19}\times20\times10^{-3}\times v\times1 \Rightarrow v = 4\times10^{4}\,\frac{m}{s}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\times1/7\times10^{-27}\times(4\times10^{4}) = 13/6\times10^{-19}\,J$$

با توجه به $1eV = 1/6\times10^{-19}\,J$

$$K = \frac{13/6\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}} = 8/5\,eV$$

تست ۹: ذره‌ای به جرم ۵۰۰ میلی‌گرم با سرعت $10^{3}\,\frac{m}{s}$ به طور عمود وارد میدان مغناطیسی یکنواخت ۴ میلی تسلا می‌شود. اگر بار الکتریکی ذره $50\mu C$ باشد، شتابی که ذره تحت تأثیر میدان می‌گیرد، چند متربرمربع ثانیه است؟ (ریاضی ۹۲)

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۰۴ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۰۲

پاسخ: گزینهٔ ۱

$$F = |q| vB\sin\alpha \Rightarrow F = 50\times10^{-6}\times10^{3}\times4\times10^{-3}\times1 = 2\times10^{-4}\,N$$

$$F = ma \Rightarrow 2\times10^{-4} = 500\times10^{-6}\times a \Rightarrow a = 0/4\,\frac{m}{s^2}$$

نکته: اگر $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$ و $\vec{B} = B_x\vec{i} + B_y\vec{j}$ باشد، اندازهٔ نیروی وارد بر ذره برابر است با:

$$F = |q|(v_xB_y + v_yB_x)$$

نکته: تفاوت‌های نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذره:

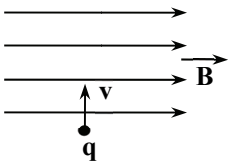
۱- نیروی الکتریکی بر ذره باردار ساکن و متحرک وارد می‌شود، ولی نیروی مغناطیسی تنها به ذره باردار متحرک وارد می‌شود.

۲- جهت نیروی الکتریکی هم‌راستا با میدان الکتریکی است، ولی نیروی مغناطیسی بر میدان مغناطیسی عمود می‌باشد.

۳- ممکن است در یک میدان مغناطیسی به یک ذره باردار نیرو وارد نشود، ولی در میدان الکتریکی در هر صورتی به ذره باردار نیرو وارد می‌شود.

گزینه دو
مؤسسه آموزشی فرهنگی

تست ۸: در شکل زیر بار الکتریکی $q=-2\mu C$ با سرعت $4\times10^{5}\,m/s$ عمود بر خطوط میدان مغناطیسی به بزرگی $8000\,G$ وارد آن می‌شود. بزرگی یک میدان الکتریکی در این محل چگونه باشد تا ذره بدون انحراف از این ناحیه عبور کند؟



۱) $32\times10^{4}\,\frac{N}{C}$ - عمود بر صفحه به‌سمت خارج

۲) $32\times10^{4}\,\frac{N}{C}$ - عمود بر صفحه به‌سمت داخل

۳) $0/64\,\frac{N}{C}$ - خلاف جهت میدان مغناطیسی

۴) $0/64\,\frac{N}{C}$ - عمود بر صفحه به‌سمت خارج

پاسخ: گزینهٔ ۱

برایند دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی باید صفر شود تا ذره بدون انحراف از مسیر خود حرکت کند.

$$F_E=F_B \Rightarrow E|q|=|q|vB\sin\theta \Rightarrow E=vB\sin\theta=4\times10^{5}\times8\times10^{-1}\times1=3/2\times10^{4}\,\frac{N}{C}$$

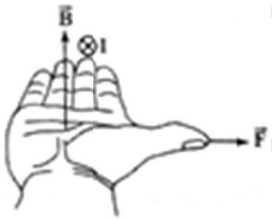
طبق قاعده دست راست نیروی مغناطیسی وارد بر ذره برون‌سو است. بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر ذره درون‌سو است. چون بار ذره منفی است جهت میدان الکتریکی خلاف جهت نیروی الکتریکی و برون‌سو است.

نیروی وارد بر سیم حامل جریان

اگر سیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی قرار بگیرد به آن نیرو وارد می‌شود.

تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی:

برای تعیین جهت نیروی وارد بر یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی از قاعدهٔ دست راست استفاده می‌کنیم. طبق قاعده دست راست اگر چهار انگشت دست را در جهت جریان طوری قرار دهیم که کف دست جهت میدان را نشان دهد، در این‌صورت انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را نشان می‌دهد.

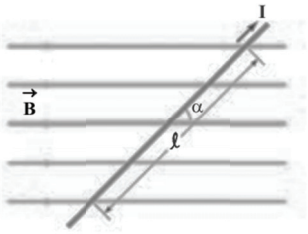


قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

نکته: طبق قاعدهٔ دست راست، بردار نیرو بر میدان مغناطیسی و سرعت عمود است.

تعیین اندازه نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی:

اگر سیمی به طول L برحسب متر درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت به‌شدت B برحسب تسلا قرار داشته باشد و از آن جریان I برحسب آمپر عبور کند، اندازهٔ نیروی وارد بر سیم F برحسب نیوتن برابر است با:



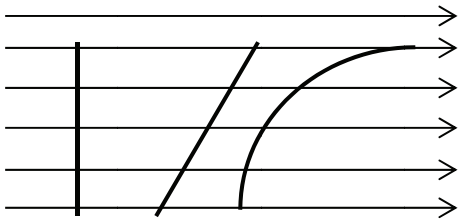
$$F=BIL\sin\alpha$$

در رابطه بالا α زاویهٔ بین جریان سیم و میدان مغناطیسی است.

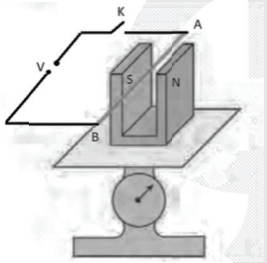
تسلا: یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی است که در آن، بر یک متر از سیمی که حامل جریان یک آمپر است و در راستای عمود بر بردار میدان قرار دارد نیرویی برابر یک نیوتن وارد کند. می‌توان نوشت:

$$1T = \frac{1N}{1A.1m}$$

نکته: در رابطه نیروی وارد بر سیم حامل جریان $d\sin\alpha$ در حقیقت تصویر سیم بر راستای عمود بر خطوط میدان است. در شکل زیر اگر جریان مساوی از هریک از سیم‌ها عبور کند نیروی وارد بر آن‌ها با هم برابر است.



مثال: در شکل روبرو سیم افقی AB در میدان مغناطیسی یکنواخت بین دو قطب معلق است و قبل از بستن کلید ترازو عدد۱۰ نیوتن را نشان می‌دهد وقتی کلید K بسته می‌شود از سیم جریان ۲۰ آمپر می گذرد و ترازو عدد۸ نیوتن را نشان می‌دهد. اگر طول سیم AB برابر ۱۰ سانتی‌متر باشد:



الف) اندازه میدان مغناطیسی چقدر است.

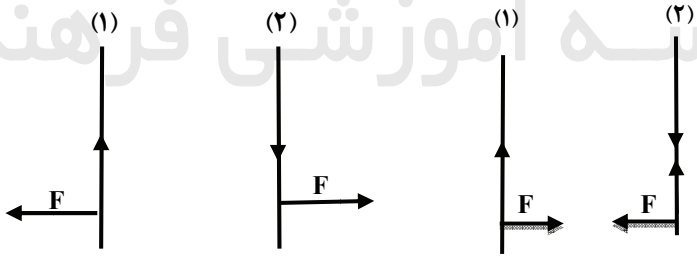
$$F_B = |N_2 - N_1| = |8 - 10| = 2N$$
$$F_B = BIL\sin\alpha \Rightarrow 2 = B \times 20 \times 0/1 \times 1 \Rightarrow B = 1T$$

ب) جهت جریان را مشخص کنید.

چون ترازو عدد کمتری را نسبت به قبل نشان داده است، نیروی وارد بر آهن‌ربا به سمت بالا بوده است. طبق قانون سوم نیوتن نیروی وارد بر سیم راست به سمت پایین است. طبق قاعده دست راست جریان عبوری از سیم از A به سمت B است.

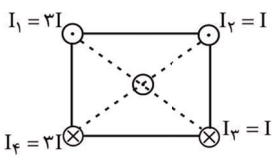
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

اگر دو سیم موازی حامل جریان در کنار یکدیگر باشند، به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.



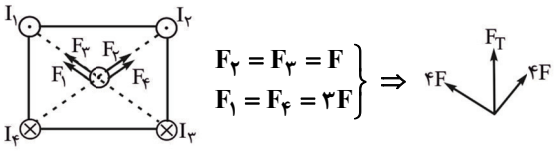
اگر جریان‌های دو سیم هم‌جهت باشد، نیروی بین آن‌ها جاذبه و اگر جریاهای دو سیم جهت‌های مختلف داشته باشد نیروی بین آن‌ها دافعه خواهد بود.

تست: شکل روبه‌رو، سیم‌های بلند و موازی را نشان می‌دهد که بر صفحه کاغذ عمودند و جریان‌ها با جهت و اندازهٔ مشخص شده از آن‌ها می‌گذرد. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیمی که از مرکز مربع می‌گذرد، کدام است؟ (ریاضی ۹۴)



۱) ←
۲) →
۳) ↓
۴) ↑

پاسخ: گزینهٔ ۴



مواد مغناطیسی

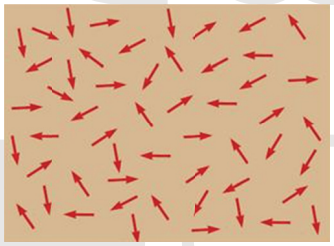
الکترون‌ها در اتم دارای دو نوع حرکت هستند یکی به دور خود و دیگری به دور هسته اتم. خاصیت مغناطیسی اتم ناشی از این دو حرکت است. خاصیت مغناطیسی ناشی از حرکت الکترون به دور هسته بسیار قوی‌تر از حرکت به دور خودش است. اگر چرخش اکثر الکترون‌ها به دور هسته در یک جهت باشد ماده خاصیت مغناطیسی خواهد داشت. موادی که اتم‌ها یا مولکول‌های سازندهٔ آن‌ها دارای خاصیت مغناطیسی باشند را مواد مغناطیسی می‌نامند.

دوقطبی مغناطیسی:کوچکترین ذرهٔ سازنده ی مواد مغناطیسی (اتم‌ها یا مولکول‌ها) هرکدام آهن‌ربای بسیار ریزی هستند که به آن‌ها دو قطبی مغناطیسی می‌گویند.

مواد مغناطیسی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

مواد پارامغناطیسی:

موادی هستند که دو قطبی آن‌ها جهت‌گیری مشخص و منظمی ندارند و اگر آن‌ها را درون یک میدان مغناطیسی قرار دهیم، در راستای میدان قرار می‌گیرند و منظم می‌شوند. هرچه میدان قوی‌تر باشد تعداد بیشتری از این دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک با میدان هم خط می‌شوند در نتیجه خاصیت مغناطیسی ماده بیشتر می‌شود. به‌محض خارج کردن مواد پارامغناطیسی از میدان دو قطبی‌های مغناطیسی دوباره و به سرعت به وضعیت کاتوره‌ای در غیاب میدان برمی‌گردند. اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.



سمت‌گیری کاتوره‌ای دوقطبی‌های مغناطیسی در یک ماده پارامغناطیس در نبود میدان

مواد فرو مغناطیسی:

در برخی از مواد مغناطیسی، دو قطبی‌های مغناطیسی کوچک خود به خود با دوقطبی‌های مجاور خود هم جهت می‌شوند. این مواد را فرومغناطیسی می‌نامند.

حوزه‌های مغناطیسی:

همه بخش‌های مغناطیسی در یک مادهٔ فرومغناطیس در یک راستا قرار ندارند بلکه این‌گونه مواد از بخش‌های بسیار کوچکی به نام حوزه‌های مغناطیسی و با ابعاد خیلی کمتر از میلی متر تشکیل شده اند.

نکته: در داخل هر حوزه دو قطبی‌های مغناطیسی هم خطاند ولی سمت‌گیری دو قطبی‌های مغناطیسی هر حوزه با حوزه‌های مجاور آن تفاوت دارد.

چگونگی پیدا کردن خاصیت مغناطیسی مواد فرومغناطیسی:

مواد فرومغناطیسی اگر در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند دوقطبی‌هایشان هم جهت با میدان قرار می‌گیرند و همچنین حوزه‌هایی که نسبت به میدان وضع مناسبی دارند (هم‌سو با میدان هستند) حجمشان زیاد می‌شود و در نتیجه حوزه‌هایی که سمت‌گیری آن‌ها نسبت به میدان مناسب نیست کوچک می‌شوند، یعنی مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود درنتیجه ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند.

مواد فرومغناطیس را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

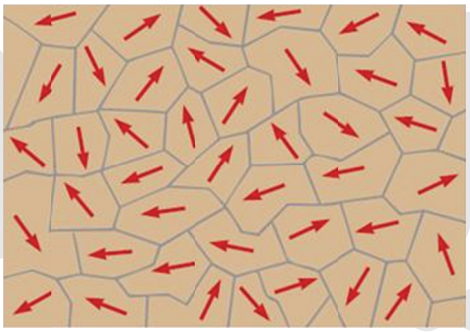
۱- **مواد فرومغناطیسی نرم:**

در برخی مواد فرومغناطیسی حجم حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند در نتیجه به‌راحتی آهن‌ربا می‌شوند و خاصیت آهن‌ربایی خود را نیز به‌راحتی از دست می‌دهند. مانند آهن، کبالت و نیکل به‌شرطی که خالص باشند. از مواد فرومغناطیس نرم در ساختن آهن‌رباهای الکتریکی (آهن‌رباهای غیردائم) استفاده می‌شود.

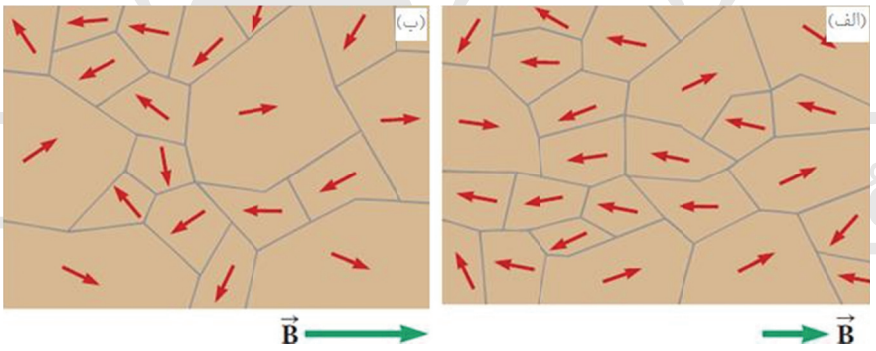
۲- مواد فرومغناطیسی سخت:

برخی مواد به‌سختی آهن‌ربا می‌شوند یعنی حجم حوزه‌های آن‌ها به‌سختی تغییر می‌کند و برای این‌کار به میدان مغناطیسی قوی‌تری نیاز دارند. این مواد پس از حذف میدان مغناطیسی به‌سختی خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهند و تا زمان قابل توجهی آهن‌ربا می‌مانند. مانند فولاد (آهن به اضافهٔ دو درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل. مواد فرومغناطیسی سخت برای ساختن آهن‌رباهای دائمی مناسب‌اند.

نکته: برای خاصیت آهن‌ربایی هرماده فرو مغناطیسی، مقدار اشباع یا بیشینه ای وجود دارد.این وضعیت هنگامی به‌وجود می‌آید که مادهٔ فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد به طوری که درصد بالایی از دوقطبی‌های مغناطیسی اتمی به موازات یکدیگر هم خط شوند. به عبارت دیگر حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی هم‌سو هستند به بیشترین مقدار خود برسد.



یک ماده فرومغناطیس در نبود میدان



ماده فرومغناطیس در حضور میدان: الف) میدان مغناطیسی ضعیف ب) میدان مغناطیسی قوی

مواد دیامغناطیس: موادی که دو قطبی مغناطیسی ندارند و خاصیت مغناطیسی پیدا نمی‌کنند.

گزینه دو
مؤسسه آموزشی فرهنگی