مثال ۳ـ۴

از پیچه‌ی مسطحی به شعاع ۶/۲۸cm که از ۱۰۰ دور سیم نازک درست شده است جریانی به شدت ۲ آمپر می‌گذرد. میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به‌دست آورید.

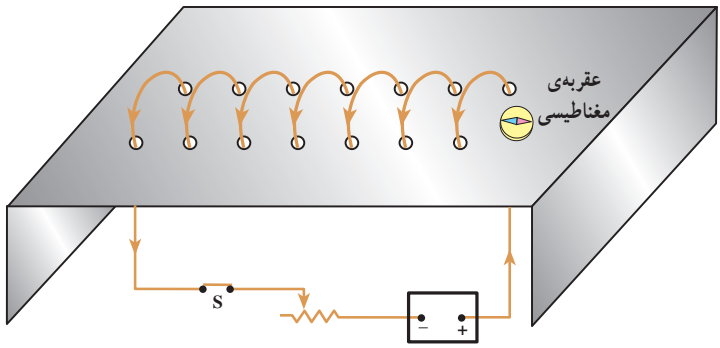
حل: داریم

$$B = \frac{\mu_{\circ} NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 2}{2 \times 6/28 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-3} T$$

میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله‌ی حامل جریان: سیملوله از چند دور سیم تشکیل شده است که شبیه به یک فنر پیچیده شده است. اگر جریان الکتریکی‌ای از سیملوله عبور کند، در فضای اطراف سیملوله خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود. با انجام فعالیت زیر به‌وجود میدان مغناطیسی در اطراف سیملوله‌ی حامل جریان پی می‌برید.

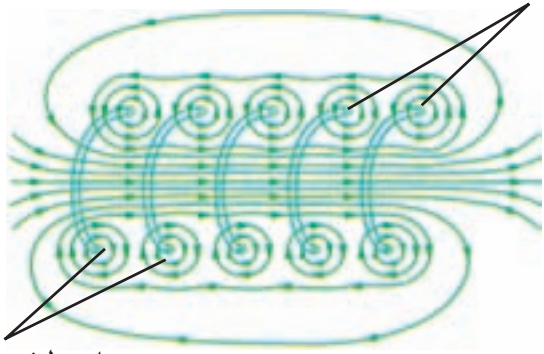
فعالیت ۳ـ۷

روی یک جعبه‌ی مقوایی یا پلاستیکی دو ردیف سوراخ با فاصله‌های مساوی ایجاد کنید. سیم را به‌صورتی که در شکل ۳ـ۲۳ نشان داده شده است از میان سوراخ‌ها عبور دهید تا یک سیملوله درست شود. جریان الکتریکی ثابتی از سیملوله عبور دهید و با استفاده از عقربه‌ی مغناطیسی یا براده‌های آهن، خط‌های میدان مغناطیسی سیملوله را مشخص کنید.



شکل ۳ـ۲۳

نقش خط‌های میدان مغناطیسی یک سیملوله‌ی حامل جریان الکتریکی در داخل و خارج آن در شکل ۳ــ۲۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل می‌بینید، خط‌های میدان داخل سیملوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشان‌دهنده‌ی قوی‌تر بودن میدان در داخل سیملوله است. علاوه بر این خط‌های میدان در داخل سیملوله، بویژه در نقطه‌های نسبتاً دور از لبه‌های سیملوله تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند و این نشانگر یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیملوله است. همان‌طورکه دیده می‌شود، جهت میدان مغناطیسی در داخل سیملوله خلاف جهت میدان مغناطیسی در خارج آن است.



شکل ۳ــ۲۴ــ میدان مغناطیسی سیملوله

جهت میدان مغناطیسی سیملوله‌ی حامل جریان را نیز می‌توان با استفاده از قاعده‌ی دست راست تعیین کرد.

اگر شعاع قاعده‌ی سیملوله در مقایسه با طول آن کوچک باشد و حلقه‌های سیملوله خیلی به هم نزدیک باشند، میدان مغناطیسی داخل سیملوله در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و بزرگی آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$B = \mu_{\circ} n I \qquad (۹ــ۳)$$

در این رابطه، I جریانی است که از سیملوله می‌گذرد و n تعداد دورهای سیملوله در واحد طول است که از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$n = \frac{N}{l} \qquad (۱۰ــ۳)$$

که N تعداد کل دورهای سیملوله و l طول سیملوله است.

مثال ۳ـ۵

از سیملوله‌ای که در هر متر طول آن ۲۰۰۰ دور سیم پیچیده شده است، جریانی به شدت ۳ آمپر عبور می‌کند. بزرگی میدان مغناطیسی را در درون سیملوله (دور از لبه‌ها) به‌دست آورید.

حل: داریم

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2000}{1} \times 3$$
$$= 7/5 \times 10^{-3} T$$

خط‌های میدان مغناطیسی، منحنی‌های بسته‌ای هستند، و نقطه‌ی آغاز یا پایانی ندارند. این موضوع برای پیچه و سیملوله در شکل‌های ۳ـ ۲۱ و ۳ـ۲۴ دیده می‌شود.

سیملوله با هسته‌ی آهنی ــ آهنربای الکتریکی: در بخش ۳ـ۱ دیدید که اگر یک میله‌ی آهنی را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، خاصیّت مغناطیسی در آن القا خواهد شد. می‌توانیم میله‌ی آهنی را درون یک سیملوله‌ی حامل جریان که میدان در آنجا از هر جای دیگر در اطراف سیملوله قوی‌تر است جای دهیم. در این‌صورت، این میله‌ی آهنی را **هسته‌ی سیملوله** می‌نامند. پیش از آنکه جریانی از سیملوله عبور کند، سیملوله و هسته‌ی آهنی خاصیت مغناطیسی ندارند. اما وقتی جریانی در سیملوله برقرار می‌کنیم، میدان مغناطیسی سیملوله، خاصیت مغناطیسی در هسته‌ی آهنی القا می‌کند و هسته‌ی آهنی آهنربا می‌شود. این آهنربا را **آهنربای الکتریکی** می‌نامند.

به این ترتیب خاصیت آهنربایی آهنربای الکتریکی را می‌توانیم قطع و وصل کنیم. هرچه تعداد دورهای سیملوله در واحد طول بیش‌تر باشد و جریانی که از آن می‌گذرد بزرگ‌تر باشد آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود.

وجود هسته‌ی آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. سیملوله‌ی بدون هسته‌ی آهنی دارای میدان مغناطیسی ضعیفی است که در عمل کاربردی ندارد.

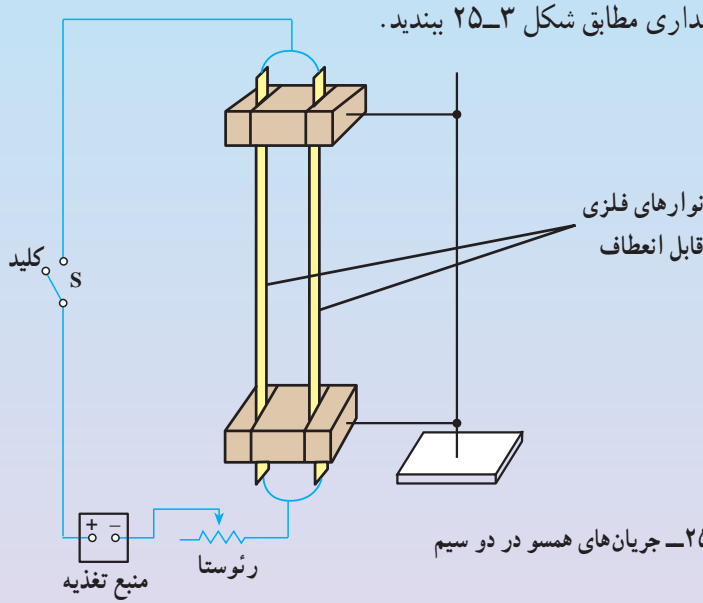
۳ــ۶ــ نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

در آزمایش اورستد، دیدیم که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. هم‌چنین در بخش ۳ـ۲ دیدیم که آهنربا بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌کند. حال فرض کنید که برای ایجاد میدان مغناطیسی به‌جای آهنربا از یک سیم حامل جریان استفاده کنیم. اگر سیم حامل جریان دیگری را در مجاورت این سیم قرار دهیم، آیا بر آن نیرویی وارد می‌شود؟ برای پاسخ دادن به این پرسش آزمایش ۳ـ۶ را انجام دهید.

آزمایش ۳ـ۶

وسیله‌های آزمایش: دو نوار فلزی نازک قابل انعطاف به پهنای تقریبی یک سانتی‌متر، دو پایه‌ی نارسانا (چوبی)، رئوستا، منبع تغذیه‌ی جریان یکنواخت، کلید قطع‌و وصل و سیم رابط.

۱ـ مداری مطابق شکل ۳ـ۲۵ ببندید.

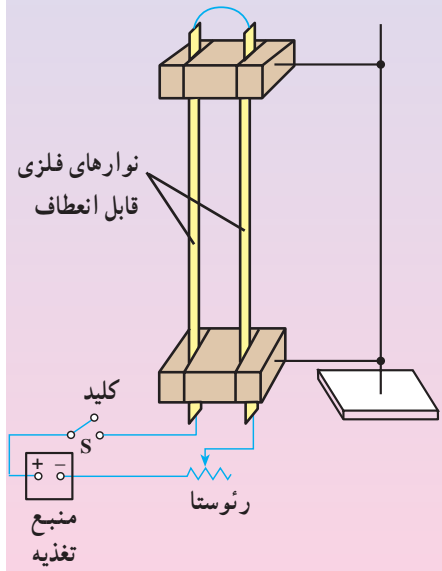


شکل ۳ـ۲۵ـ جریان‌های همسو در دو سیم موازی

۲ـ با وصل کردن کلید، جریان را در مدار برقرار کنید. توجه کنید که جریان در دو سیم موازی و همسو است. مشاهده‌ی خود را گزارش دهید.

۳ـ مداری مطابق شکل ۳ـ۲۶ ببندید.

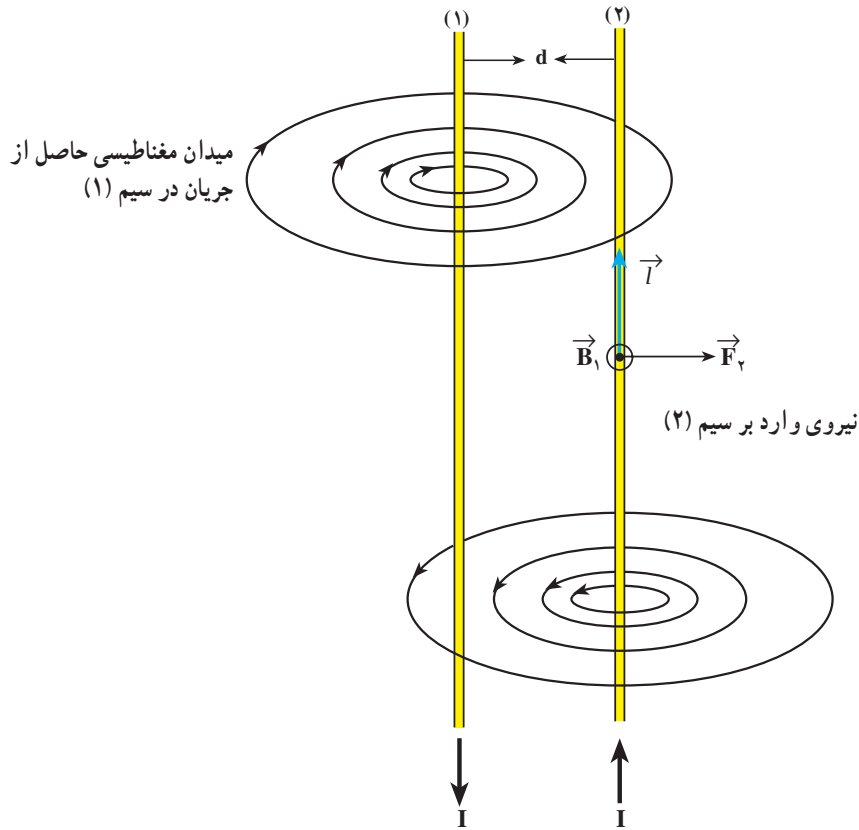
۴ـ با وصل کردن کلید، جریان را در مدار برقرار کنید. در این حالت جریان در دو سیم در جهت‌های مخالف است. مشاهده‌های خود را گزارش دهید.



شکل ۳ـ۲۶ـ جریان‌های در جهت‌های مخالف در دو سیم موازی

آزمایش صفحه‌ی قبل نشان می‌دهد که سیم‌های حامل جریان الکتریکی بر یک‌دیگر نیرو وارد می‌کنند. هرگاه جریانی که از دو سیم می‌گذرد همسو باشد (شکل ۳ــ۲۵)، دو سیم یک‌دیگر را می‌ربایند، و اگر جریانی که از دو سیم می‌گذرد در جهت‌های مخالف باشد (شکل ۳ــ۲۶) دو سیم یک‌دیگر را می‌رانند.

نیرویی را که بر هر سیم وارد می‌شود، می‌توان برحسب میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم دیگر توضیح داد. برای این‌کار، دو سیم مستقیم و خیلی دراز موازی را که حامل جریان I هستند و به فاصله‌ی d از یک‌دیگر قرار گرفته‌اند، مطابق شکل ۳ــ۲۷ درنظر می‌گیریم. جریان الکتریکی در سیم شماره‌ی (۱) در فضای اطراف آن، میدان مغناطیسی $(\vec{B}_1)$ را ایجاد می‌کند. جهت میدان $\vec{B}_1$ در محل سیم شماره‌ی (۲) همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است برونسو است. چون سیم شماره‌ی (۲) نیز حامل جریان الکتریکی I است، میدان $\vec{B}_1$ بر آن نیرو وارد می‌کند. این نیرو را در شکل با $\vec{F}_2$ نشان داده‌ایم، جهت $\vec{F}_2$ با استفاده از قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود.



شکل ۳ــ۲۷ــ جهت نیروها و میدان‌های مغناطیسی مربوط به دو سیم موازی حامل جریان‌های در جهت مخالف

تمرین ۳ـ۲

جهت نیروی وارد بر سیم شماره‌ی (۱) در شکل ۳ ــ ۲۷ را با استدلالی مشابه تعیین کنید.

فعالیت ۳ـ ۸

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.

تمرین ۳ـ۳

از دو سیم بلند موازی که به فاصله‌ی d از یک‌دیگر قرار دارند، جریانی به‌شدت I می‌گذرد، جهت جریان در هر دو سیم یکسان است، نیرویی را که به یک متر از هر یک از سیم‌ها وارد می‌شود به‌دست آورید.

دیدیم که دو سیم مستقیم دراز و موازی حامل جریان با توجه به جهت جریان بر هم نیروهای ربایشی یا رانشی وارد می‌کنند، این واقعیت، اساس تعریف عملیاتی* یکای شدت جریان یعنی آمپر در SI است. مطابق این تعریف :

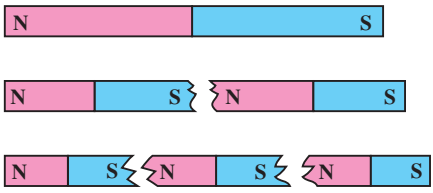
هرگاه از دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار دراز، که به فاصله‌ی یک متر از یک‌دیگر در خلأ قرار دارند، جریان‌های مساوی عبور کند ــ به‌گونه‌ای که بر یک متر از طول هر یک از سیم‌ها نیرویی برابر ۲×۱۰^{-۷} نیوتون وارد شود ــ جریانی که از هر یک از سیم‌ها می‌گذرد، برابر یک آمپر است.

۳ــ۷ــ خاصیّت مغناطیسی مواد

پیش از این دیدیم که برخی مواد خاصیّت آهنربایی دارند، و در برخی مواد دیگر در حضور میدان مغناطیسی خاصیّت آهنربایی القا می‌شود. برای نمونه هسته‌ی آهنی یک آهنربای الکتریکی را به‌یاد بیاورید. این سؤال پیش می‌آید که منشأ این رفتار مواد چیست؟ در این بخش به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

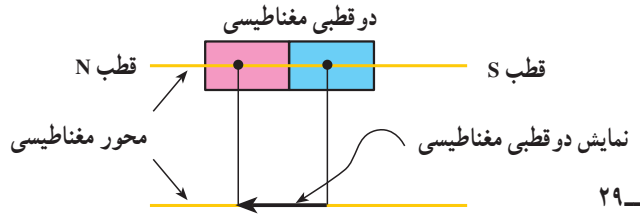
* تعریف عملیاتی یکا به معنای ارائه‌ی روش اندازه‌گیری آن یکا است.

یکی از ویژگی‌های جالب آهنرباها این است که اگر آهنربایی را به دو یا چند قطعه بشکنیم، هر قطعه نیز خود یک آهنربا با دو قطب N و S است (شکل ۳ــ۲۸). آزمایش‌ها نشان می‌دهند که هرقدر این عمل شکستن را ادامه دهیم، باز هم قطعه‌های حاصل دارای دو قطب N و S خواهند بود. می‌توان چنین نتیجه گرفت که قطب N از قطب S جداشدنی نیست و کوچکترین ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی آهنرباها (یعنی اتم‌ها یا مولکول‌ها) نیز آهنربا هستند و دو قطب N و S دارند.



شکل ۳ــ۲۸ــ هر قطعه از یک آهنربا، یک دوقطبی مغناطیسی است.

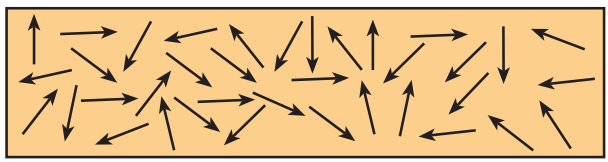
این آهنرباهای کوچک را **دوقطبی مغناطیسی** می‌نامند ؛ زیرا هر یک همواره دو قطب N و S دارند. خطی را که دو قطب یک دوقطبی مغناطیسی را به هم متصل می‌کند، **محور مغناطیسی** آن می‌نامند. یک دوقطبی مغناطیسی را با یک پیکان نمایش می‌دهند (شکل ۳ــ۲۹).



شکل ۳ــ۲۹

موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده‌ی آن‌ها خاصیت مغناطیسی دارند، **مواد مغناطیسی** می‌نامند. نحوه‌ی سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک در مواد مغناطیسی مختلف، متفاوت است. به همین دلیل مواد از لحاظ ویژگی‌های مغناطیسی نیز با هم تفاوت دارند. در ادامه، به بررسی برخی از مواد مغناطیسی می‌پردازیم.

مواد پارامغناطیس: دوقطبی‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی پارامغناطیسی دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت‌های کاتوره‌ای قرار دارند (شکل ۳ــ۳۰). درنتیجه این مواد خاصیت مغناطیسی ندارند. اگر آن‌ها را درون یک میدان مغناطیسی (مثلاً نزدیک یک آهنربا) قرار دهیم، دوقطبی‌های کوچک مانند عقربه‌های مغناطیسی در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند ؛ یعنی، در

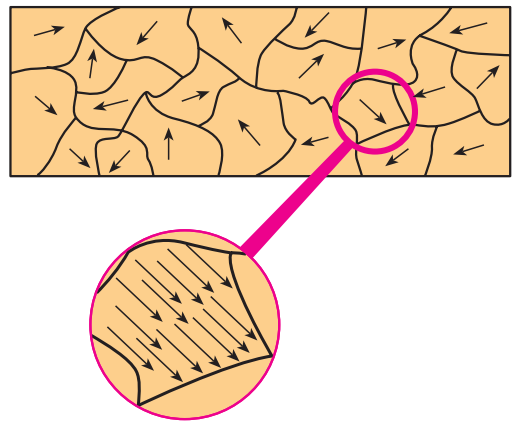

شکل ۳ــ۳۰ــ سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی در ماده‌ی پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی

راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. هرچه میدان مغناطیسی قوی‌تر باشد، تعداد بیش‌تری از این دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک با میدان هم‌خط می‌شوند. درنتیجه، خاصیت مغناطیسی ماده بیش‌تر می‌شود.

اگر آهنربا را از این مواد دور کنیم، دوقطبی‌های مغناطیسی دوباره به سرعت به وضعیت کاتوره‌ای که در غیاب میدان داشتند، برمی‌گردند.

به‌این ترتیب، مواد پارامغناطیس در میدان‌های مغناطیسی قوی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. منگنز، پلاتین، آلومینیم، فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی، اکسیژن و اکسید ازت از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

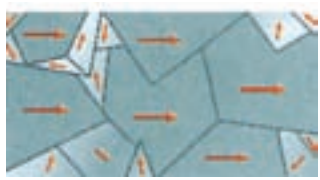
مواد فرومغناطیس: در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک به‌طور خود به خود با دوقطبی‌های مجاور خود هم‌خط می‌شوند. این‌گونه مواد را **فرومغناطیس** می‌نامند. در عمل، همه‌ی بخش‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس در یک راستا قرار ندارند بلکه این‌گونه مواد مانند شکل ۳ــ ۳۱ از بخش‌های بسیار کوچکی با ابعاد خیلی کم‌تر از میلی‌متر تشکیل شده‌اند به‌طوری که دوقطبی‌های مغناطیسی درون هر بخش به‌طور کامل، هم‌خط‌اند. ولی سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی هر بخش با بخش‌های مجاور آن تفاوت دارد. هر بخش را یک **حوزه‌ی مغناطیسی** می‌نامند.



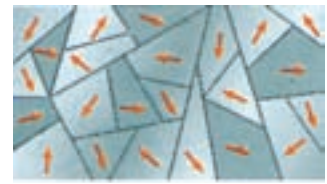
شکل ۳ــ۳۱ــ یک ماده‌ی فرومغناطیس در حالت طبیعی

ممکن است سمت‌گیری و اندازه‌ی حوزه‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس به‌گونه‌ای باشد که در کل اثر یک‌دیگر را خنثی کنند و ماده در مجموع، آهنربا نباشد (شکل ۳ــ۳۲ الف).

این‌گونه مواد را می‌توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی آهنربا کرد. اثر میدان مغناطیسی خارجی بر حوزه‌های مغناطیسی باعث می‌شود که دوقطبی‌های مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرند و جهت آن‌ها به جهت میدان خارجی متمایل شود. علاوه بر این حوزه‌هایی که نسبت به میدان در وضع مناسبی قرار دارند (با میدان همسویند) رشد می‌کنند ؛ یعنی، حجمشان زیاد می‌شود و درنتیجه، حوزه‌هایی که سمت‌گیری آن‌ها نسبت به میدان مناسب نیست، کوچک شوند ؛ یعنی، مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود، و درنتیجه ماده در مجموع خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند، شکل ۳ــ۳۲ ب. حرکت مرز حوزه‌ها در مواد فرومغناطیسی به‌صورت طرح وار در شکل ۳ــ۳۳ نشان داده شده است. در شکل ۳ــ۳۳ الف یک ماده‌ی فرومغناطیسی با چهار حوزه در میدان خارجی صفر قرار دارد. سمت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی در این شکل به‌صورتی است که در کل ماده دارای خاصیت مغناطیسی نیست. در شکل ۳ــ۳۳ ب ماده‌ی فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی $\vec{B}$ قرار داده‌ایم : مرزهای حوزه‌ها جابه‌جا شده‌اند و درنتیجه، ماده در مجموع خاصیت مغناطیسی پیدا کرده است. در شکل ۳ــ۳۳ پ میدان مغناطیسی خارجی آن‌قدر قوی است که حجم حوزه‌های با سمت‌گیری نامناسب عملاً به صفر رسیده است و همه‌ی حجم ماده را حوزه‌ی با سمت‌گیری مناسب (همسو با میدان) اشغال کرده است. در این حالت ماده در مجموع بیش‌ترین خاصیت آهنربایی را دارد.

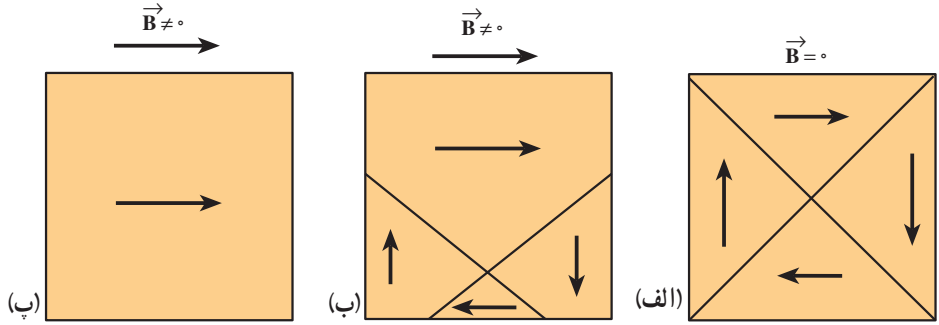


(ب) ماده‌ی فرومغناطیسی آهنربا است.



(الف) ماده‌ی فرومغناطیسی آهنربا نیست.

شکل ۳ــ۳۲ــ حوزه‌های مغناطیسی



در حضور میدان خارجی قوی — در حضور میدان خارجی ضعیف — در غیاب میدان خارجی

شکل ۳ــ۳۳ــ جابه‌جا شدن مرزهای بین حوزه‌ها در مواد فرومغناطیسی

در برخی از مواد فرومغناطیس مانند آهن، کبالت و نیکل درصورتی که خالص باشند، حجم حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند و در نتیجه به سهولت به روش ذکر شده آهنربا می‌شوند و خاصیت آهنربایی خود را نیز به‌راحتی از دست می‌دهند. این مواد را **فرومغناطیس نرم** می‌نامند. از این‌گونه مواد در هسته‌ی سیملوله‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیس نرم با حذف میدان مغناطیسی خارجی خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند و به‌دلیل همین خاصیت، آن‌ها برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) مناسب‌اند.

برخی دیگر از مواد مانند فولاد (آهن به‌اضافه‌ی دو درصد کربن)، آلیاژهای دیگری از آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند ؛ یعنی، حجم حوزه‌ها در آن‌ها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را **فرومغناطیس سخت** می‌نامند. در این‌گونه مواد برای افزایش حجم حوزه‌هایی که سمت‌گیری مناسب دارند (یعنی با میدان همسو هستند) به میدان‌های مغناطیسی خارجی قوی‌تری نیاز است. در این مواد، سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی به سهولت تغییر نمی‌کند. به عبارت دیگر، پس از برداشتن میدان مغناطیسی خارجی، ماده‌ی فرومغناطیس سخت، خاصیت آهنربایی خود را حفظ می‌کند. به همین دلیل این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب‌اند.

برای خاصیت آهنربایی هر ماده‌ی فرومغناطیس مقدار بیشینه‌ای وجود دارد. این وضعیت هنگامی پیش می‌آید که ماده‌ی فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد ؛ به‌طوری که همه‌ی دوقطبی‌های مغناطیسی اتمی در همه‌ی حوزه‌ها به موازات هم به خط شوند.

مطالعه‌ی آزاد

میدان مغناطیسی زمین و اثرهای آن

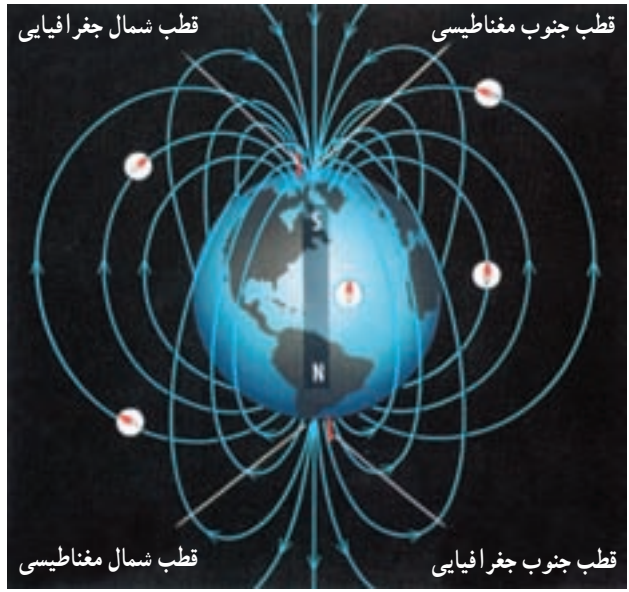
بشر از گذشته‌های بسیار دور به خاصیت مغناطیسی زمین پی برده است. ملّاحان و جهانگردان در کارهای جاری خود همواره از قطب‌نما استفاده می‌کنند. اثرهای میدان مغناطیسی زمین نیز بر زندگی جانوران و گیاهان، موضوعی جالب و بحث‌انگیز برای پژوهشگران است. مثلاً پژوهش‌هایی در قرن بیستم نشان داد که در مغز برخی از پرندگان کوچنده، ساز و کاری جهت تشخیص راستای میدان مغناطیسی زمین موجود است.

در سال ۱۹۵۸ میلادی (۱۳۳۷ هجری خورشیدی) با پژوهش‌هایی که توسط

ماهواره‌ی اکسپلورر* اول انجام گرفت، معلوم شد، در اطراف زمین ناحیه‌ای به‌نام کمربند وان‌آلن موجود است، که دارای خاصیّت مغناطیسی بوده و ذرّات باردار تابیده از پرتوهای کیهانی و خورشیدی در این ناحیه به دام می‌افتند.

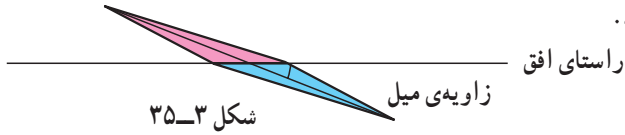
راستای میدان مغناطیسی زمین ثابت نیست و در طول قرن‌های متمادی در تغییر بوده است. اکنون قطب جنوب آن در کانادا است.

زاویه‌ای که راستای شمال ــ جنوب جغرافیا با راستای میدان مغناطیسی می‌سازد **زاویه‌ی انحراف** نام دارد.



شکل ۳ــ۳۴

همچنین راستای میدان مغناطیسی در نقاط مختلف زمین در راستای افق قرار ندارد. زاویه‌ای که عقربه‌ی مغناطیسی با راستای افق تشکیل می‌دهد **زاویه‌ی میل** نام دارد.



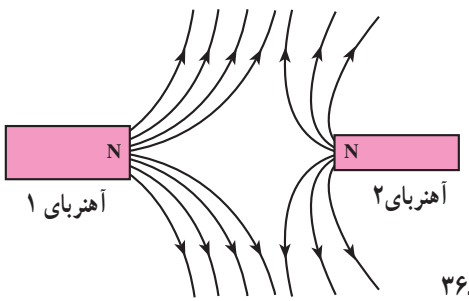
شکل ۳ــ۳۵

* Expolorer

تمرین‌های فصل سوم

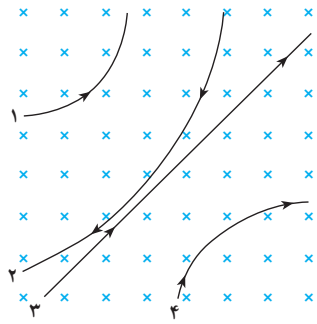
۱ــ الف ــ آهنربایی با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. حداقل دو روش برای تعیین قطب‌های این آهنربا، بیان کنید.

ب ــ خط‌های میدان مغناطیسی میان دو آهنربا در شکل ۳ــ۳۶ نشان داده شده است. کدام آهنربا ضعیف‌تر است؟



شکل ۳ــ۳۶

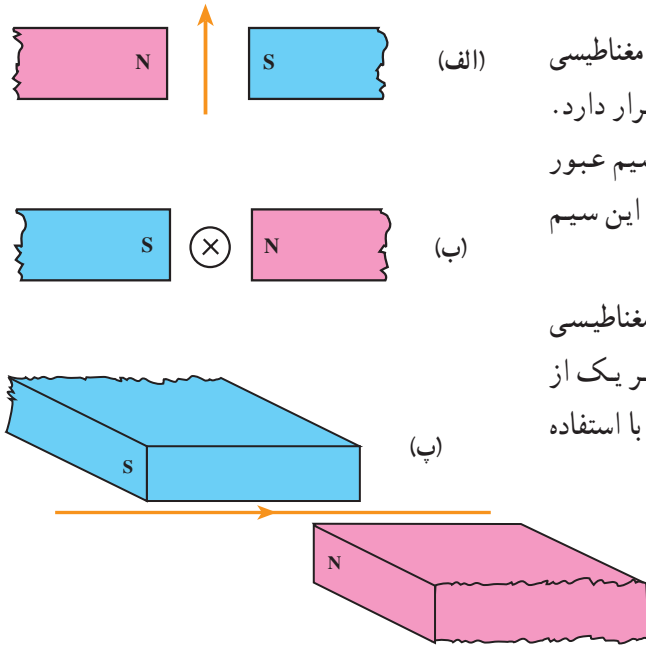
۲ــ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درونسو مسیرهایی مطابق شکل ۳ــ۳۷ می‌پیمایند. درباره‌ی نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



شکل ۳ــ۳۷

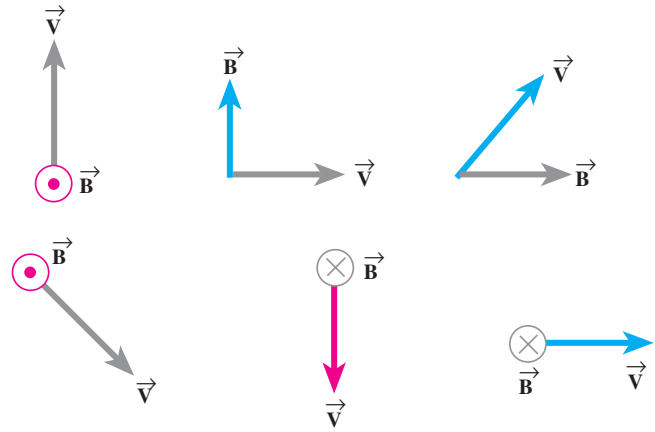
۳ــ سیم قائمی در میدان مغناطیسی زمین (که رو به شمال است) قرار دارد. جریانی از پایین به‌بالا از این سیم عبور می‌کند، جهت نیروی وارد بر این سیم چگونه است؟

۴ــ جهت نیروی الکترومغناطیسی بر سیم حامل جریان را در هر یک از شکل‌های ۳ــ۳۸ الف، ب و پ با استفاده از قاعده‌ی دست راست بیابید.



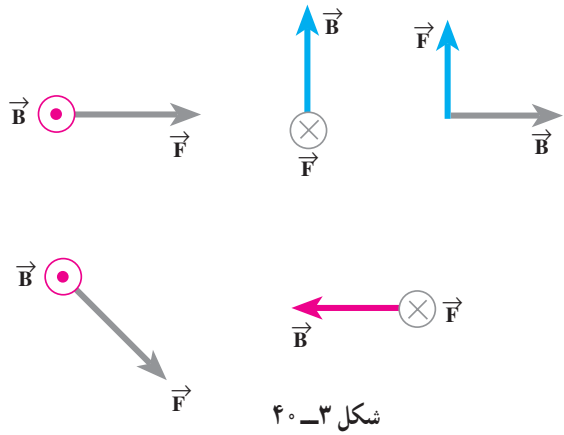
شکل ۳ــ ۳۸

۵ــ جهت نیروی وارد بر بار مثبت را در هر یک از نمودارهای شکل ۳ــ۳۹ تعیین کنید.



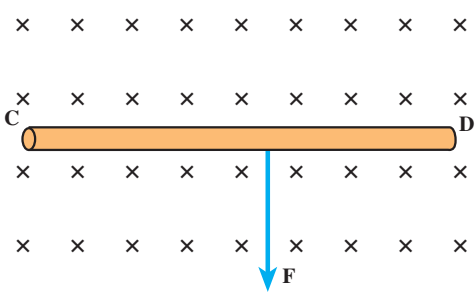
شکل ۳ــ۳۹

۶ــ نیروی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است در شکل ۳ــ۴۰ نشان داده شده است. در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید. (فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است.)



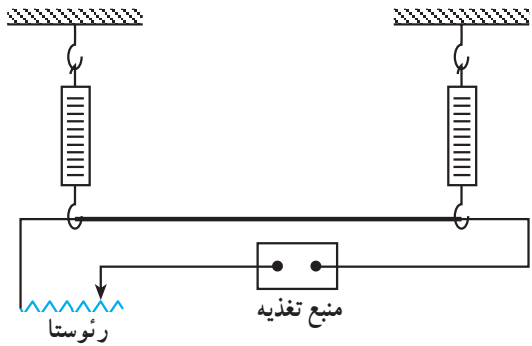
شکل ۳ــ۴۰

۷ ــ سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل ۳ــ۴۱ عمود بر میدان مغناطیسی با اندازه‌ی ۰/۵ T قرار گرفته است. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱N باشد، جهت و اندازه‌ی جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



شکل ۳ــ۴۱

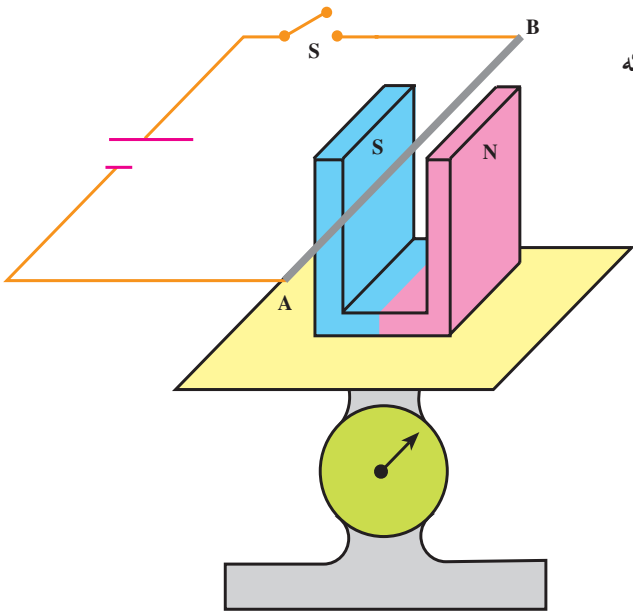
۸ ــ یک سیم که حامل جریانی به شدت ۱۶ آمپر است، مطابق شکل ۳ ــ۴۲ توسط دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده است، به طور افقی و در راستای غرب به شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را افقی و یکنواخت و دقیقاً به سوی شمال با بزرگی ۰/۰۵ mT بگیرید. (الف) نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را تعیین کنید. (ب) 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 ۸gr است. $(g = ۱۰\ N/kg)$



شکل ۳ــ۴۲

۹ ــ یک آهنربای نعلی شکل را روی کفه‌ی یک ترازوی حساس قرار می‌دهیم، سیم AB را که مطابق شکل ۳ ــ۴۳در میان دو قطب آهنربا قرار دارد به‌وسیله‌ی یک کلید به دو پایانه‌ی یک باتری وصل می‌کنیم.

آیا با بستن کلید عددی که ترازو نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.



شکل ۳ ــ ۴۳

۱۰ــ پروتونی با سرعت $۴/۴\times۱۰^{۶}\ m/s$ تحت زاویه‌ی ۵۳° با میدان مغناطیسی‌ای به بزرگی ۱۸mT در حرکت است.

الف) بزرگی نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید.

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

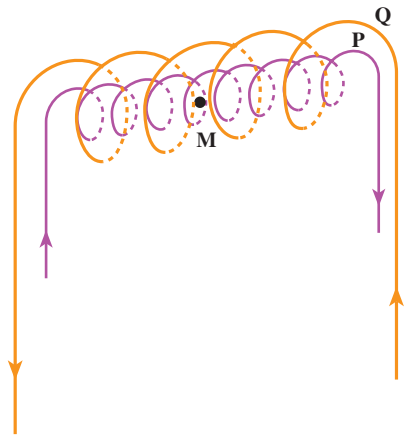
(بار الکتریکی پروتون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$ و جرم آن $۱/۷\times۱۰^{-۲۷}\ kg$ است).

۱۱ــ راستای نیروی وارد بر یک الکترون متحرک در میدان الکتریکی را با راستای نیروی وارد بر این الکترون در میدان مغناطیسی مقایسه کنید.

۱۲ــ از پیچه‌ی مسطحی به شعاع 5cm که از ۲۰۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان ۱۲A می‌گذرد. میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه حساب کنید.

۱۳ــ سیملوله‌ای شامل ۲۵۰ دور حلقه است که دور یک لوله‌ی پلاستیکی تو خالی به طول ۰/۱۴ متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیملوله ۰/۸ A باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیملوله را حساب کنید.

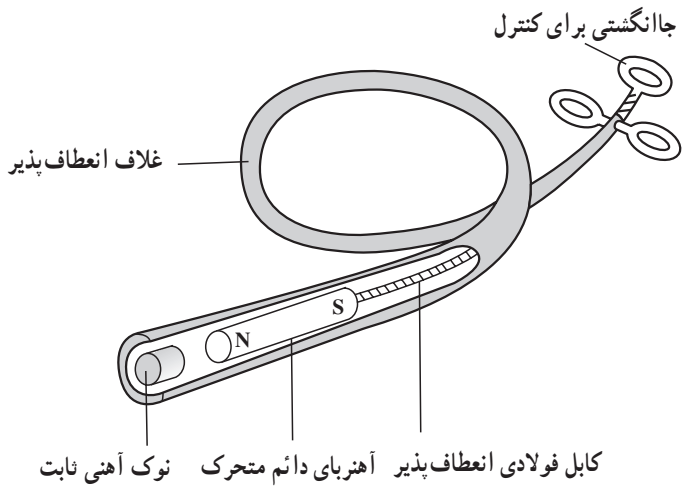
۱۴ــ دو سیملوله‌ی P و Q هم محور دارای طول برابر ولی تعداد دور متفاوت هستند (شکل ۳ ــ ۴۴). تعداد دور سیملوله‌ی P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملوله‌ی Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیملوله‌ی Q عبور کند، از سیملوله‌ی P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه‌ی M (روی محور دو سیملوله) برابر صفر شود؟



شکل ۳ــ۴۴

۱۵ــ الکترونی با سرعت $۲/۴\times۱۰^{۵}\ m/s$ 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. (الف) اگر این نیروی بیشینه بالاسو و برابر $۶/۸\times۱۰^{-۱۴}N$ باشد، بزرگی و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید. (ب) چه میدان الکتریکی همین نیرو را ایجاد می‌کند؟ (بار الکتریکی الکترون $-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ است).

۱۶ــ کودکی یک قطعه‌ی کوچک فلز را بلعیده است که در گلوی او گیر کرده است. پزشک با دستگاهی که در شکل ۳ــ۴۵ دیده می‌شود، می‌خواهد فلز را بیرون بیاورد.



شکل ۳ــ۴۵

الف) هنگامی که آهنربای دائم به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) آهن برای ساختن نوک ثابت چه مزیتی دارد؟

پ) این وسیله را باید به درون گلوی کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد. چرا غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟

ت) پزشک می‌خواهد یک گیره‌ی آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلوی کودک بیرون بیاورد. کدامیک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟