

بسمه تعالی

جزوه کمک آموزشی

فیزیک ۲

مناسب دانش آموزان یازدهم رشته ریاضی

فصل سوم – مغناطیس

محتوای درسنامه:

ارائه و آموزش مطالب کتاب به زبان ساده و پاسخگویی تمامی

مسائل و سوالات درسی

تهیه شده توسط:

امین گرمرودی – دبیر فیزیک (کارشناس ارشد فیزیک ذرات بنیادی)

(نسخه ۱، ۰)

مغناطیس: آثار مغناطیسی دست کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانيسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. چینی های باستان نیز با ویژگی های مغناطیسی برخی از سنگ های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب نما برای جهت یابی استفاده می کردند.

آهنربا: ماده ای است که دارای خاصیت مغناطیسی می باشد و به سایر مواد مغناطیسی نیرو وارد می کند.

قطب های آهنربا: قسمت هایی از آهنربا می باشد که خاصیت مغناطیسی در آن نقاط بیشتر از سایر نقاط می باشد. اگر یک آهنربای میله ای شکل را از یک نقطه آویزان کنیم یا در آب شناور کنیم، یک قطب آن به سمت شمال جغرافیایی قرار خواهد گرفت که به این قطب آهنربا شمال گرا یا N و به قطب دیگر آن که به سمت جنوب جغرافیایی قرار می گیرد قطب جنوب گرا یا S می گویند.



انواع آهنربا: آهن رباها از نظر شکل ظاهری انواع مختلفی دارند که هرکدام برای کار خاصی تهیه می شود از معروف ترین نوع آهنربا ها می توان به تیغه ای، میله ای، نعلی شکل، استوانه ای حلقه ای، کروی، پلاستیکی، سرامیکی و ... اشاره کرد.

نکته! قطب های مغناطیسی به تنهایی وجود ندارند، یعنی ممکن نیست در یک جسم فقط قطب N وجود داشته باشد و همواره به صورت جفت می آید، به عبارتی "هیچ تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد"

پرسش ۱-۳

فرض کنید دو میله کاملاً مشابه، یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. باگفت وگو در گروه خود، روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن و بدون استفاده از هیچ وسیله دیگر، بتوان میله ای را که از جنس آهنرباست مشخص کرد.

پاسخ پرسش ۱-۳: می دانیم که خاصیت آهنربایی در قطب ها زیاد و در مرکز آهنربا کم است. یکی از میله ها را از نوک آن به تمام میله دیگری می کشیم، اگر نیروی جاذبه در تمام طول میله یکسان باشد نتیجه می گیریم میله ای که در دستمان است آهنربا می باشد و دیگری آهن، اما اگر در حال کشیدن میله روی میله دیگر خاصیت جاذبه با رسیدن به مرکز میله کم شود نتیجه می گیریم میله ای که در دست مان است آهن و دیگری آهنربا است.

فعالیت ۱-۲



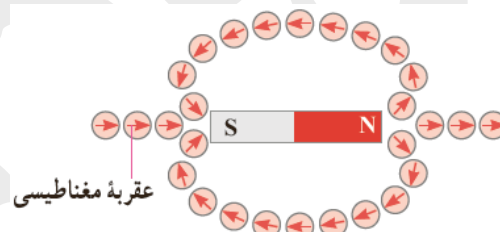
یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به یک عقربه مغناطیسی نزدیک کنید (شکل روبه‌رو). آنچه را می‌بینید توضیح دهید. با دور کردن آهنربا از قطب‌نما چه اتفاقی می‌افتد؟ دلیل آن را شرح دهید. در صورتی که قطب‌نما در اختیار ندارید، یک سوزن ته‌گرد مغناطیسی شده را روی سطح آب، درون ظرفی شناور بسازید. به این ترتیب، سوزن ته‌گرد مانند عقربه مغناطیسی یک قطب‌نما رفتار می‌کند.

پاسخ فعالیت ۱-۳: وقتی آهنربا را به عقربه مغناطیسی نزدیک می‌کنیم قطب ناهم نام با آهنربا به سمت آهنربا جهت گیری می‌کند و با دور کردن آهنربا عقربه مغناطیسی در جهت قطب‌های جغرافیایی زمین قرار می‌گیرد. پس نتیجه می‌گیریم کره زمین دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشد.

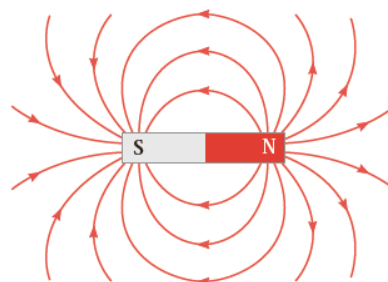
یافتن جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا: همانطور که گفتیم میدان مغناطیسی کمیتی برداری است پس دارای جهت می‌باشد، برای یافتن جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا کافی است عقربه مغناطیسی را در آن نقطه قرار بدهیم، جهت میدان مغناطیسی همراستا با قطب N عقربه خواهد بود.

خطوط میدان مغناطیسی: میدان مغناطیسی با چشم قابل دیدن نیست برای مشخصی کردن میدان مغناطیسی در فضا از خط‌های جهت‌داری به نام خطوط میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم که خواصی مشابه خطوط میدان الکتریکی دارند.

توجه! وقتی عقربه مغناطیسی را در اطراف آهنربا میله‌ای قرار دهیم در هر نقطه به شکل زیر خواهد بود:

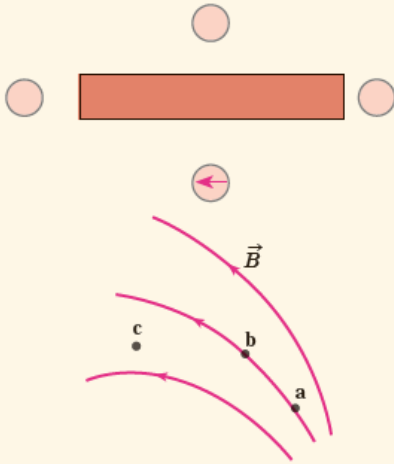


پس خطوط میدان در اطراف یک آهنربا به شکل زیر می‌شود:



نکته: خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از قطب N به سمت قطب S می باشد. همچنین تراکم خطوط که نشان دهنده قدرت میدان است در نزدیکی قطب ها بیشتر می باشد.

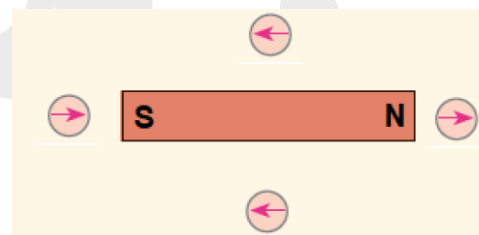
پرسش ۳-۳



۱- شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربه مغناطیسی را نشان می دهد. (الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (ب) جهت گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.

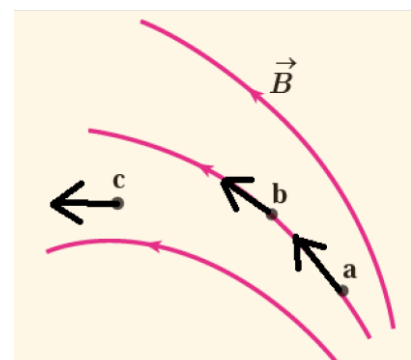
۲- شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

پاسخ پرسش ۳-۳: الف: با توجه به اینکه جهت میدان از قطب N به سمت قطب S است پس سمت راست N و سمت چپ S می شود.

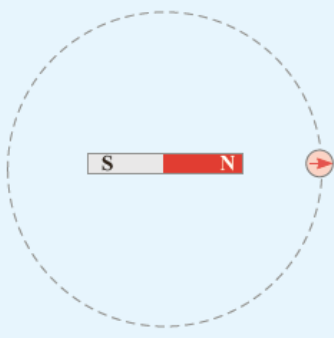


ب:

۲) جهت میدان مغناطیسی در یک نقطه همواره در جهت مماس بر خطوط در آن نقطه می باشد:

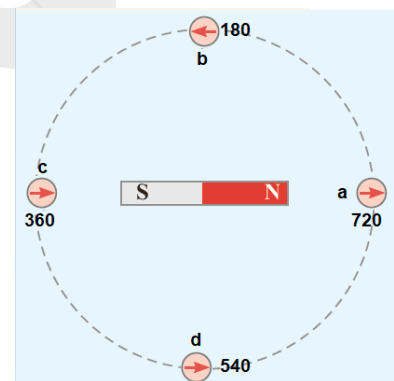


فعالیت ۲-۳



یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربه مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، عقربه را به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو). بررسی کنید پس از یک دور حرکت، عقربه چند درجه می‌چرخد.

پاسخ فعالیت ۲-۳: همانطور که مشاهده می‌کنید با حرکت عقربه از نقطه **a** تا نقطه **b** جهت عقربه برعکس می‌شود که به معنی چرخش 180° درجه است، از نقطه **b** تا **c** نیز 180° چرخش می‌کند و همینطور تا نقطه **a** که در کل می‌شود 720° درجه چرخش.



آزمایش ۳-۱

هدف: مشاهده طرح فلهای میدان مغناطیسی با استفاده از براده آهن

وسایلهای مورد نیاز: آهنربای میله‌ای (دو عدد)، براده آهن، یک ورقه شیشه‌ای یا مقوایی، نمک پاش (یا وسیله دیگری برای پاشیدن براده آهن) و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری)
شرح آزمایش:

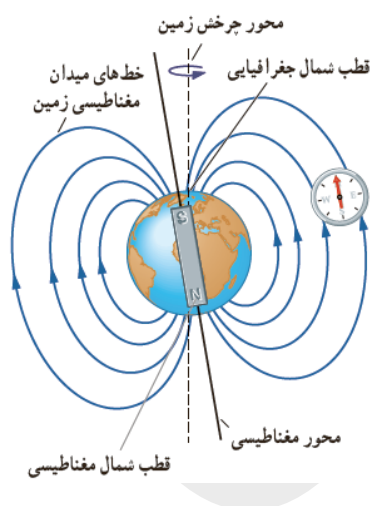
- یکی از آهنرباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحه شیشه‌ای (یا مقوایی) را روی آن بگذارید.
- به کمک نمک پاش، کمی براده آهن را به طور یکنواخت روی شیشه (مقوا) پاشید.



- چند ضربه آرام به صفحه شیشه‌ای بزنید تا براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحه شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).
- مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به ترتیب: قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).

میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می‌کند

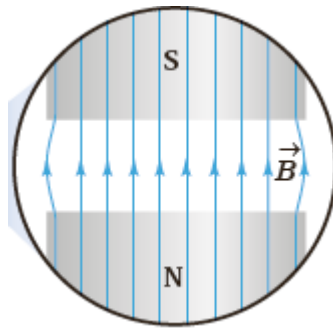
قطب شمال آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است. قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. در واقع، قطب‌های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند و عقربه مغناطیسی قطب نما در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.



نکته: قطب مغناطیسی N زمین در جنوب جغرافیایی و قطب S آن در سمت شمال جغرافیایی زمین است.

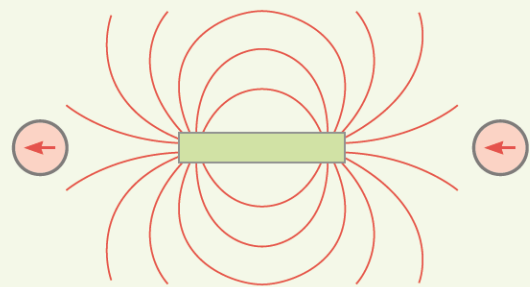
شیب مغناطیسی: وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربه مغناطیسی را از وسط آن آویزان می‌کنیم در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه، شیب مغناطیسی گفته می‌شود.

میدان مغناطیسی یکنواخت: میدان مغناطیسی است که در تمام نقاط آن اندازه و جهت میدان یکسان باشد.

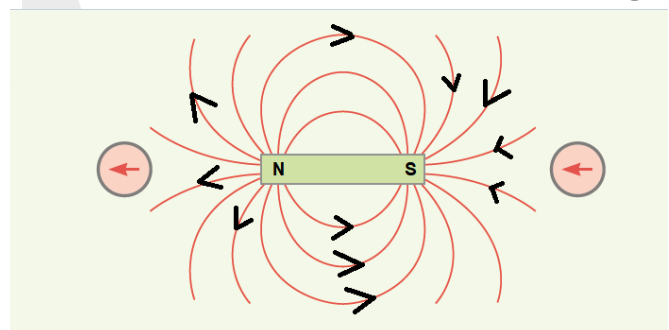


پاسخ تمرینات مرتبط با مطالب گفته شده :

۱ با توجه به جهت گیری عقربه‌های مغناطیسی در شکل زیر، قطب‌های آهنربای میله‌ای و جهت خط‌های میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

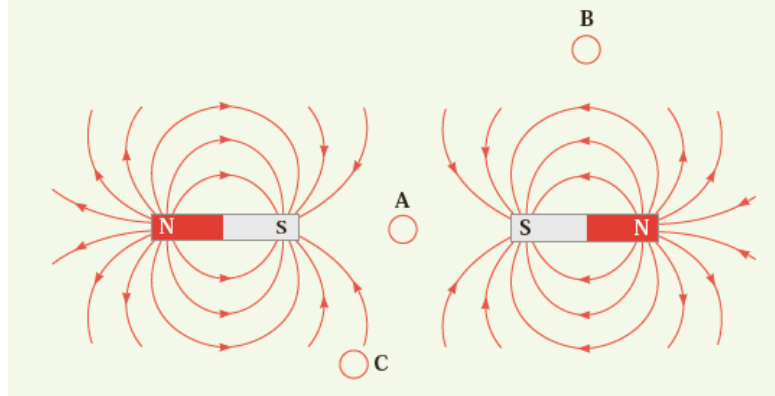


پاسخ تمرین ۱ آخر فصل: با توجه به اینکه جهت عقربه مغناطیسی همواره جهت میدان الکتریکی را نشان می‌دهد پاسخ به شکل زیر خواهد بود:



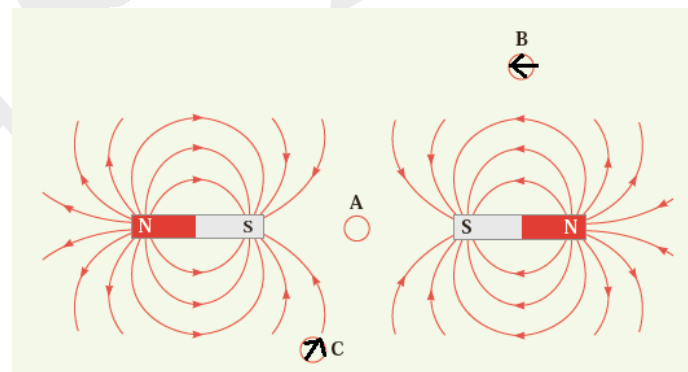
۲ شکل زیر، خط‌های میدان مغناطیسی را در نزدیکی دو آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد.

الف) دربارهٔ میدان مغناطیسی در نقطهٔ A چه می‌توان گفت؟
ب) با رسم شکل نشان دهید عقربهٔ قطب‌نما در نقطه‌های B و C به ترتیب در کدام جهت قرار می‌گیرد؟

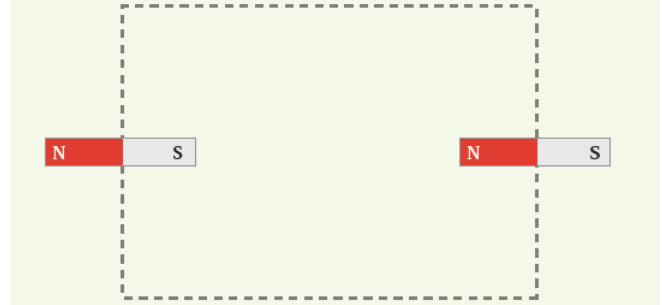


پاسخ تمرین ۲ آخر فصل : الف : می‌توانیم بگوییم میدان در آنجا صفر است ، خطوط میدان وجود میدان را نشان می‌دهند.

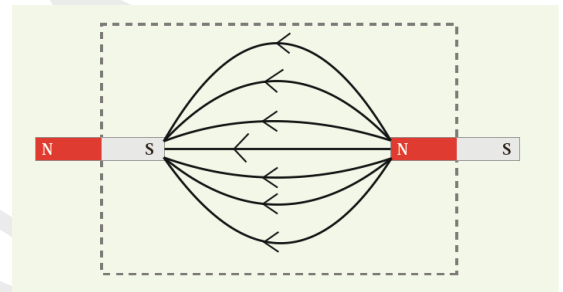
ب: به شکل زیر می‌شود:



پ) اگر مانند شکل زیر یکی از آهنرباها را بچرخانیم تا جای قطب‌های آن عوض شود، خط‌های میدان مغناطیسی را در ناحیه نقطه چین رسم کنید.

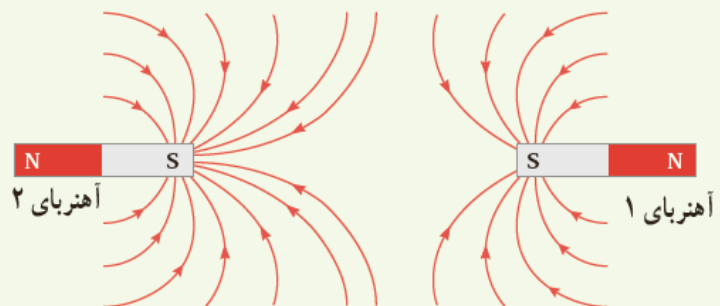


پ: به یاد داشته باشید جهت خطوط میدان مغناطیسی خارج از آهن ربا از قطب N به سمت قطب S می باشد.



۳ الف) آهنربای میله‌ای با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. دست کم دو روش را برای تعیین قطب‌های این آهنربا بیان کنید.

ب) خط‌های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیکی قطب‌های آهنرباها با هم مقایسه کنید.



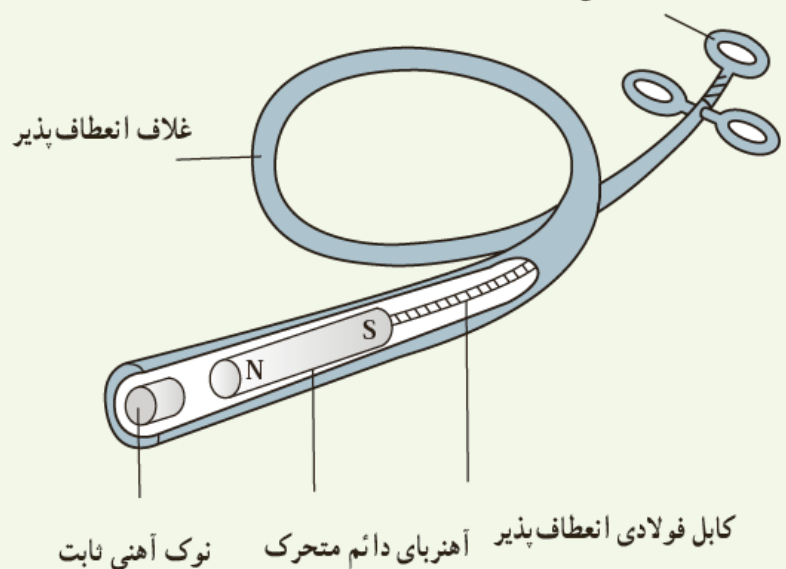
پاسخ تمرین ۳ آخر فصل : الف : با استفاده از عقربه مغناطیسی یا با استفاده از یک آهنربا با قطب های معلوم که اگر آهنربای نا معلوم را به یکی از قطب هایش نزدیک کنیم اگر همدیگر را دفع کنند همانم و اگر یکدیگر را جذب کنند

ناهم نام می شوند. یا اینکه آهنربا را روی تخته ای در آب قرار داده و از طریق جهت گیری جغرافیایی آن به قطب آهنربا پی ببریم.

ب: هر چه خطوط میدان بیشتر باشد خاصیت مغناطیسی و اندازه میدان بیشتر خواهد بود پس آهنربای ۱ میدان مغناطیسی کمتری نسبت به آهنربای ۲ ایجاد می کند.

۴ کودکی یک قطعه کوچک آهنی را بلعیده است. پزشک می خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد.
الف) هنگامی که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می شود چه اتفاقی می افتد؟
ب) ساختن نوک ثابت آهن چه مزیتی دارد؟
پ) این وسیله را باید به درون گلولی کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد؛ چرا غلاف باید انعطاف پذیر باشد؟
ت) پزشک می خواهد یک گیره آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلولی کودک بیرون بیاورد؛ کدام یک را می توان بیرون آورد؟ چرا؟

جا انگشتی برای کنترل



پاسخ تمرین ۴ آخر فصل : الف : در اثر القای مغناطیسی آهن نیز آهنربا می شود .

ب: هر موقع که بخواهیم می توانیم خاصیت آهنربایی در آن القا کنیم.

پ: (سوال بی معنی!) برای اینکه به راحتی از گلولی کودک وارد معده اش شود.

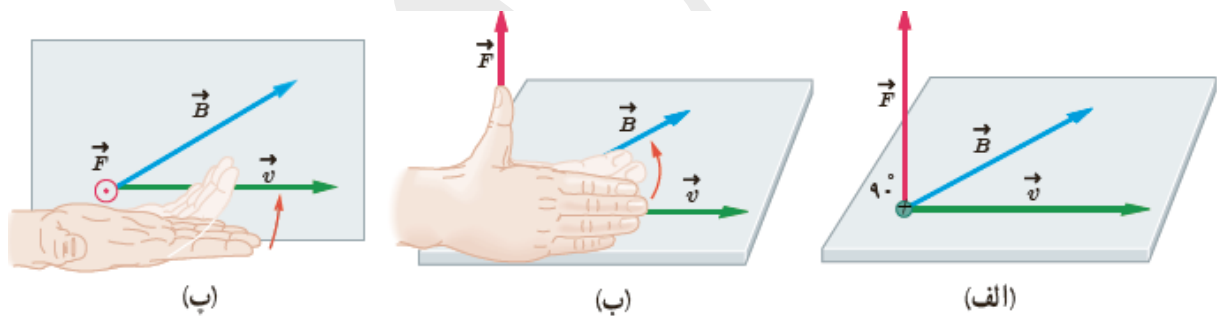
ت: می تواند گیره آهنی را در بیاورد و آلومینیوم به دلیل نداشتن خاصیت آهنربایی به این وسیله نمی چسبد.

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار: می دانیم که میدان الکتریکی به بار الکتریکی نیرو وارد می کند اما جالب اینجاست که میدان مغناطیسی نیز می تواند در شرایط خاصی به بار الکتریکی نیروی مغناطیسی وارد کند، اگر یک بار الکتریکی q با سرعت \vec{v} در داخل میدان الکتریکی حرکت کند (و جهت حرکت آن با خطوط میدان موازی نباشد) آنگاه نیرویی از طرف میدان مغناطیسی به بار الکتریکی وارد خواهد شد.

توجه! لازمی اعمال نیرو از طرف میدان مغناطیسی حرکت بار و موازی نبودن حرکت بار نسبت به جهت میدان می باشد.

جهت نیروی وارد بر بار متحرک در داخل میدان مغناطیسی: جهت نیروی وارد بر بار در یک میدان مغناطیسی از طریق قانون دست راست تعیین می شود که به صورت زیر تعریف می کنیم.

قانون دست راست برای یافتن جهت نیروی وارد بر بار مثبت: ۱. دست خود را کشیده و صاف نگه دارید! (انگار می خواهید به یکی سیلی بزنید) چهار انگشت دست راست (به جز انگشت شصت) را در جهت حرکت بار بگیرید (یعنی در جهت \vec{v}) ۲. همانطور که چهار انگشتان در جهت حرکت بار است کف دستتان را طوری بگیرید که در جهت خط میدان \vec{B} قرار گیرد. ۳. انگشت شصت شما جهت نیروی وارد بر بار \vec{F} را نشان خواهد داد. یعنی به طور خلاصه دستمان را طوری قرار می دهیم که چهار انگشت دست راست در جهت حرکت کف دست در جهت میدان قرار گیرد و انگشت شصتمان جهت نیروی وارد بر بار را نشان خواهد داد.



تبره: برای بار منفی پس از پیدا کردن جهت نیرو آن را برعکس می کنیم.

اندازه نیروی وارد بر بار متحرک در داخل میدان مغناطیسی: اندازه این نیرو توسط رابطه زیر بدست می آید که در آن q بار الکتریکی \vec{v} سرعت حرکت بار \vec{B} میدان مغناطیسی و θ زاویه بین میدان و سرعت می باشد:

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

نکته: با توجه به رابطه ذکر شده زمانی نیروی وارد بر بار در اثر میدان مغناطیسی صفر می شود که زاویه حرکت و میدان صفر (موازی) باشد و یا بار ثابت بوده و حرکت نکند. و زمانی نیرو بیشینه است که بار عمود بر میدان حرکت نماید.

توجه: یکای میدان الکتریکی برابر تسلا T می باشد که مقدار یک تسلا برابر است با:

$$T = \frac{N}{C \cdot m/s} = \frac{N}{A \cdot m}$$

گاوس: یکای تسلا یکای بزرگی است و معمولاً در برخی موارد از یکای کوچکتر گاوس G نیز استفاده می شود. هر تسلا معادل ده هزار گاوس است:

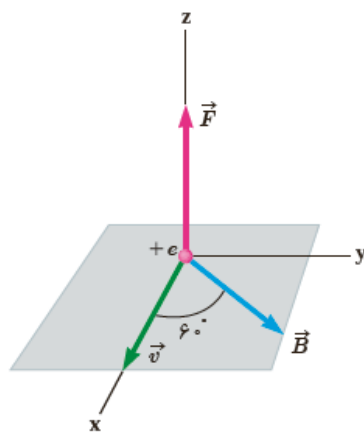
$$1 T = 10^4 G$$

یا:

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

توجه! اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب ها بیشترین ($0.65 G$) و در استوا کمترین ($0.25 G$) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آهنرباهای میله ای کوچک حدود 0.1 تا 1 تسلا است. همچنین بزرگ ترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود 45 تسلا است.

مثال ۱-۳



ذره‌ای با بار $q = -4/0 nC$ و با تندی $v = 20 m/s$ در جهتی حرکت می کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 120 G$ زاویه $\theta = 60^\circ$ می سازد (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض های مسئله داریم:

$$|q| = 4/0 \times 10^{-9} C, \quad v = 20 m/s,$$

$$B = 120 \times 10^{-4} T \quad \text{و} \quad \theta = 60^\circ$$

با قرار دادن داده های بالا در رابطه ۱-۳ داریم:

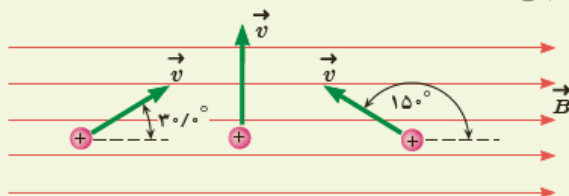
$$F = |q|vB \sin\theta$$

$$= (4/0 \times 10^{-9} C)(20 m/s)(120 \times 10^{-4} T) \sin 60^\circ \approx 8/3 \times 10^{-6} N$$

تمرین ۱-۳

۱- بر پروتونی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه $B = 32 G$ در حرکت است نیروی به اندازه

$F = 5/12 \times 10^{-14} N$ وارد می شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟



۲- سه ذره، هر کدام با بار $q = 6/15 \mu C$ و تندی $v = 46 m/s$ در میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه $B = 0.165 T$ در حرکت اند (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی وارد بر هر ذره را حساب کنید.

پاسخ تمرین ۱-۳:

۱: تندی پروتون به صورت زیر بدست می آید:

$$F = |q|vB\sin\theta \rightarrow v = \frac{F}{|q|B\sin\theta} = \frac{0.12 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19} \times 320 \times 10^{-4} \times 0.5} = 2 \times 10^4 \text{ km/s}$$

۲: از چپ به راست شماره گذاری می کنیم ۱ و ۲ و ۳:

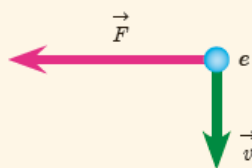
$$F_1 = |q|vB\sin\theta = 6.15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0.165 \times \sin 30 = 23.33 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$F_2 = |q|vB\sin\theta = 6.15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0.165 \times \sin 90 = 46.66 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$F_3 = |q|vB\sin\theta = 6.15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0.165 \times \sin 150 = 23.33 \times 10^{-6} \text{ N}$$

نتیجه میگیریم در شرایط یکسان بیشترین نیرو زمانی وارد می شود که زاویه بین میدان و سرعت ۹۰ باشد.

پرسش ۳-۴



الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل،

جهت میدان \vec{B} کدام است؟

بالا راست درون سو برون سو

پاسخ پرسش ۳-۴: اگر چهار انگشت دست راستان در جهت سرعت و انگشت شصت در جهت نیرو باشد آنگاه

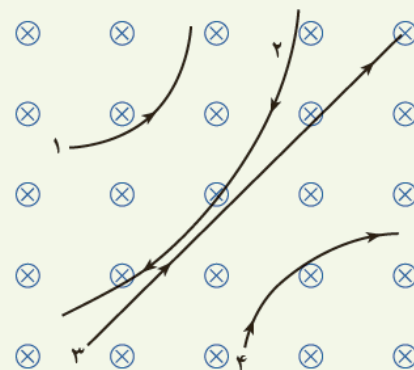
کف دست جهت میدان را نشان خواهد داد که بیرون سو می شود، اما چون بار الکترون منفی است جهت را وارونه می

کنیم پس جواب می شود: درون سو

۵ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو

مسیرهایی مطابق شکل زیر می بینید. درباره نوع بار هر ذره

چه می توان گفت؟



پاسخ تمرین ۵ آخر فصل: یک به یک ذره ها را بررسی می کنیم: بگذارید از ذره ۳ شروع کنیم! این ذره بدون بار است

و نیروی به آن وارد نمی شود، زیرا بدون انحراف درون میدان مغناطیسی عمود بر سرعت حرکت می کند.

حل ذره شماره یک را بررسی می کنیم! ذره به سمت راست حرکت می کرده که نیروی بالاسو به آن وارد شده و به

سمت بالا انحراف پیدا کرده است، میدان درون سو است و جهت حرکت بار به سمت راست می باشد پس کف دست

به سمت داخل صفحه و چهار انگشت به سمت راست! اینطوری می بینید که انگشت شصت تان به سمت بالا قرار می

گیرد! پس با توجه به قانون دست راست این یک بار مثبت است.

ذره شماره ۲: این ذره در حال حرکت به سمت پایین بوده که به سمت چپ انحراف پیدا کرده است، اگر کف دست را روی برکه قرار دهید و چهار انگشت دست راستتان را به سمت پایین (جهت حرکت اولیه بار) قرار دهید انگشت شصتتان به سمت راست قرار می‌گیرد! یعنی اگر بار مثبت بود به سمت راست انحراف پیدا میکرد اما اینگونه نیست پس این یک ذره با بار منفی است.

ذره شماره ۴: این ذره به سمت بالا در حال حرکت بود که به سمت راست انحراف پیدا کرده است، اگر کف دست درونسو روی برکه قرار دهید چهار انگشتتان به سمت بالا، انگشت شصت در جهت چپ قرار می‌گیرد اما ذره به سمت راست حرکت کرده است، پس این ذره دارای بار منفی است.

۶ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت را در هر یک از حالت‌های نشان داده در شکل زیر تعیین کنید.

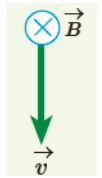
پاسخ تمرین ۶ آخر فصل :

(درونسو) کف دست راستتان را به سمت راست بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت آنگاه انگشت شصتتان به سمت داخل صفحه خواهد بود.

(درونسو) کف دست راستتان را به سمت راست بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت (بالا) آنگاه انگشت شصتتان به سمت داخل صفحه خواهد بود.

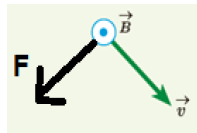
(راست) میدان B درونسو است کف دستتان را به سمت خارج از صفحه بگیرید (به سمت خودتان) چهار انگشت به سمت بالا، انگشت شصتتان به سمت راست خواهد بود.

(بالا) کف دست راستتان را به سمت داخل صفحه بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت (راست) آنگاه انگشت شصتتان به سمت بالا خواهد بود.

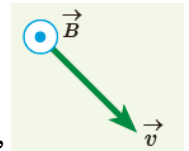


(راست) کف دست راستتان را به سمت داخل صفحه بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v (پایین) آنگاه

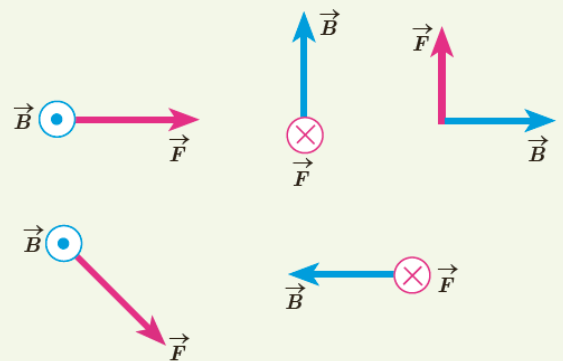
انگشت شصتتان به سمت راست خواهد بود.



طبق قواعدی که گفته شد جهت نیرو به این صورت می شود:



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



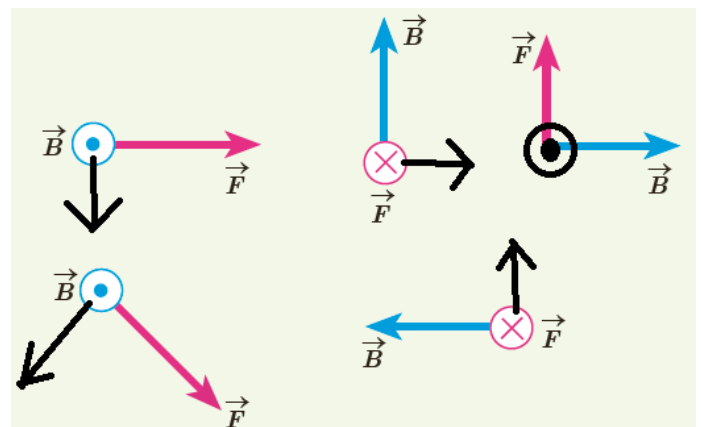
پاسخ تمرین ۷ آخر فصل: برای یافتن جهت حرکت الکترون که یک بار منفی است، با قانون دست راست کف دست

را در جهت میدان B و انگشت شصتتان را در جهت نیرو قرار می دهیم و چهار انگشتان هر جهتی را که نشان داد

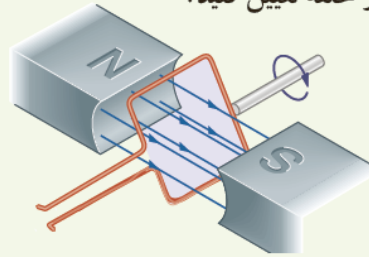
عکس آن را در نظر می گیریم. یا اینکه با استفاده از دست چپ: کف دست را در جهت میدان، انگشت شصت در

جهت نیرو قرار می دهیم و چهار انگشت دست چپ جهت حرکت الکترون را نشان می دهد.

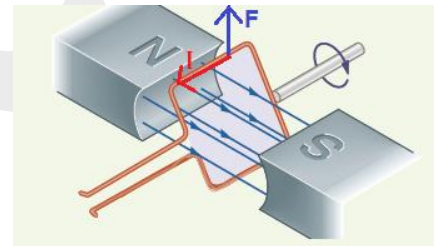
در شکل های زیر تمام جهت هایی که به صورت دستی کشیده شده اند جهت حرکت الکترون را بیان می کنند:



۸ حلقهٔ رسانای مستطیل شکلی که حامل جریان I است، مطابق شکل درون میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد. جهت جریان را در حلقه تعیین کنید.



پاسخ تمرین ۸ آخرین فصل: با توجه به جهت چرخش حلقه نیرویی مانند شکل زیر به حلقه وارد می‌شود. اگر انگشت شصت دست راست در جهت نیرو قرار بگیرد و کف دست در جهت میدان، چهار انگشت دیگر جهت حرکت جریان را در سیم نشان خواهند داد:



۹ پروتونی با تندی $4/4 \times 10^6 \text{ m/s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه 18 mT در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت \vec{B} ، زاویه 60° می‌سازد. الف) اندازهٔ نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید. ب) اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون را حساب کنید. (بار الکتریکی پروتون $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن را $1/7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ در نظر بگیرید).

پاسخ تمرین ۹ آخر فصل:

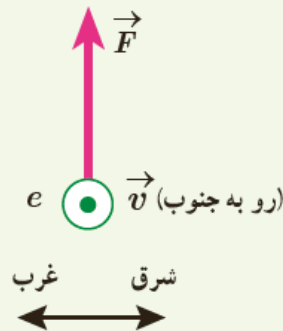
الف: اندازه نیرو از رابطه $F = |q|vB\sin\theta$ بدست می‌آید:

$$F = |q|vB\sin\theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 4.4 \times 10^6 \times 18 \times 10^{-3} \times \sin 60 = 109.7 \times 10^{-16} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{109.7 \times 10^{-16} \text{ N}}{1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 6.45 \times 10^{12} \text{ N/kg}$$

ب: با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

۱۰ الکترونی با تندی $2/4 \times 10^5 \text{ m/s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. اندازه نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی بیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند.



الف) اگر جهت این نیروی بیشینه، روبه بالا و اندازه آن برابر $6/8 \times 10^{-14} \text{ N}$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.
ب) اندازه میدان الکتریکی چقدر باشد تا همین نیرو را ایجاد کند؟

پاسخ تمرین ۱۰ آخر فصل:

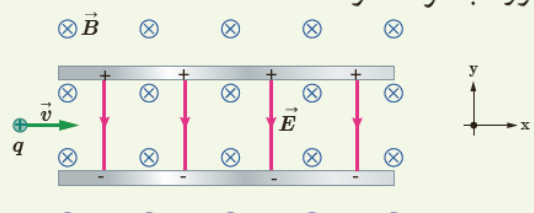
الف: جهت میدان را اینگونه بدست می‌آوریم: دست راستمان را طوری می‌گیریم که چهار انگشت دست راست در جهت حرکت الکترون که برونسو است (به طرف خودمان) و انگشت شصتمان در جهت بالا قرار گیرد آنگاه کف دست هر کجا را نشان داد برعکس می‌کنیم (زیرا بار الکترون منفی است) پس جهت میدان به سمت چپ است. و اما اندازه میدان برابر است با:

$$B = \frac{F}{|q|v \sin \theta} = \frac{6.8 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19} \times 2.4 \times 10^5 \sin 90} = 1.77 \text{ T}$$

ب: نیرویی 6.8×10^{-14} نیوتونی ایجاد شده توسط میدان الکتریکی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{6.8 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.25 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۱۱ ذره باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت \vec{v} در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت \vec{B} و \vec{E} وجود دارد (شکل زیر). اندازه این میدان‌ها برابر $E = 45 \text{ N/C}$ و $B = 0.18 \text{ T}$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



پاسخ تمرین ۱۱ آخر فصل: وقتی مسئله می گوید که جرم ناچیز است پس از نیروی جاذبه زمین چشمپوشی می کنیم، نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون به سمت بالا و نیروی الکتریکی توسط میدان الکتریکی به سمت پایین است زمانی امتداد حرکت بار تغییر نمی کند که این دو نیرو برابر هم باشند و یکدیگر را خنثی کنند:

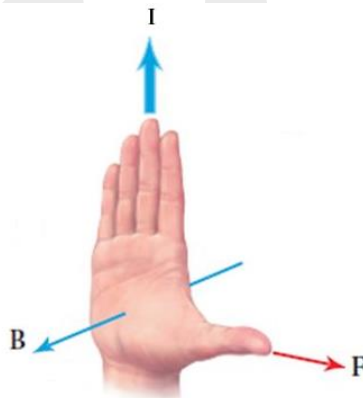
نیروی الکتریکی = نیروی مغناطیسی

$$|q|vB\sin\theta = |q|E \rightarrow v = \frac{E}{B\sin\theta} = \frac{450}{0.18 \sin 90} = 2500 \text{ m/s}$$

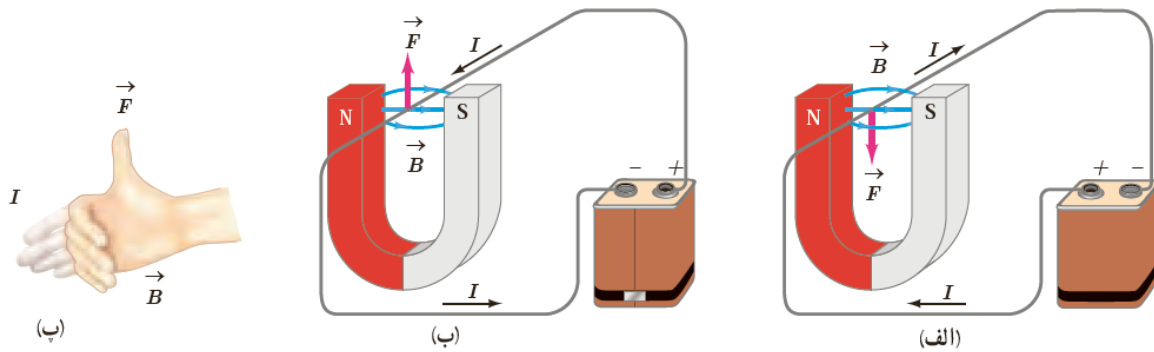
نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان: همانطور که در بخش قبل دیدیم اگر ذره بارداری درون میدان مغناطیسی حرکت کند از طرف میدان به آن ذره نیرو وارد می شود. از آنجایی که داخل سیم حامل جریان، بارهای الکتریکی در حال حرکت هستند پس اگر یک سیم حامل جریان درون میدان مغناطیسی قرار بگیرد ممکن است از طرف میدان مغناطیسی بر سیم نیرو وارد شود.

چه زمانی به یه سیم رسانا نیروی مغناطیسی وارد می شود؟ شرط اینکه به یک سیم نیرو وارد می شود این است که سیم داخل یک میدان مغناطیسی قرار گیرد و جریان الکتریکی از آن سیم عبور کرده و همچنین جهت سیم با جهت میدان موازی نباشد. (سیم و میدان در یک راستا نباشند)
توجه! از این ویژگی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می شود استفاده کرده و موتورهای الکتریکی (مانند جاروبرقی، پنکه و ...) می سازند.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست حامل جریان: برای یافتن جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان از قانون دست راست استفاده می کنیم. به این صورت که دست راست را طوری قرار می دهیم که کف دست در جهت میدان مغناطیسی، چهار انگشت دست در جهت جریان سیم قرار بگیرد آنگاه انگشت شصت جهت نیروی وارد بر سیم را نشان خواهد داد.



به شکل زیر توجه کنید:

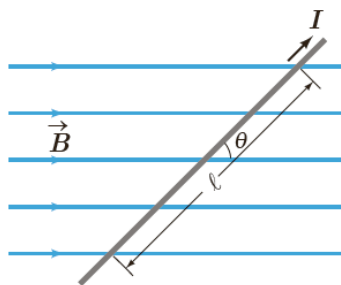


در شکل الف اگر چهار انگشت دست راستان را در جهت جریان الکتریکی I بگیرید و کف دستتان در جهت میدان باشد آنگاه انگشت شصتتان به سمت پایین قرار می‌گیرد یعنی به سیم نیرویی به سمت پایین وارد می‌گردد، همچنین در شکل ب اگر دست راستان طوری قرار بگیرد که چهار انگشت به سمت جریان و کف دست به سمت میدان باشد انگشت شصتتان به سمت بالا خواهد بود که به معنی وارد شدن نیرو به سمت بالا می‌باشد.

اندازه نیروی وارد بر سیم راست حامل جریان داخل میدان مغناطیسی: اگر سیمی به طول L که جریان I از آن می‌گذرد داخل میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار گیرد آنگاه نیرویی بر سیم وارد می‌شود که مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = ILB \sin \theta$$

که در آن θ زاویه بین راستای سیم با راستای میدان مغناطیسی می‌باشد.



پرسش ۳-۵

اگر در شکل ۳-۱۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه حالتی بزرگی این نیرو بیشینه می‌شود؟

پاسخ پرسش ۳-۵: اگر سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار بگیرد زاویه بین سیم و میدان صفر شده و با توجه به رابطه $ILB \sin \theta$ نیروی وارد بر سیم نیز صفر می‌شود.

مثال ۲-۳

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 400 G در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم 5 A باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر 1 m از این سیم را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

$$B = 400 \times 10^{-4} \text{ T}, \quad \theta = 30^\circ, \quad I = 5 \text{ A} \quad \text{و} \quad \ell = 1 \text{ m}$$


با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۳ داریم:

$$F = I\ell B \sin \theta = (5 \text{ A})(1 \text{ m})(400 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 30^\circ = 0.1 \text{ N}$$

تمرین ۲-۳

سیم مستقیمی به طول $2/4\text{ m}$ حامل جریان $2/5\text{ A}$ از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 45 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

(میدان مغناطیسی زمین به طرف شمال)

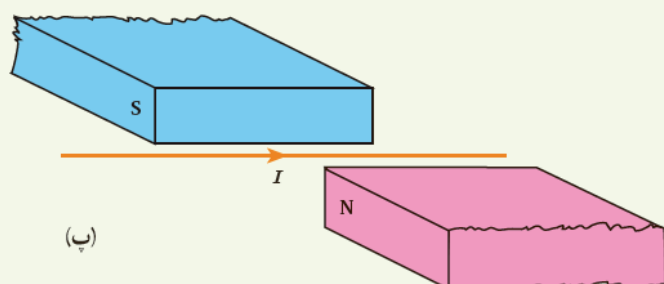
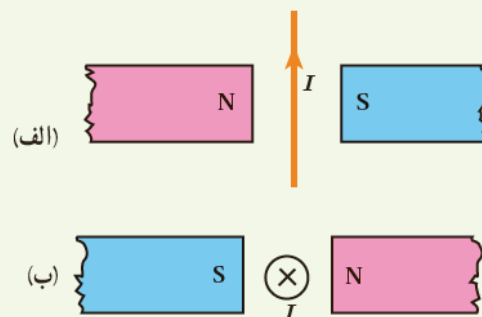


پاسخ تمرین ۲-۳: جهت نیروی وارد بر سیم طبق قانون دست راست بدست می‌آید: کف دست درون سو چهار انگشت دست به سمت راست قرار گیرد آنگاه انگشت شصت به سمت پایین می‌شود که جهت نیرو را نشان می‌دهد. و اما اندازه نیرو به صورت زیر محاسبه می‌شود:

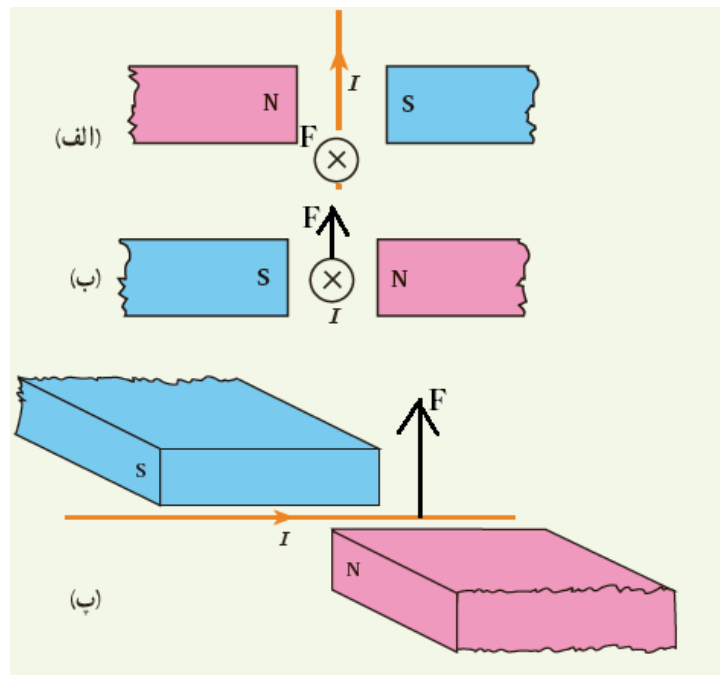
$$F = ILB \sin \theta = 2.5 \times 2.4 \times 0.45 \times 10^{-4} \times \sin 90 = 2.7 \times 10^{-4} \text{ N}$$

۱۲ جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

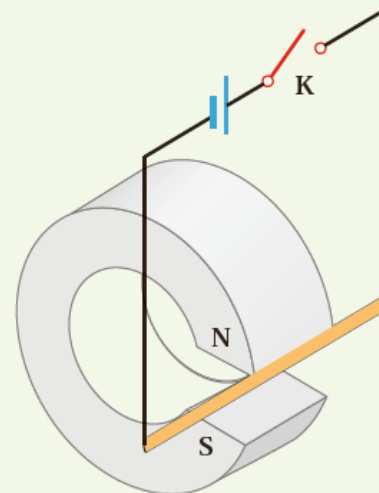
را در هر یک از شکل‌های الف، ب و پ با استفاده از قاعده دست راست بیابید.



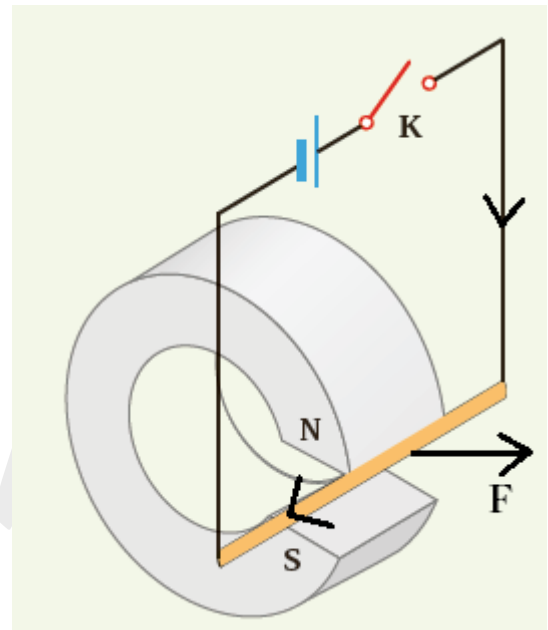
پاسخ تمرین ۱۲ آخر فصل:



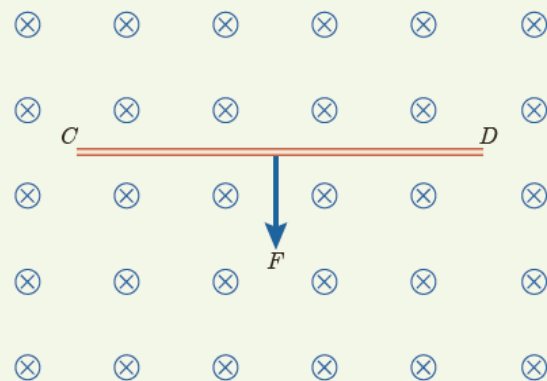
۱۳ یک میله رسانا به پایانه‌های یک باتری وصل شده و مطابق شکل در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل آویزان شده است و می‌تواند آزادانه نوسان کند. با بستن کلید K، چه اتفاقی برای میله رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.



پاسخ تمرین ۱۳ آخر فصل: اگر کلید را بزنیم جریان به شکل زیر در سیم ایجاد می‌شود و از طرفی به آن قسمت از سیم که داخل میدان قرار دارد نیروی مغناطیسی وارد می‌شود که با قانون دست راست جهت نیرو به صورت مشخص شده در شکل می‌باشد:



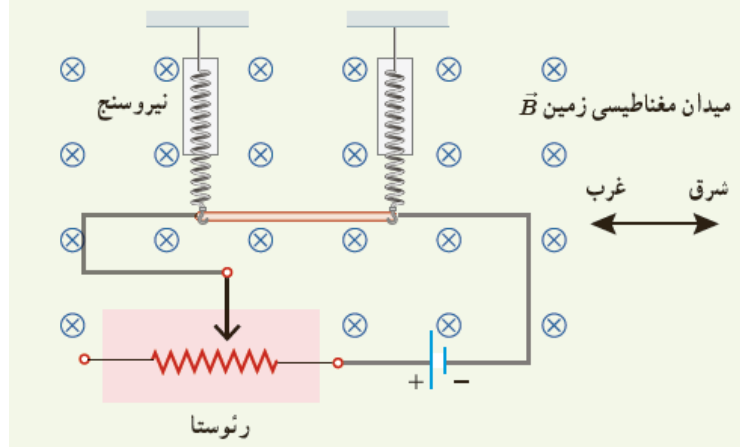
۱۴ سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی درون سو با اندازه ۵T قرار گرفته است؛ اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱N باشد، جهت و مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



پاسخ تمرین ۱۴ آخر فصل: اگر کف دست را در جهت میدان (درونسو) و انگشت شصت را در جهت نیرو (پایین) قرار دهیم چهار انگشت دیگر به سمت چپ خواهد بود که جهت جریان را نشان می دهد. پس جهت جریان به سمت چپ است. اما اندازه جریان به صورت زیر بدست می آید:

$$F = ILB\sin\theta \rightarrow I = \frac{F}{LB\sin\theta} = \frac{1\text{ N}}{2 \times 0.5 \times \sin 90} = 1\text{ A}$$

۱۵ یک سیم حامل جریان $1/6$ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده اند، به طور افقی و در راستای غرب - شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به طرف شمال و اندازه 5 mT بگیرد. الف) اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید. ب) اگر بخوایم نیروسنجها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم 8 گرم است ($g = 9.8 \text{ N/kg}$).



پاسخ تمرین ۱۰ آخر فصل:

الف: اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = ILB \sin \theta = 1.6 \times 1 \times 0.05 \times 10^{-3} \times \sin 90 = 8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

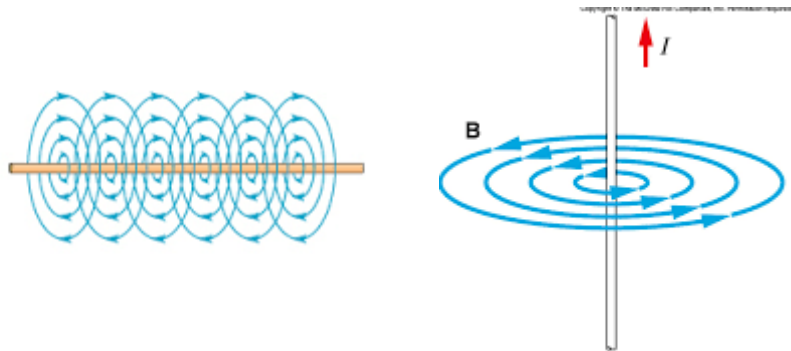
ب: زمانی نیروسنجها صفر می شوند که نیروی وارد بر سیم از طرف زمین (نیروی وزن) با نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (که خلاف جهت هم هستند) یکسان باشند. پس داریم:

$$F_{\text{مغناطیسی}} = F_{\text{زمین}}$$

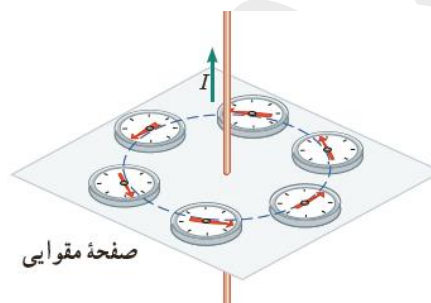
$$ILB \sin \theta = mg \rightarrow I = \frac{mg}{LB \sin 90} = \frac{8 \times 10^{-5} \times 9.8}{1 \times 0.05 \times 10^{-3} \times \sin 90} = 1568 \text{ A}$$

جهت نیروی مغناطیسی باید به سمت بالا باشد، برای یافتن جهت جریان دست راست را طوری می گیریم که انگشت شصت دست راست به سمت بالا و کف دست به سمت داخل صفحه باشد آنگاه چهار انگشت دیگر جهت جریان را نشان خواهد داد که به سمت راست خواهد بود.

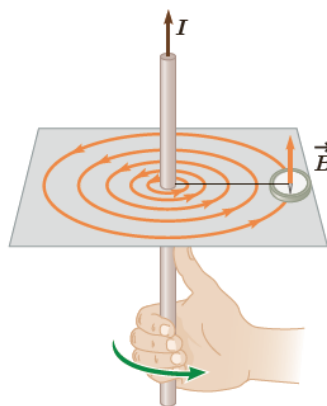
میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی : دیدیم که اگر سیم حامل جریان الکتریکی داخل میدان مغناطیسی قرار بگیرد به آن سیم نیرو وارد می شود. جالب اینجاست که خود سیم حامل جریان نیز در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می کند، به عبارتی عبور بار الکتریکی درون سیم رسانا موجب ایجاد میدان مغناطیسی می گردد. خطوط این میدان مغناطیسی به صورت دایره های هم مرکز به مرکز خود سیم می شود که در شکل زیر نشان داده ایم:



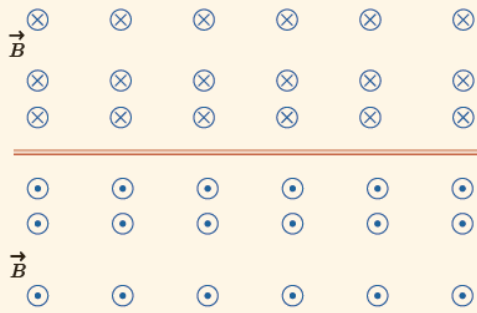
جهت خطوط میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان : جهت خطوط میدان را می توانیم با قرار دادن عقربه مغناطیسی اطراف سیم بدست آوریم مانند شکل زیر :



همچنین با استفاده از قانون دست راست می توان جهت خطوط را بدست آوریم: بدین صورت که سیم را طوری در دست راست می گیریم که انگشت شصت ما در جهت جریان قرار گیرد جهت خم شدن چهار انگشت دیگرمان جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان خواهد داد:

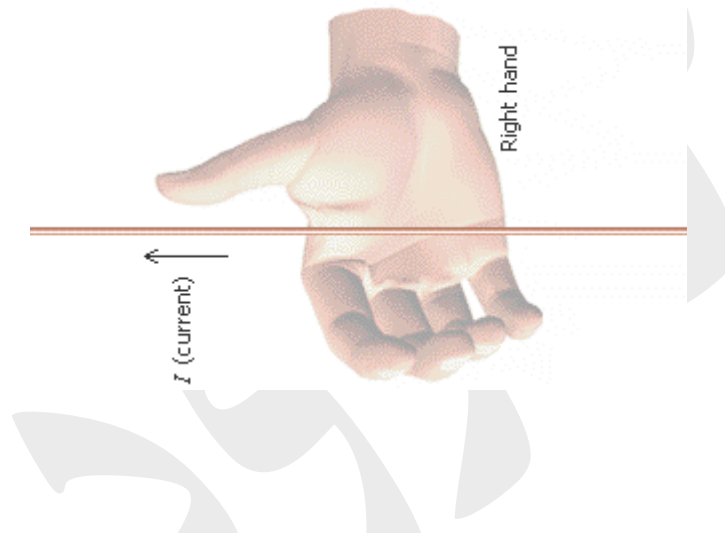


پرسش ۳-۶

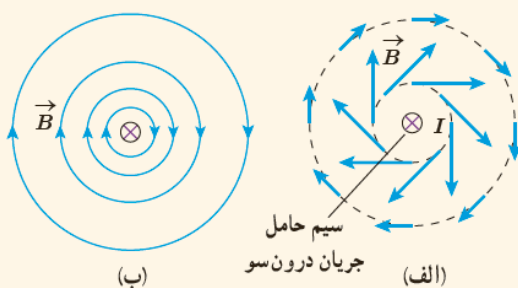


شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سو و در ناحیه پایین آن برون سو است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

پاسخ پرسش ۳-۶: میدان در بالای سیم درون سو و در پایین سیم برون سو است، برای پیدا کردن جهت جریان انگشت دست راستتان را باید طوری روی سیم قرار دهید که وقتی چهار انگشت دیگر را خم می‌کنید در بالای سیم به سمت داخل صفحه باشد و در پایین سیم به سمت خودتان باشد انگشت شصت جهت جریان را نشان می‌دهد. پس دست ما بدین صورت قرار می‌گیرد و جهت جریان از راست به چپ است:



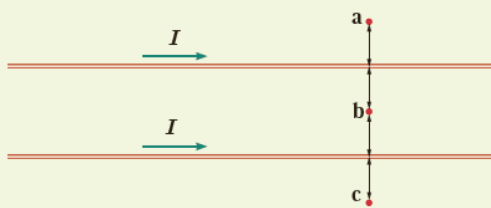
پرسش ۳-۷



دریافت خود را از شکل‌های الف و ب بیان کنید. در بیان خود، به چگونگی تغییر جهت و اندازه میدان \vec{B} در اطراف سیم حامل جریان اشاره کنید.

پاسخ پرسش ۳-۷: در شکل الف و ب سیم درون سو است یعنی جهت جریان عمود بر صفحه به سمت داخل می‌باشد، انگشت شصت دست راستتان را روی علامت ضرب در قرار دهید (به صورت عمود) چهار انگشت دیگر را خم کنید، جهت خم شدن انگشتان در هر نقطه جهت خطوط میدان را نشان می‌دهد که در هر نقطه با نقطه دیگر متفاوت می‌باشد و نشان دهنده دایره ای بودن خطوط میدان در اطراف سیم حامل جریان است.

تمرین ۳-۳



جهت میدان مغناطیسی برآیند (خالص) را ناشی از سیم‌های موازی و بلند حامل جریان را در هر یک از نقطه‌های a، b و c پیدا کنید. نقطه b در فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.

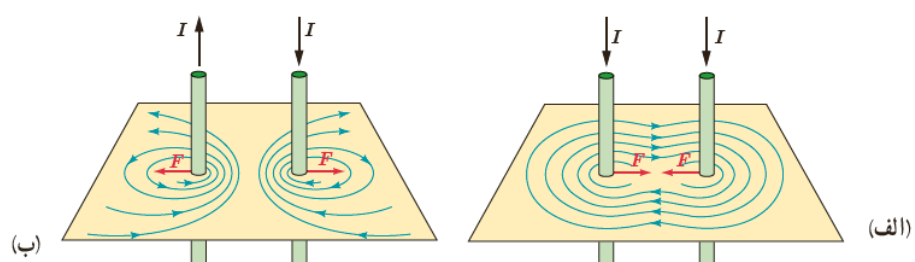
پاسخ تمرین ۳-۳: اگر جهت جریان در سیم از چپ به راست باشد میدان در بالای سیم برونسو و در پایین سیم درونسو می‌شود، نقطه a بالای هر دو سیم قرار دارد و میدان ناشی از هر دو سیم در آن نقطه برونسو می‌باشد پس برآیند این دو میدان در آن نقطه برونسو است.

نقطه c در پایین هر دو سیم قرار دارد پس میدان مغناطیسی ناشی از هر دو سیم در نقطه c درونسو می‌باشد که برآیند این دو هم درونسو می‌شود.

در نقطه b میدان مغناطیسی ناشی از سیم بالایی درونسو و میدان مغناطیسی ناشی از سیم پایینی برونسو است پس یکدیگر را خنثی کرده و میدان در نقطه b صفر می‌شود.

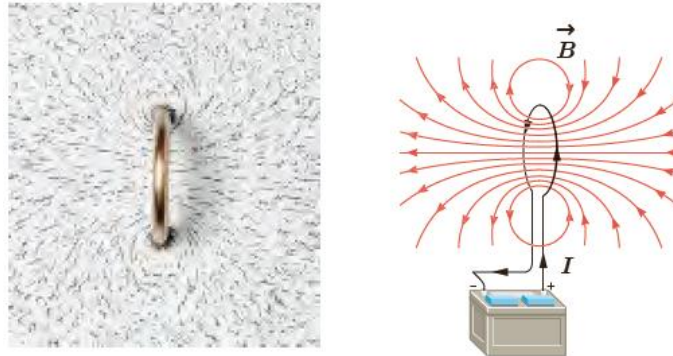
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان: دیدیم وقتی سیمی حامل جریان است اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و از آن طرف هم می‌دانیم اگر سیم حامل جریانی داخل میدان مغناطیسی باشد از طرف میدان به سیم نیرو وارد می‌گردد. پس اگر دو سیم حامل جریان را کنار هم قرار دهیم چون اطرافشان میدان مغناطیسی وجود دارد به هم نیرو وارد می‌کنند. **نوع نیرویی که دو سیم حامل جریان به یکدیگر وارد می‌کند به شرح زیر است:**

- اگر دو سیم موازی حامل جریان کنار هم باشند و جریان عبوری در آن دو خلاف جهت هم باشند آن دو سیم یکدیگر را دفع می‌کنند (نیروی دافعه)
- اگر دو سیم موازی حامل جریان کنار هم باشند و جریان عبوری در آن دو هم جهت باشند آن دو سیم یکدیگر را جذب می‌کنند (نیروی جاذبه)



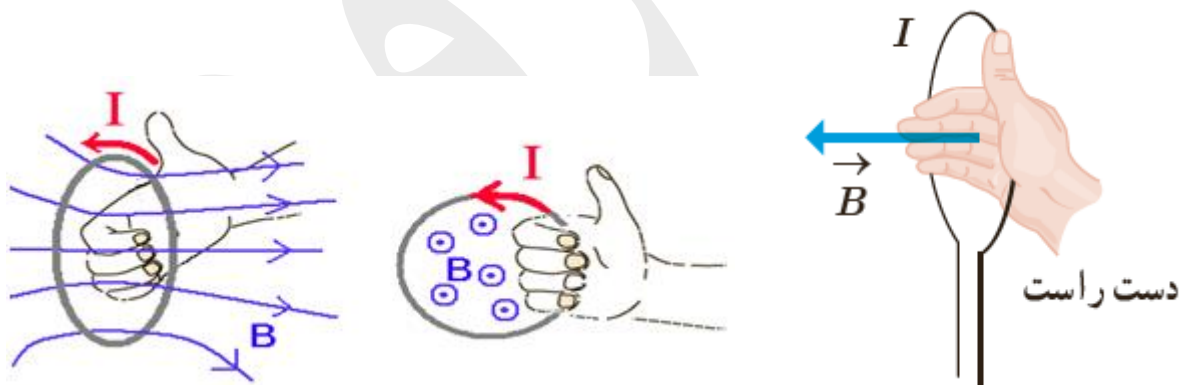
میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه رسانای حامل جریان: اگر یک سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه در بیابیم میدان مغناطیسی در اطراف حلقه ایجاد می شود که اندازه میدان در داخل و مرکز حلقه قوی تر می باشد.

خطوط میدان مغناطیسی اطراف طقه رسانا به شکل زیر است:

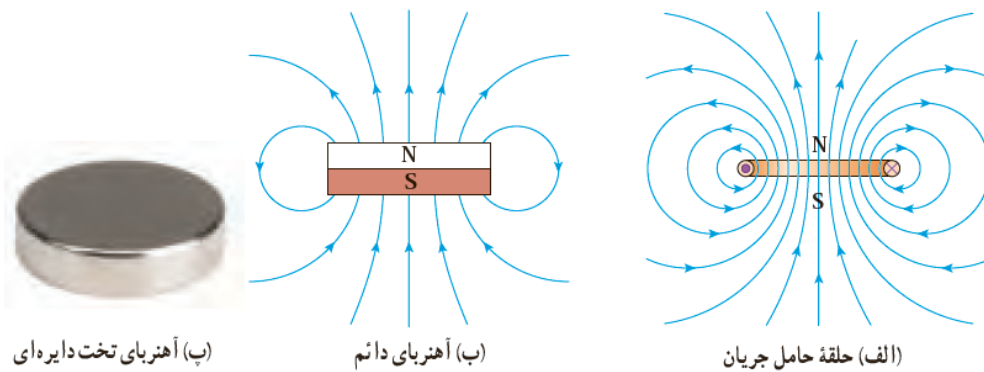


توجه! برای یافتن جهت خطوط میدان مغناطیسی داخل حلقه رسانا از قانون دست راست بدین صورت استفاده می کنیم:

حلقه را طوری در دست راستمان می گیریم که انگشت شصت مان در جهت جریان باشد آنگاه جهت خم شدن چهار انگشت نشان دهنده جهت خطوط میدان داخل حلقه است ، به شکل زیر :



توجه! مقایسه میدان مغناطیسی حلقه حامل جریان با آهنربای تخت دایره ای نشان می دهد که خطوط میدان مغناطیسی این دو یکسان است پس می توانیم حلقه حامل جریان را یک دو قطبی مغناطیسی (همانند آهنربا) در نظر بگیریم:



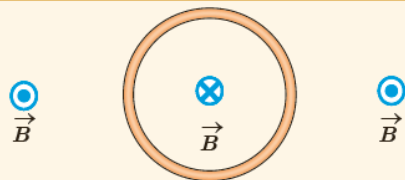
(ب) آهنربای تخت دایره‌ای

(ب) آهنربای دائم

(الف) حلقه حامل جریان

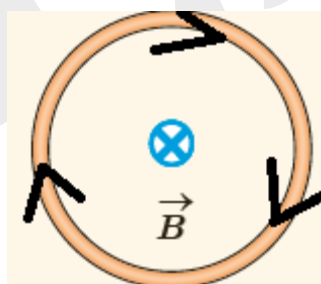
در نتیجه جهت چهار انگشتمان (هنگام یافتن خطوط مغناطیسی) به هر طرف که خم شد آن طرف حلقه قطب N و طرف دیگر قطب S است.

پرسش ۳-۸

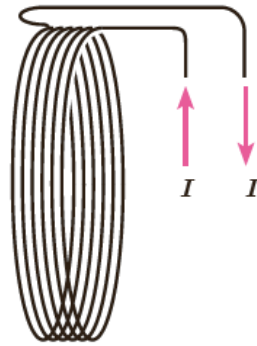


شکل روبه‌رو، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.

پاسخ پرسش ۳-۸: حلقه روی صفحه قرار دارد، این نکته را به یاد داشته باشید که اگر حلقه را مانند شکل رسم کنند میدان داخل حلقه یا برونسو است و یا درونسو و همچنین میدان در خارج حلقه برعکس میدان داخل حلقه می‌باشد. برای یافتن جهت جریان در حلقه به میدان داخل آن نگاه می‌کنیم، درونسو است، چهار انگشت دست راست را خم کرده داخل حلقه قرار دهید، انگشت شصتتان هر جهتی را نشان دهد آن جهت جریان می‌باشد. پس:



پیچ: یک پیچ شامل سیمی است که به صورت حلقه چندین دور پیچیده شده‌اند، دلیل اینکه به جای یک تک حلقه از پیچ استفاده می‌کنیم این است که تک حلقه میدان قدرتمندی نمی‌تواند ایجاد کند و اگر جریان را زیاد کنیم سیم می‌سوزد پس برای تشکیل میدان مغناطیسی قوی‌تر از چندین دور حلقه (پیچ) استفاده می‌شود.



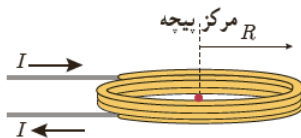
اندازه میدان مغناطیسی داخل پیچه: مقدار میدان مغناطیسی در مرکز پیچه از رابطه زیر بدست می آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

که در این رابطه N تعداد دور حلقه های پیچه، I جریان عبوری از پیچه، R شعاع حلقه های پیچه و μ_0 ضریب تراوایی

خلا می باشد که برابر است با: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T.m$

مثال ۳-۳



از پیچه مسطحی به شعاع $6/28\text{cm}$ که از 2000 دور سیم نازک درست شده است، جریان 20mA می گذرد (شکل روبه رو). اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به دست آورید.

پاسخ: با توجه به داده های مسئله داریم:

$$R = 6/28 \times 10^{-2} \text{m}, \quad N = 2000, \quad I = 20 \times 10^{-3} \text{A}, \quad B = ?$$

با جایگذاری این داده ها در رابطه ۳-۵ داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{T.m/A})(2000)(20 \times 10^{-3} \text{A})}{2(6/28 \times 10^{-2} \text{m})} = 4/0 \times 10^{-4} \text{T} = 4/0 \text{G}$$

تمرین ۳-۴

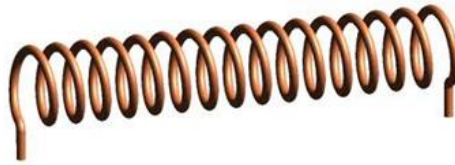
اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $3 \times 10^{-8} \text{G}$ اندازه گیری شده است. اگرچه جریان هایی که این میدان را به وجود می آورند بسیار پیچیده اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان ها به صورت تک حلقه ای دایره ای به قطر 16cm (پهنای یک سر نوعی) می توان مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

پاسخ تمرین ۳-۴: با استفاده از رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ بدست می آوریم: (دقت کنید که شعاع را بر حسب متر و میدان

مغناطیسی را بر حسب تسلا قرار دهید و به جای N در تک حلقه عدد ۱ قرار می گیرد).

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \rightarrow I = \frac{2RB}{\mu_0 N} = \frac{2 \times 8 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-12}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1} = 3.8 \times 10^{-7} A$$

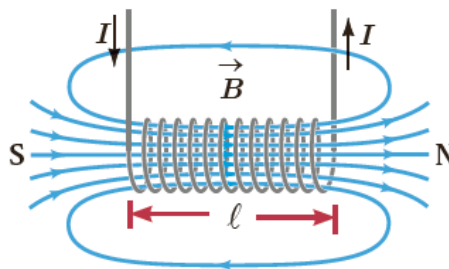
سیملوله: سیم طولی است که به صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است.



میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله حامل جریان: اگر از یک سیملوله جریان الکتریکی عبور کند در اطراف

سیملوله میدان مغناطیسی ایجاد می شود که تراکم خطوط میدان در داخل سیملوله بیشتر بوده و میدان یکنواختی داخل

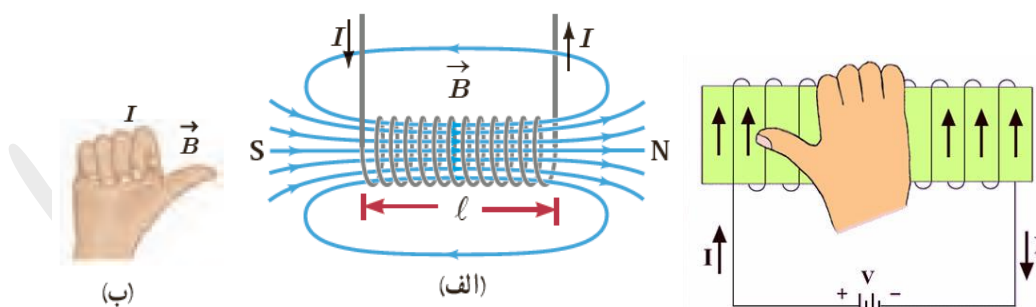
سیملوله ایجاد می شود.



جهت خطوط میدان الکتریکی داخل سیملوله: از قانون دست راست بدین صورت استفاده می کنیم: سیملوله را

طوری در دست راست می گیریم که جهت حرکت جریان هم راستا با جهت چهار انگشت قرار گیرد آنگاه انگشت

شصت جهت خطوط میدان مغناطیسی را در داخل سیملوله نشان خواهد داد. مانند شکل های زیر:



سیملوله آرمانی: اگر قطر حلقه های سیملوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه های آن، خیلی به هم

نزدیک باشند، به این سیملوله، سیملوله آرمانی گفته می شود.

اندازه میدان مغناطیسی داخل سیملوله آرمانی: اگر یک سیملوله به طول L داشته باشیم که N دور پیچیده شده

باشد و جریان I از آن عبور کند، آنگاه میدان مغناطیسی داخل این سیملوله از رابطه زیر بدست می آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

مثال ۳-۴

سیملوله‌ای آرمانی به طول ۱۵cm دارای ۶۰۰ حلقه سیم نزدیک به هم است. اگر جریان ۸۰۰mA از سیملوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در نقطه‌ای درون سیملوله و دور از لبه‌های آن پیدا کنید.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$\ell = 15\text{cm} = 0.15\text{m}, \quad N = 600, \quad I = 800\text{mA} = 800 \times 10^{-3}\text{A}, \quad B = ?$$

به این ترتیب داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}\text{T.m/A})(600)(800 \times 10^{-3}\text{A})}{0.15\text{m}} \approx 4/0 \times 10^{-3}\text{T} = 4\text{G}$$

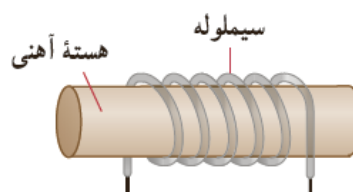
تمرین ۳-۵

سیملوله‌ای آرمانی به طول ۴۰cm چنان طراحی شده است که جریان بیشینه‌ای به شدت ۱/۲A می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیملوله، اندازه میدان مغناطیسی درون آن و دور از لبه‌ها ۲۷G می‌شود. تعداد دورهای سیملوله چقدر باید باشد؟

پاسخ تمرین ۳-۵: با استفاده از رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$ داریم:

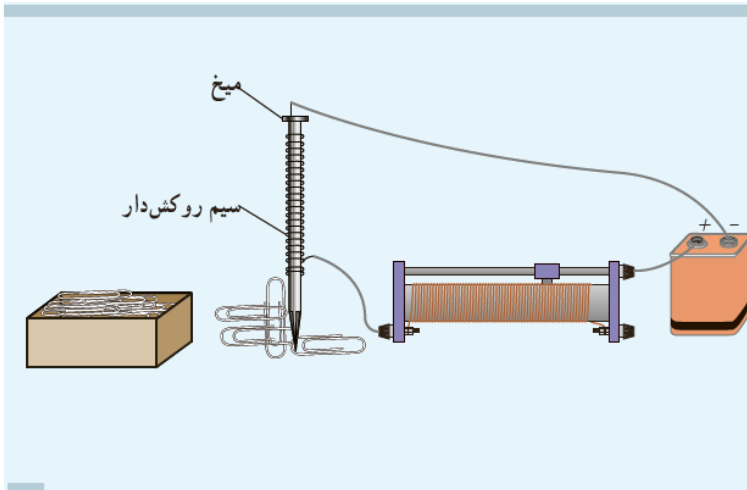
$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \rightarrow N = \frac{BL}{\mu_0 I} = \frac{270 \times 10^{-3} \times 0.4}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.2} = 7.16 \times 10^3$$

توجه! میدان مغناطیسی سیملوله بسیار کم می‌باشد و کاربرد چندانی ندارد از این رو یک هسته آهنی داخل سیملوله قرار می‌دهند که این هسته آهنی در اثر میدان مغناطیسی اطراف آن به آهنربا تبدیل شده و میدان را تقویت می‌کند.



از این وسیله به عنوان آهنربای الکتریکی استفاده می‌شود.

فعالیت ۳-۶



قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی ببچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رثوستنا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید. الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیره فلزی را می‌تواند بلند کند. ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجه کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

پاسخ فعالیت ۳-۶: هرچه جریان و تعداد دور بیشتر شود به همان نسبت نیرویی مغناطیسی هم بیشتر می‌شود.

ویژگی های مغناطیسی مواد:

مواد مغناطیسی: موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند.

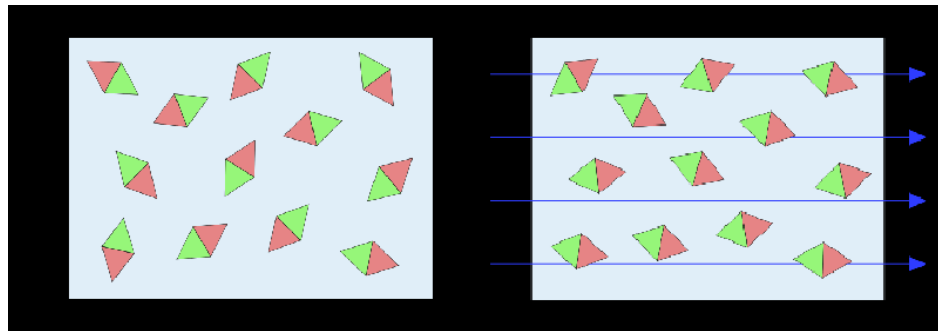
کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهنده این مواد (اتم‌ها یا مولکول‌ها) مانند دو قطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند. دو قطبی‌های مغناطیسی را با یک پیکان کوچک نشان می‌دهیم که می‌توانند جهت‌گیری‌های متفاوتی داشته باشند و هرکدام از آنها وابسته به یک اتم یا مولکول اند.

انواع مواد مغناطیسی: مواد از نظر مغناطیسی به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: ۱. پارامغناطیسی ۲. دیامغناطیسی

۳. فرومغناطیسی

۱. **مواد پارامغناطیسی:** این مواد دارای خاصیت مغناطیسی هستند اما دو قطبی‌های مغناطیسی آن‌ها به صورت

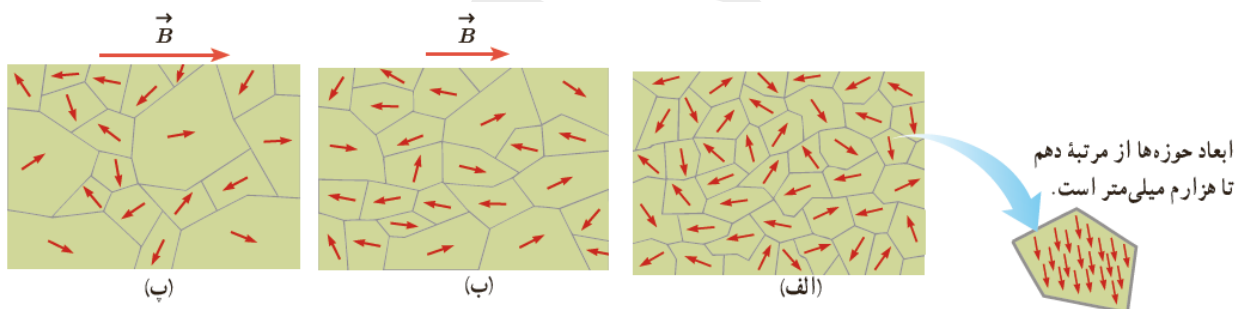
نامنظم و کاتوره‌ای جهت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی برآیند داخل این مواد صفر است. اما هنگامی که مواد پارامغناطیسی را داخل یک میدان مغناطیسی قوی (مثلاً کنار یک آهنربای قوی) قرار دهیم دو قطبی‌ها در یک جهت قرار می‌گیرند و خاصیت مغناطیسی در این مواد به طور ضعیف ایجاد می‌شود که با دور کردن آهنربا یا قطع میدان دوباره به حالت قبلی بر می‌گردند.



توجه! از مواد پارامغناطیسی می توان به اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن اشاره کرد.

۲. مواد فرومغناطیس: این مواد نیز دارای دوقطبی های مغناطیسی هستند که برهمکنش این دو قطبی ها باعث می شود در محدوده های کوچکی از ماده دوقطبی ها در یک جهت قرار می گیرند و حوزه های مغناطیسی ایجاد می کنند. هر حوزه در یک جهت قرار دارد که هنگام وجود یک میدان خارجی این حوزه ها تحت تاثیر میدان مغناطیسی خارجی قرار گرفته و هم جهت می شوند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصرها فرومغناطیسی اند. نکته: درون هر حوزه تقریباً از مرتبه 10^{19} اتم وجود دارد که دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها هم جهت اند.

توجه! هنگام وجود میدان خارجی در کنار ماده فرومغناطیس حوزه های هم جهت با میدان بزرگتر و قوی تر می شوند و هرچه میدان مغناطیسی بزرگتر شود حوزه های نیز بزرگتر می شوند. شکل زیر:



انواع مواد فرومغناطیسی: مواد فرومغناطیسی به دو نوع ۱. فرومغناطیس نرم و ۲. فرومغناطیس سخت تقسیم می شوند.

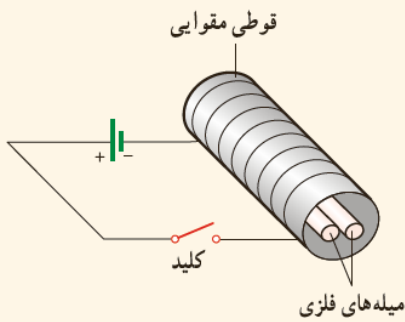
فرومغناطیس نرم: حوزه های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می کند و ماده به سادگی آهنربا می شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچها و سیملوله ها استفاده می شود. مواد فرومغناطیسی نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) نیز مناسب اند.

فرومغناطیس سخت: برخی مواد دیگر مانند فولاد (آهن به اضافه ۲ درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می شوند؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه ها در آنها به سختی تغییر می کند. این

مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می نامند. در این مواد، سمت گیری دوقطبی های مغناطیسی حوزه ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زمان زیادی، تقریباً بدون تغییر باقی می ماند. به عبارت دیگر، پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می کند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب اند.

۳. **مواد دیامغناطیس:** اتم های مواد دیامغناطیسی، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می تواند سبب القای دوقطبی های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود.

پرسش ۳-۹



دو میله فلزی بلند مطابق شکل روبه رو درون سیملوله ای که دور یک قوئی مقوایی پیچیده شده است قرار دارند. با بستن کلید و عبور جریان از این سیملوله، مشاهده می شود که دو میله از یکدیگر دور می شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می شود، میله ها به محل اولیه باز می گردند.

الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله ها از یکدیگر دور می شوند؟

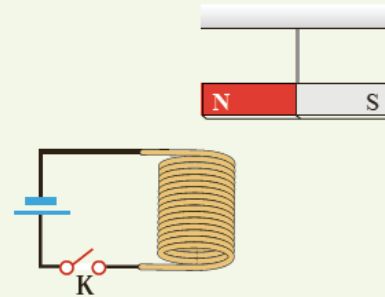
ب) با دلیل توضیح دهید میله های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می گیرند.

پاسخ پرسش ۳-۹ :

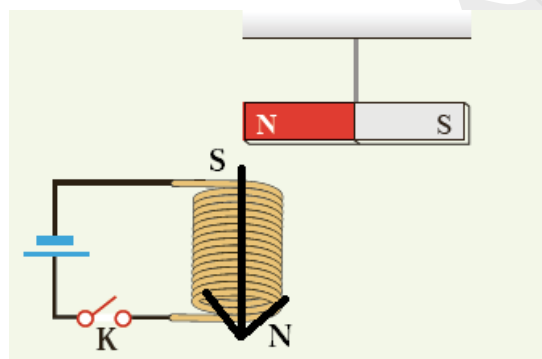
الف: زیرا با عبور جریان و ایجاد میدان مغناطیسی، دو میله آهنربا شده و به دلیل کنار هم قرار داشتن قطب های همنام از هم دور می شوند.

ب: این میله ها به راحتی آهنربا می شوند و با قطع میدان خارجی خاصیت آهنربایی خود را از دست می دهند پس فرومغناطیس نرم هستند.

۱۶ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، بالای سیملوله‌ای آویزان شده است. توضیح دهید با بستن کلید K چه تغییری در وضعیت آهنربا رخ می‌دهد.

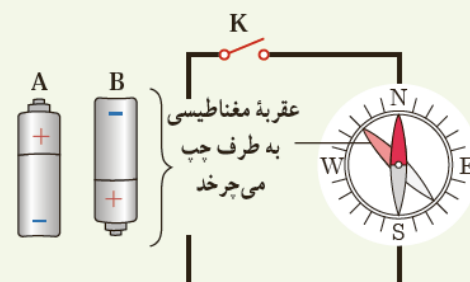


پاسخ تمرین ۱۶ آخر فصل: با عبور جریان از این سیملوله طبق قانون دست راست جهت میدان داخلی سیملوله از بالا به سمت پایین می‌شود.



پس قسمت بالایی سیملوله دارای قطب S شده و باعث می‌شوند آهنربا به سیملوله جذب گردد.

۱۷ کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا پس از بستن کلید K، عقربه قطب‌نما که روی سیم قرار دارد، در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت شروع به چرخش کند؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.



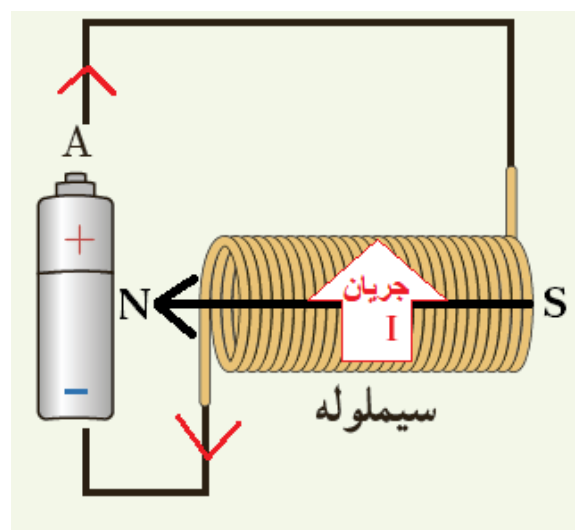
پاسخ تمرین ۱۷ آخر فصل: با استفاده از قانون دست راست باید جهت میدان پس از اتصال باتری باید به سمت چپ شود. خب چهار انگشت دست راست را به طرف خود بگیرید طوری که وقتی انگشتها را خم می کنید به سمت چپ خم شوند آنگاه مشاهده می کنید که انگشت شصتتان به سمت پایین است. پس جریان در قسمتی که قطب نما وجود دارد به سمت پایین می شود در نتیجه باید جریان به صورت ساعت گرد در حلقه ایجاد شود. پس باید باتری A را متصل کنیم.

۱۸ کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا آهنربای میله‌ای آویزان شده به طرف سیملوله جذب شود؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

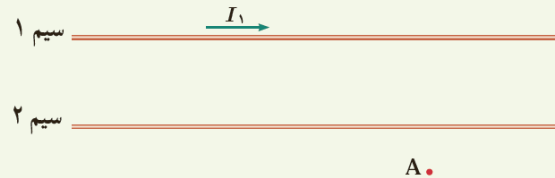
سیملوله

آهنربای میله‌ای آویزان شده

پاسخ تمرین ۱۸ آخر فصل: باید در سمت راست سیملوله قطب S و در سمت چپ قطب N ایجاد شود. پس جریان به شکل زیر می شود که باید باتری A را متصل کنیم.



۱۹ شکل زیر، دو سیم موازی و بلند حامل جریان را نشان می‌دهد. اگر میدان مغناطیسی برآیند حاصل از این سیم‌ها در نقطه A صفر باشد، جهت جریان آن را در سیم ۲ پیدا کنید.



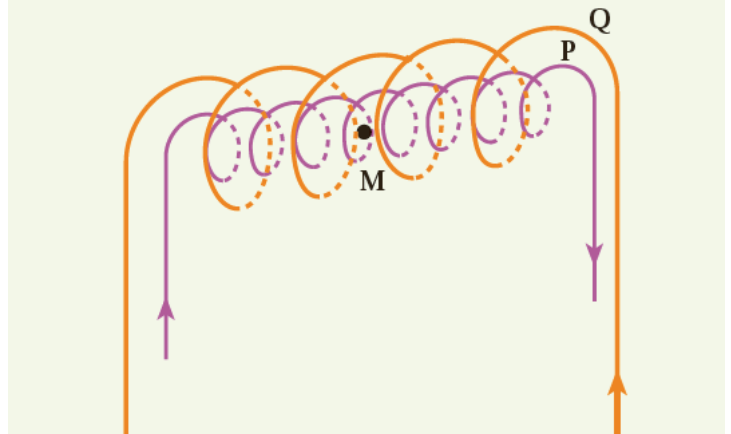
پاسخ تمرین ۱۹ آخر فصل: سیم ۱ در نقطه A میدان درون‌سوی ایجاد می‌کند. برای خنثی شدن میدان در نقطه A باید سیم ۲ میدان برون‌سوی در آن نقطه ایجاد کند که جریان عبوری در سیم ۲ به سمت چپ خواهد بود.

۲۰ سیم‌لوله‌ای شامل 250° حلقه است که دور یک لوله پلاستیکی توخالی به طول 0.14 متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیم‌لوله 0.8 A باشد، اندازه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را حساب کنید.

پاسخ تمرین ۲۰ آخر فصل: میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله آرمانی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 250 \times 0.8}{0.14} = 1.79 \times 10^{-3} T$$

۲۱ در شکل زیر دو سیملوله P و Q هم محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملوله P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملوله Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیملوله Q عبور کند، از سیملوله P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟



پاسخ تمرین ۲۱ آخر فصل: باید میدان هر دو مساوی باشد تا یکدیگر را خنثی کنند.

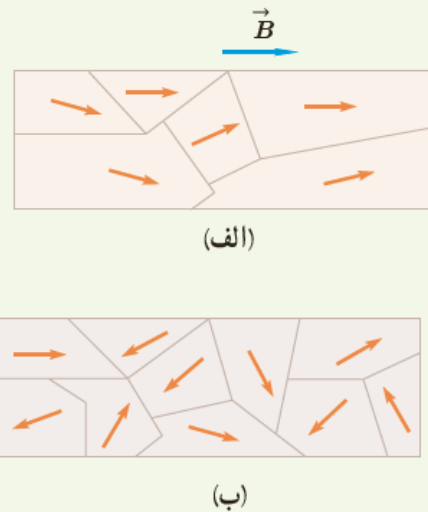
$$B_P = B_Q$$

$$\left(\frac{\mu_0 NI}{L}\right)_P = \left(\frac{\mu_0 NI}{L}\right)_Q \rightarrow \left(\frac{\mu_0 \times 200 \times I}{L}\right)_P = \left(\frac{\mu_0 \times 300 \times 1}{L}\right)_Q$$

طول و ضریب هر دو یکسان است پس از دو طرف حذف می شوند و داریم:

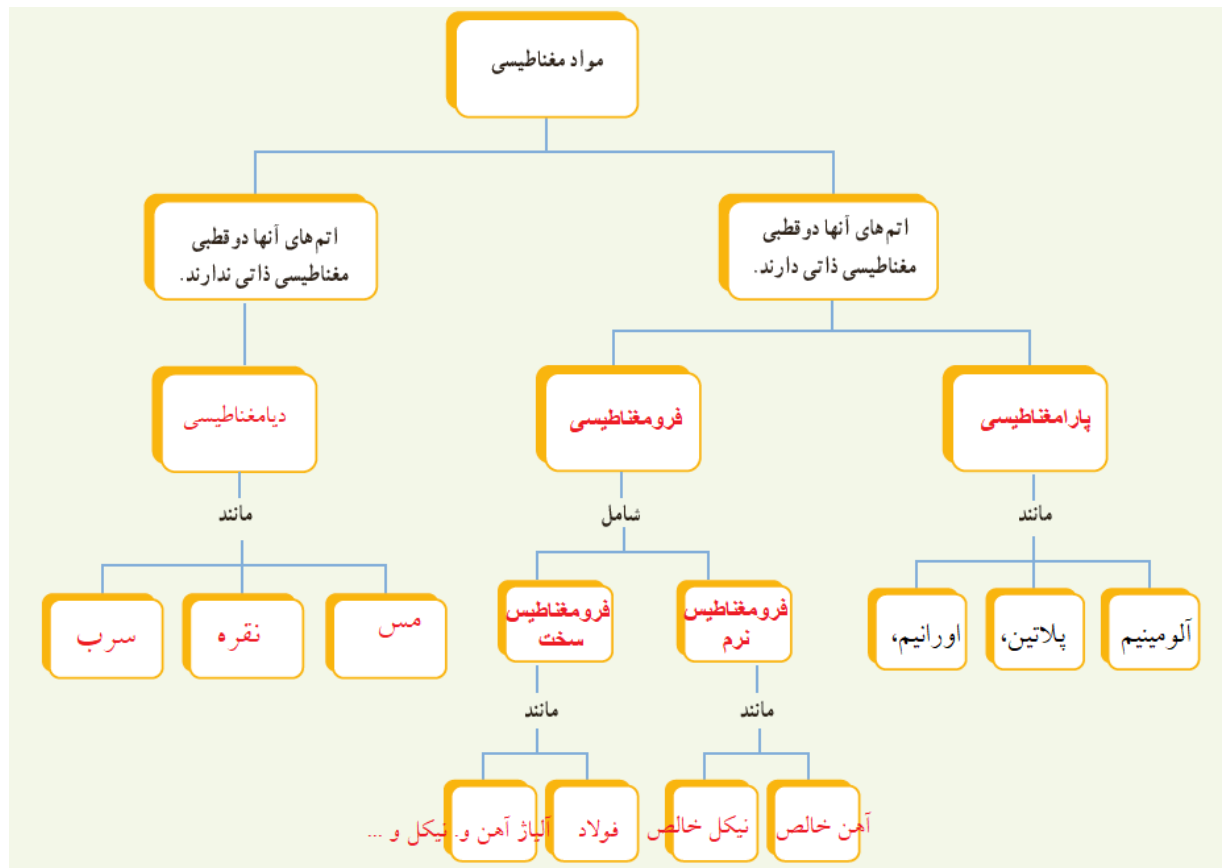
$$200 I = 300 \times 1 \rightarrow I = \frac{300}{200} = 1.5 A$$

۲۲ شکل الف حوزه‌های مغناطیسی ماده فرومغناطیسی را درون میدان خارجی \vec{B} نشان می‌دهد. شکل ب همان ماده را پس از حذف میدان \vec{B} نشان می‌دهد. نوع ماده فرومغناطیسی را با ذکر دلیل تعیین کنید.



پاسخ تمرین ۲۲ آخر فصل : فرومغناطیس نرم است زیرا پس از حذف میدان خارجی حوزه‌ها به شکل قبل برگشتند.

۲۳ با توجه به آنچه در بخش ویژگی‌های مغناطیسی مواد دیدید، نقشه مفهومی زیر را کامل کنید.



پی نوشت: بی شک این جزوه درسی عاری از اشکال نگارشی و محاسباتی و همچنین غلط های املائی نیست. از شما خوانندگان گرامی تقاضا دارم نقد های خود را برای هر چه بهتر شدن این جزوه و همچنین جزوات بعدی برایمان ارسال فرمایید.

راههای ارتباطی :

سایت : www.garmroudi.ir

تلگرام: <https://telegram.me/grmrd>

توجه: هر گونه استفاده از مطالب جزوه و کپی برداری از آن حرام بوده و پیگرد قانونی دارد.