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 ۰,۱)

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 مانیسا 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 ۳ـ۱

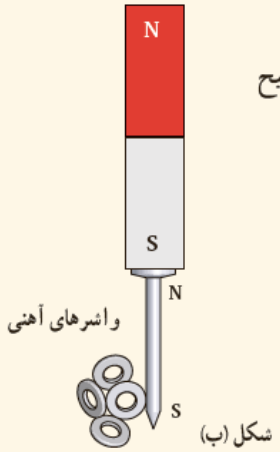
فرض کنید دو میلهٔ کاملاً مشابه، یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. باگفت‌وگو در گروه خود، روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن و بدون استفاده از هیچ وسیلهٔ دیگر، بتوان میله‌ای را که از جنس آهنرباست مشخص کرد.

پاسخ پرسش ۳-۱ : 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.

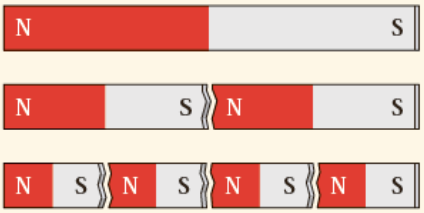
پرسش ۳ـ۲

۱ـ دریافت خود را از شکل الف بیان کنید.

۲ـ در علوم هشتم با پدیدهٔ القای مغناطیسی آشنا شدید. با توجه به شکل ب این پدیده را توضیح دهید و بیان کنید چرا در پدیدهٔ القای مغناطیسی همواره جذب وجود دارد؟



شکل (ب)



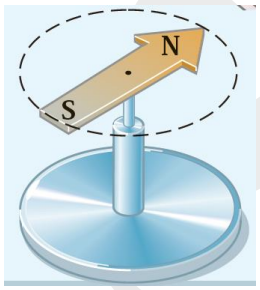
شکل (الف)

پاسخ پرسش۳-۲ : ۱) نتیجه می گیریم هر چه قدر هم آهنربا را تکه تکه کنیم باز قطعات دارای دو قطب مغناطیسی بوده و تک قطبی مغناطیسی معنا ندارد.

۲) زیرا هنگام القا قطب های ناهم نام کنار هم قرار می گیرد و می دانیم قطب های ناهم نام یکدیگر را جذب می کنند.

میدان مغناطیسی: خاصیتی در فضای اطراف آهن ربا می باشد که موجب وارد شدن نیرو به سایر مواد مغناطیسی در آن فضا می گردد.

توجه: میدان مغناطیسی کمیتی برداری بوده و آن را با نماد $\vec{B}$ نشان می دهند و یکای آن $\frac{N}{A.m}$ است که به اختصار T تسلا می نامیم .



عقربه مغناطیسی: آهنربای کوچک جهت داری است که از یک نقطه آویزان می شود و برای جهت یابی میدان مغناطیسی به کار می رود. نوک عقربه دارای قطب N است .

فعالیت ۳ـ۱

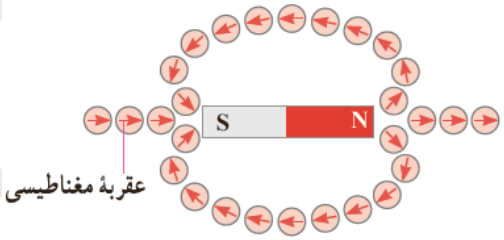
یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به یک عقربهٔ مغناطیسی نزدیک کنید (شکل روبه‌رو). آنچه را می‌بینید توضیح دهید. با دور کردن آهنربا از قطب‌نما چه اتفاقی می‌افتد؟ دلیل آن را شرح دهید. درصورتی‌که قطب‌نما در اختیار ندارید، یک سوزن ته‌گرد مغناطیسی شده را روی سطح آب، درون ظرفی شناور سازید. به این ترتیب،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

پاسخ فعالیت ۳-۱ : وقتی آهنربا را به عقربه مغناطیسی نزدیک می کنیم قطب ناهم نام با آهنربا به سمت آهنربا جهت گیری می کند و با دور کردن آهن ربا عقربه مغناطیسی در جهت قطب های جغرافیایی زمین قرار می گیرد. پس نتیجه می گیریم کره زمین دارای خاصیت مغناطیسی می باشد.

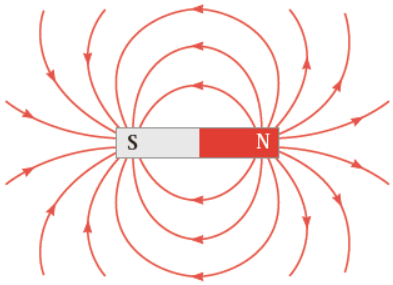
یافتن جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا: همانطور که گفتیم میدان مغناطیسی کمیتی برداری است پس دارای جهت می باشد، برای یافتن جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا کافی است عقربه مغناطیسی را در آن نقطه قرار بدهیم ، جهت میدان مغناطیسی همراستا با قطب N عقربه خواهد بود.

خطوط میدان مغناطیسی : میدان مغناطیسی با چشم قابل دیدن نیست برای مشخصی کردن میدان مغناطیسی در فضا از خط های جهت داری به نام خطوط میدان مغناطیسی استفاده می کنیم که خواصی مشابه خطوط میدان الکتریکی دارند.

توجه! وقتی عقربه مغناطیسی را در اطرف آهنربا میله ای قرار دهیم در هر نقطه به شکل زیر خواهد بود:

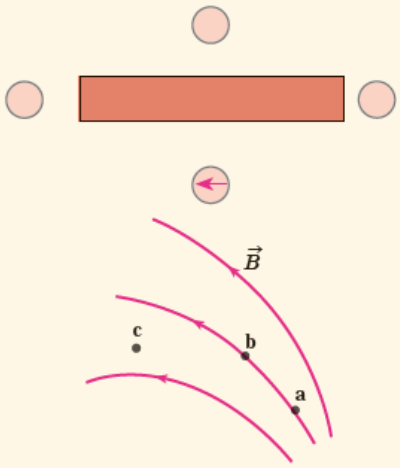


پس خطوط میدان در اطراف یک آهنربا به شکل زیر می شود:



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.

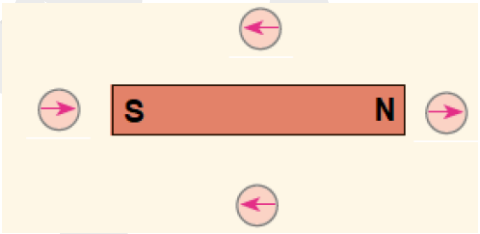
پرسش ۳ـ۳



۱ـ شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربهٔ مغناطیسی را نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟
(ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.

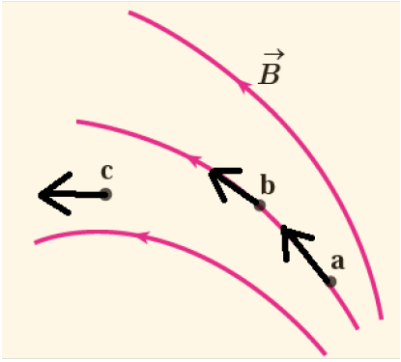
۲ـ شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

پاسخ پرسش ۳-۳ : ۱) 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.

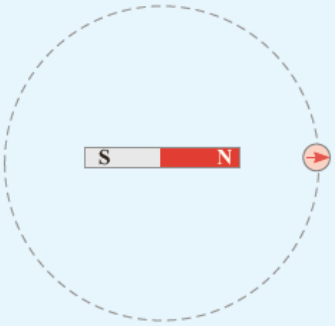


ب:

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

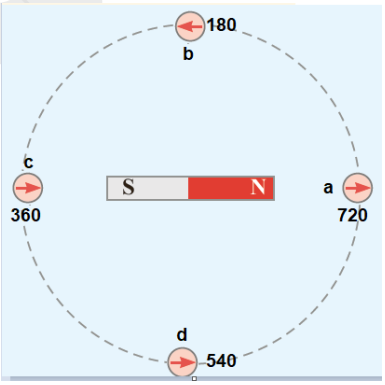


فعالیت ۳ـ۲



یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربهٔ 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 ۳-۲ : همانطور که مشاهده می کنید با حرکت عقربه از نقطه a تا نقطه b جهت عقربه برعکس می شود که به معنی چرخش ۱۸۰ درجه است، از نقطه b تا c نیز ۱۸۰ چرخش می کند و همینطور تا نقطه a که در کل می شود ۷۲۰ درجه چرخش.



آزمایش ۳ـ۱

هدف: مشاهدهٔ طرح خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهٔ آهن

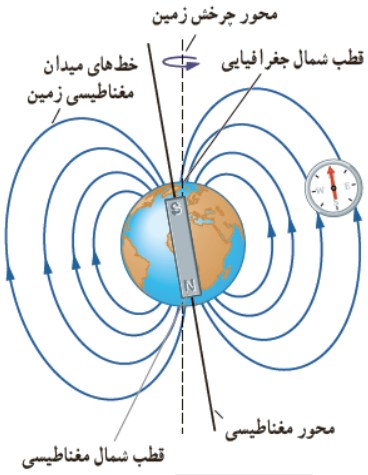
وسیله‌های مورد نیاز : آهنربای میله‌ای (دو عدد)، برادهٔ آهن، یک ورقهٔ شیشه‌ای یا مقوایی، نمک پاش (یا وسیلهٔ دیگری برای پاشیدن برادهٔ آهن) و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجهٔ آزمایش (اختیاری)

شرح آزمایش :

- یکی از آهنرباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحهٔ شیشه‌ای (یا مقوایی) را روی آن بگذارید.
- به کمک نمک پاش، کمی برادهٔ آهن را به طور یکنواخت روی شیشه (مقوا) بپاشید.
- چند ضربهٔ آرام به صفحهٔ شیشه‌ای بزنید تا برادهای آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحهٔ شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).
- مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به‌ترتیب : قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).

(پ) (ب) (الف)

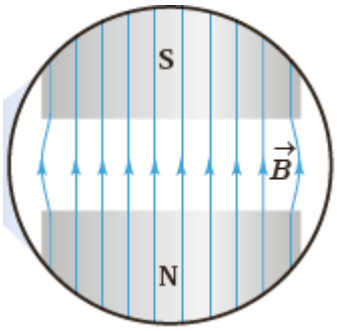
میدان مغناطیسی زمین : زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می کند قطب شمال آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است .قطب های مغناطیسی زمین بر قطب های جغرافیایی آن منطبق نیستند . در واقع، قطب های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند وعقربه مغناطیسی قطب نما درجهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی گیرد 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.

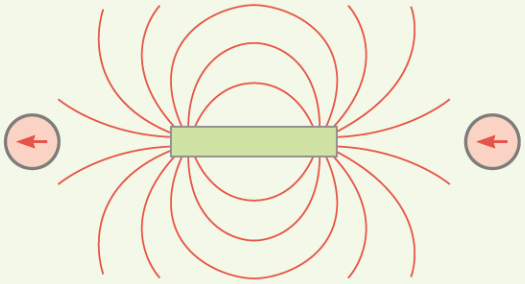
شیب مغناطیسی : وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربه مغناطیسی را از وسط آن آویزان می کنیم در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می سازد .به این زاویه، شیب مغناطیسی گفته می شود.

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

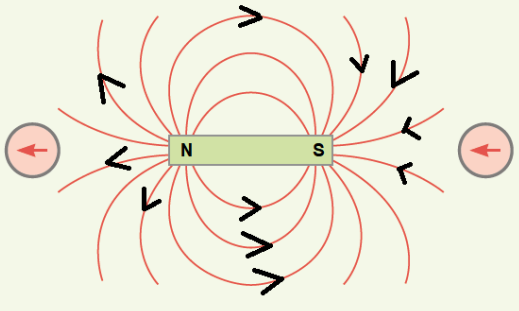


پاسخ تمرینات مرتبط با مطالب گفته شده :

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



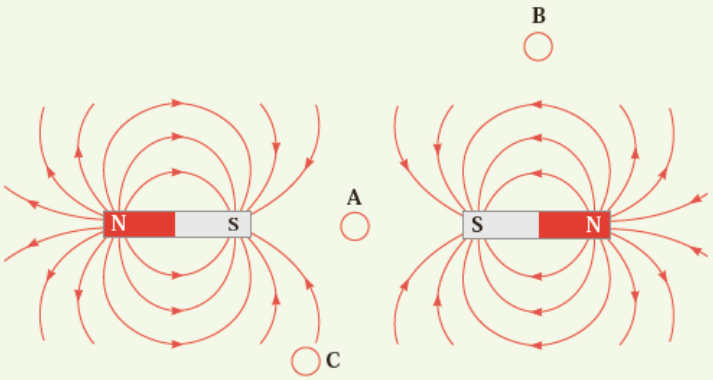
پاسخ تمرین ۱ آخر فصل : با توجه به اینکه جهت عقربه مغناطیسی همواره جهت میدان الکتریکی را نشان می دهد پاسخ به شکل زیر خواهد بود:



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

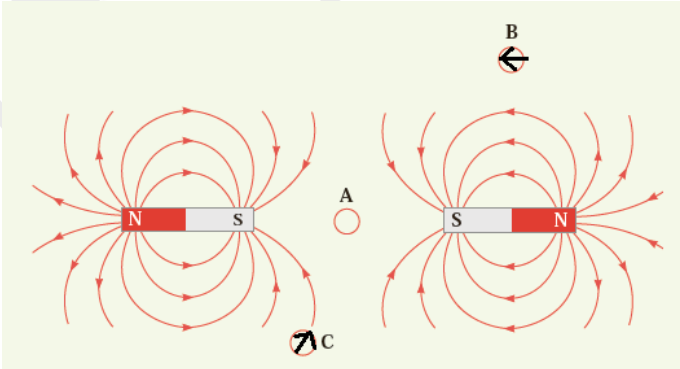
الف) دربارهٔ میدان مغناطیسی در نقطهٔ A چه می‌توان گفت؟

ب) با رسم شکل نشان دهید عقربهٔ قطب‌نما در نقطه‌های B و C به ترتیب در کدام جهت قرار می‌گیرد؟

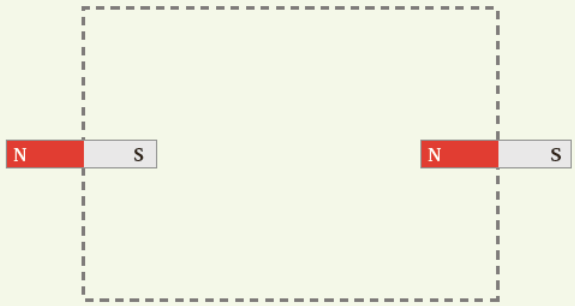


پاسخ تمرین ۲ آخر فصل : الف : می توانیم بگوییم میدان در آنجا صفر است ، خطوط میدان وجود میدان را نشان می دهند.

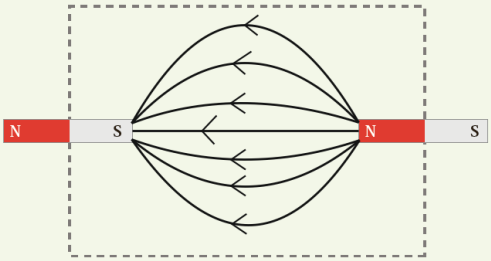
ب: به شکل زیر می شود:



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

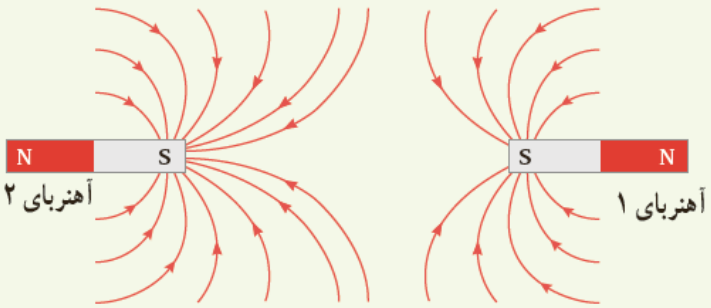


پ: به یاد داشته باشید جهت خطوط میدان مغناطیسی خارج از آهن ربا از قطب N به سمت قطب S می باشد.



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. اندازهٔ 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 همنام 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.

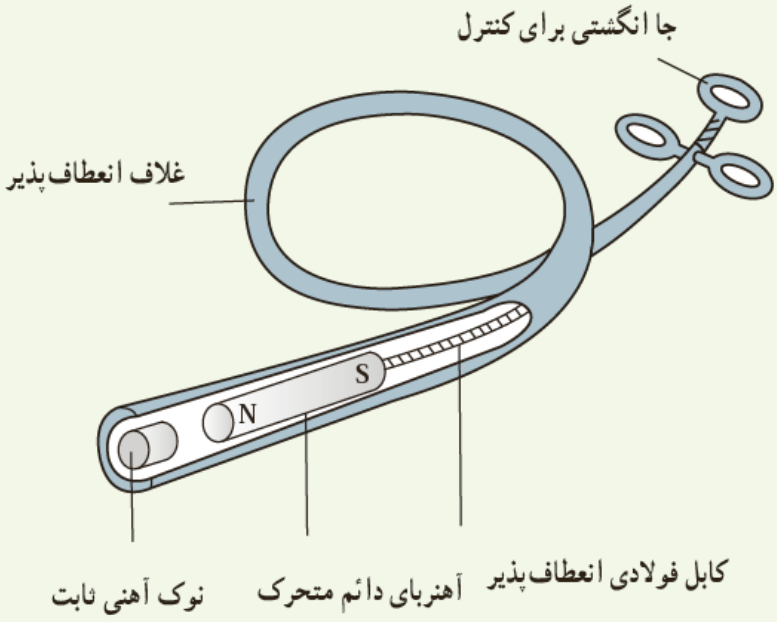
۴ کودکی یک قطعهٔ کوچک آهنی را بلعیده است. پزشک می‌خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد.

الف) هنگامی‌که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) ساختن نوک ثابت آهن 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 گیرهٔ آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلوی کودک بیرون بیاورد؛ کدام‌یک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟



پاسخ تمرین ٤ 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 گلوی 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.

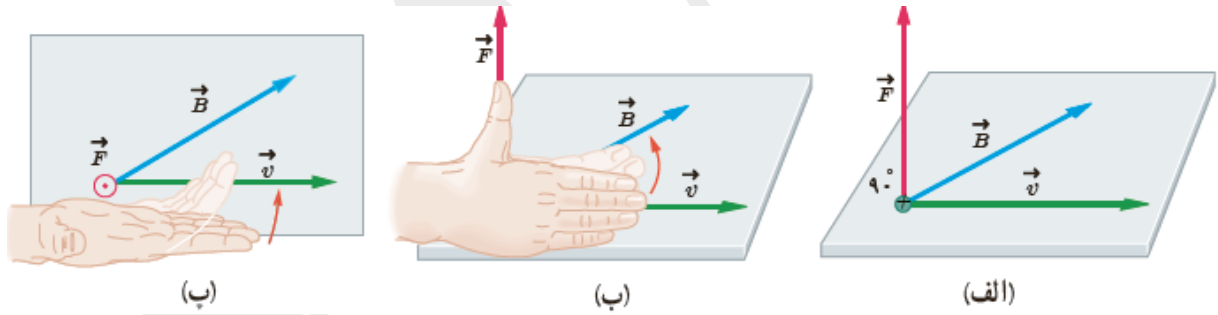
نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار: می دانیم که میدان الکتریکی به بار الکتریکی نیرو وارد می کند اما جالب اینجاست که میدان مغناطیسی نیز می تواند در شرایط خاصی به بار الکتریکی نیروی مغناطیسی وارد کند، اگر یک بار الکتریکی q با سرعت $\vec{v}$ در داخل میدان الکتریکی حرکت کند (و جهت حرکت آن با خطوط میدان موازی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

توجه! لازمه ی 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 نگهه 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 انگشتتان 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.



(الف) (ب) (پ)

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

اندازه نیروی وارد بر بار متحرکت 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 :

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

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

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

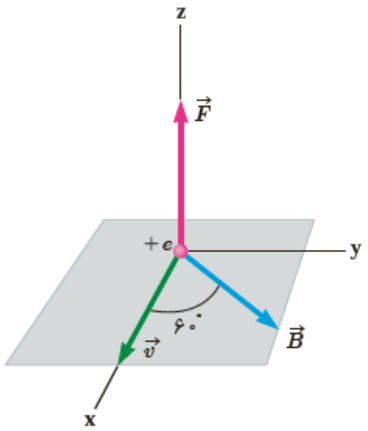
یا:

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

توجه! اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب ها بیشترین (۰/۶۵ G) و در استوا کمترین (۰,۲۵ G) است . بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آهنرباهای میله ای کوچک حدود ۰,۱ تا ۱ تسلا است . همچنین بزرگ ترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۴۵ تسلا است.

مثال ۳ـ۱

ذرّه‌ای با بار $q=-۴/۰\,nC$ و با تندی $v=۲۰\,m/s$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B=۱۲۰\,G$ زاویهٔ $\theta=۶۰^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر این ذرّه را حساب کنید.



پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

$$|q| = +۴/۰\times۱۰^{-۹}C\ ,\ v = ۲۰\,m/s\ ,$$
$$B = ۱۲۰\times۱۰^{-۴}T \text{ و } \theta = ۶۰^\circ$$

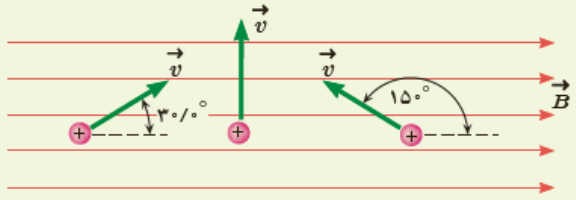
با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۱ داریم :

$$F=|q|vB\sin\theta$$
$$=(۴/۰\times۱۰^{-۹}C)(۲۰\,m/s)(۱۲۰\times۱۰^{-۴}T)\sin۶۰^\circ\approx۸/۳\times۱۰^{-۶}N$$

تمرین ۳ـ۱

۱ـ بر پروتونی که با زاویهٔ $\theta=۳۰^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازهٔ $B=۳۲۰\,G$ در حرکت است نیرویی به‌اندازهٔ $F=۵/۱۲\times۱۰^{-۱۴}N$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۲ـ سه ذرّه، هر کدام با بار $q=۶/۱۵\,\mu C$ و تندی $v=۴۶\,m/s$، در میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $B=۰/۱۶۵T$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی وارد بر هر ذرّه را حساب کنید.



پاسخ تمرین ۳-۱ :

۱: تندی پروتون به صورت زیر بدست می آید:

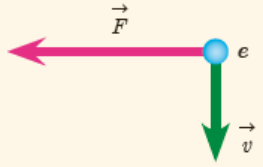
$$F = |q|vBsin\theta \rightarrow v = \frac{F}{|q|Bsin\theta} = \frac{۵.۱۲ \times ۱۰^{-۱۴}}{۱.۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۳۲۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۰.۵} = ۲ \times ۱۰^{۴}\, km/s$$

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

$$F_۱ = |q|vBsin\theta = ۶.۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۶ \times ۰.۱۶۵ \times \sin ۳۰ = ۲۳.۳۳ \times ۱۰^{-۶} N$$
$$F_۲ = |q|vBsin\theta = ۶.۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۶ \times ۰.۱۶۵ \times \sin ۹۰ = ۴۶.۶۶ \times ۱۰^{-۶} N$$
$$F_۱ = |q|vBsin\theta = ۶.۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۶ \times ۰.۱۶۵ \times \sin ۱۵۰ = ۲۳.۳۳ \times ۱۰^{-۶} N$$

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

پرسش ۳ــ۴

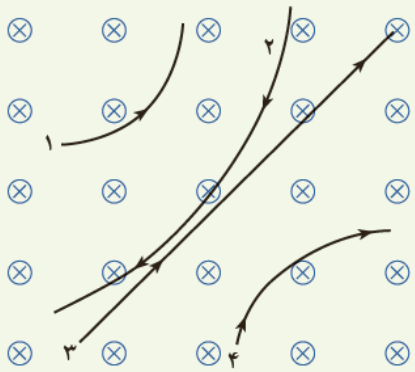


الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟

☐ بالا ☐ راست ☐ درون‌سو ☐ برون‌سو

پاسخ پرسش ۳-۴ : اگر چهار انگشت دست راستتان 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 : درونسو

۵ چهار ذرّه هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون‌سو مسیرهایی مطابق شکل زیر می‌پیمایند. دربارهٔ نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



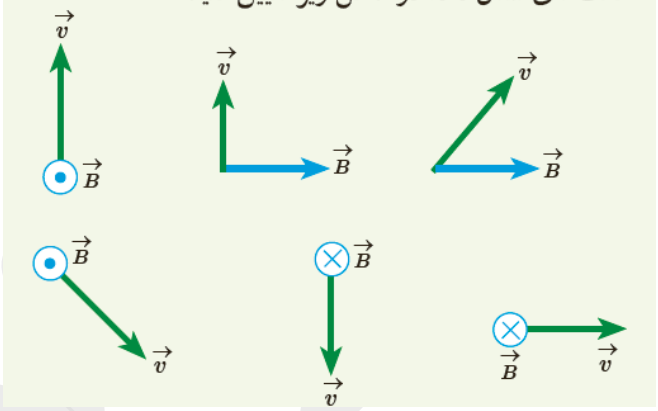
پاسخ تمرین ۵ آخر فصل: یک به یک ذره ها را بررسی می کنیم: بگذارید از ذره ۳ شروع کنیم! این ذره بدون بار است و نیروی به آن وارد نمی شود ، زیرا بدون انحراف درون میدان مغناطیسی عمود بر سرعت حرکت می کند.

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 درونسو 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.

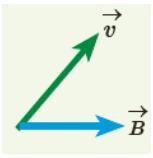
ذره شماره ۲ : این ذره در حال حرکت به سمت پایین بوده که به سمت چپ انحراف پیدا کرده است، اگر کف دست را روی برگه قرار دهید و چهار انگشت دست راستتان را به سمت پایین(جهت حرکت اولیه بار) قرار دهید انگشت شصتتان به سمت راست قرار می گیرد ! یعنی اگر بار مثبت بود به سمت راست انحراف پیدا میکرد اما اینگونه نیست پس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

ذره شماره ٤: این ذره به سمت بالا در حال حرکت بود که به سمت راست انحراف پیدا کرده است، اگر کف دست درونسو روی برگه قرار دهید چهار انگشتتان به سمت بالا ، انگشت شصت در جهت چپ قرار می گیرد اما ذره به سمت راست حرکت کرده است ، پس این ذره دارای بار منفی است.

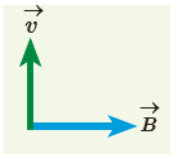
۶ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت را در هریک از حالت‌های نشان داده در شکل زیر تعیین کنید.



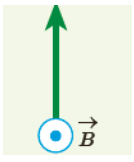
پاسخ تمرین ٦ آخر فصل :



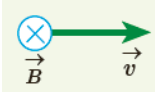
(درونسو) کف دست راستتان را به سمت راست بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت آنگاه انگشت شصتتان به سمت داخل صفحه خواهد بود.



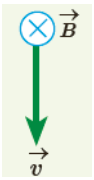
(درونسو) کف دست راستتان را به سمت راست بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت (بالا) آنگاه انگشت شصتتان به سمت داخل صفحه خواهد بود.



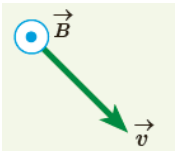
(راست) میدان B برونسو است کف دستتان را به سمت خارج از صفحه بگیرید(به سمت خودتان) چهار انگشت به سمت بالا ، انگشت شصتتان به سمت راست خواهد بود.



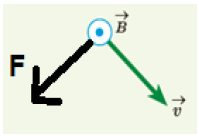
(بالا) کف دست راستتان را به سمت داخل صفحه بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v سرعت (راست) آنگاه انگشت شصتتان به سمت بالا خواهد بود.



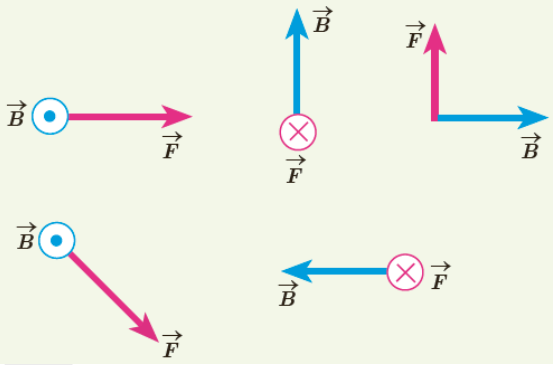
(راست) کف دست راستتان را به سمت داخل صفحه بگیرید و چهار انگشتان را در جهت v (پایین) آنگاه انگشت شصتتان به سمت راست خواهد بود.



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

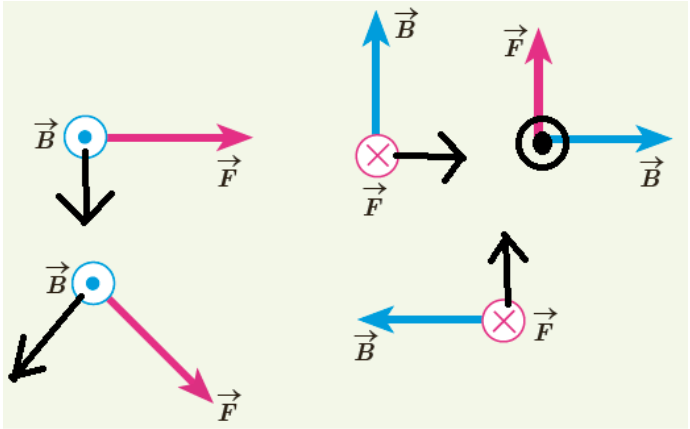


۷ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل زیر، نشان داده شده است. فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است؛ در هریک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.

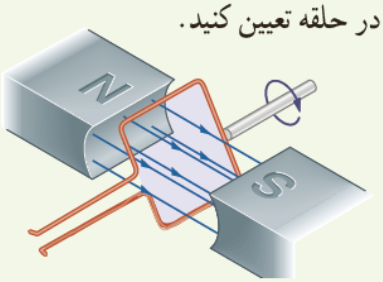


پاسخ تمرین ۷ آخر فصل: برای یافتن جهت حرکت الکترون که یک بار منفی است ، با قانون دست راست کف دست را در جهت میدان B و انگشت شصتمان را در جهت نیرو قرار می دهیم و چهار انگشتمان هر جهتی را که نشان داد عکس آن را در نظر می گیریم. یا اینکه با استفاده از دست چپ : کف دست را در جهت میدان ، انگشت شصت در جهت نیرو قرار می دهیم و چهار انگشت دست چپ جهت حرکت الکترون را نشان می دهد.

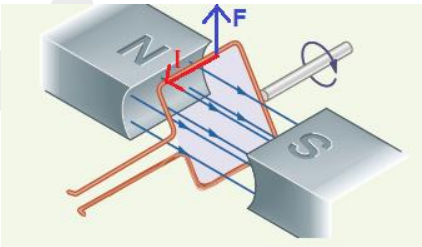
در شکل های زیر تمام جهت هایی که به صورت دستی کشیده شده اند جهت حرکت الکترون را بیان می کنند:



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 می شود. 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 $۴/۴\times۱۰^{۶}\ m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $۱۸mT$ در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت $\vec{B}$، زاویهٔ ۶۰° 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 $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و جرم آن را $۱/۷\times۱۰^{-۲۷}kg$ در نظر بگیرید).

پاسخ تمرین ۹ آخر فصل:

الف: اندازه نیرو از رابطه $F = |q|vBsin\theta$ بدست می آید:

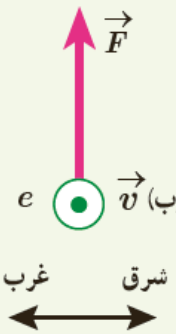
$$F = |q|vBsin\theta = ۱.٦ \times ۱۰^{-۱۹} \times ٤.٤ \times ۱۰^{٦} \times ۱۸ \times ۱۰^{-۳} \times \sin ٦۰ = ۱۰۹.۷ \times ۱۰^{-۱٦} N$$

ب: با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم : $a = \frac{F}{m} = \frac{۱۰۹.۷\times۱۰^{-۱٦}N}{۱.۷\times۱۰^{-۲۷}kg} = ٦.٤٥ \times ۱۰^{۱۲}\ {}^{N}/_{kg}$

۱۰ الکترونی با تندی $۲/۴\times۱۰^{۵}\,m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. اندازهٔ 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، رو به بالا و اندازهٔ آن برابر $۶/۸\times۱۰^{-۱۴}\,N$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی چقدر باشد تا همین نیرو را ایجاد کند؟



پاسخ تمرین ۱۰ آخر فصل:

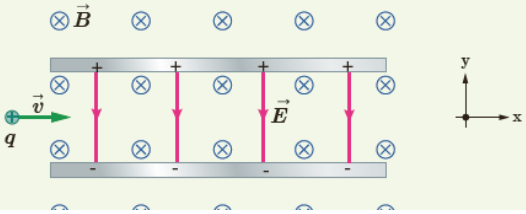
الف: جهت میدان را اینگونه بدست می آوریم: دست راستمان را طوری می گیریم که چهار انگشت دست راست در جهت حرکت الکترون که برونسو است (به طرف خودمان) و انگشت شصتمان در جهت بالا قرار گیرد آنگاه کف دست هر کجا را نشان داد برعکس می کنیم (زیرا بار الکترون منفی است) پس جهت میدان به سمت چپ است. و اما اندازه میدان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

$$B = \frac{F}{|q|vsin\theta} = \frac{٦.٨ \times ١٠^{-١٤}}{١.٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٢.٤ \times ١٠^{٥} \sin ٩٠} = ١.٧٧\,T$$

ب: نیرویی ٦.٨×١٠^{-١٤} نیوتونی ایجاد شده توسط میدان الکتریکی از رابطه زیر بدست می آید:

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{٦.٨ \times ١٠^{-١٤}}{١.٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٤.٢٥ \times ١٠^{٥}\,N/C$$

۱۱ ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E = ۴۵۰\,N/C$ و $B = ۰/۱۸T$ 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

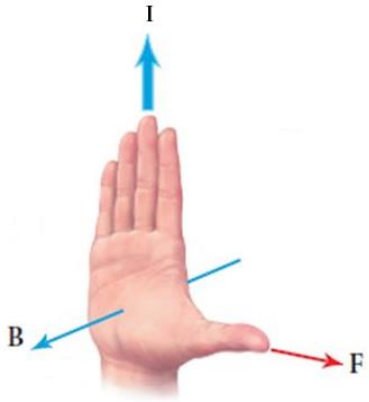
$$|q|vBsin\theta = |q|E \rightarrow \quad v = \frac{E}{Bsin\theta} = \frac{٤٥٠}{٠.١٨ \sin ٩٠} = ٢٥٠٠ \ {}^{m}/_{s}$$

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.

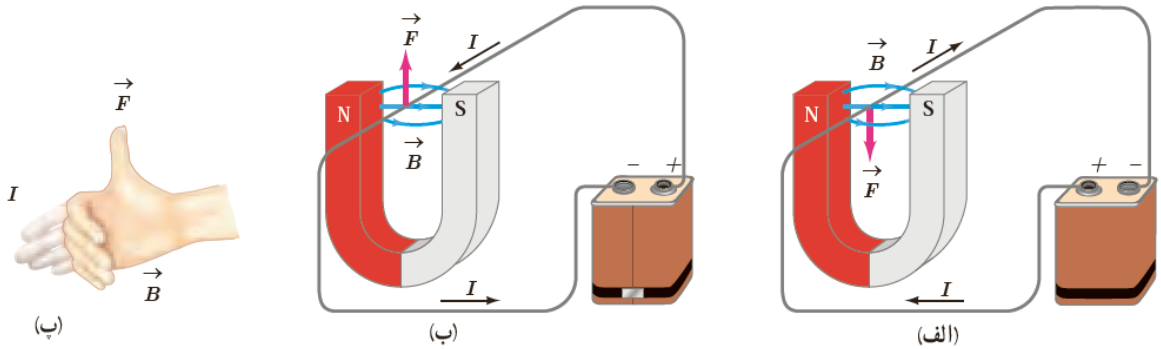
چه زمانی به یه سیم رسانا نیروی مغناطیسی وارد می شود؟ شرط اینکه به یک سیم نیرو وارد می شود این است که سیم داخل یک میدان مغناطیسی قرار گیرد و جریان الکتریکی از آن سیم عبور کرده و همچنین جهت سیم با جهت میدان موازی نباشد.(سیم و میدان در یک راستا نباشند)

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:

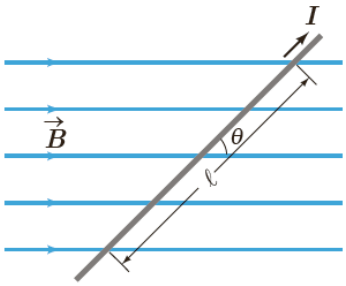


در شکل الف اگر چهار انگشت دست راستتان را در جهت جریان الکتریکی I بگیرید و کف دستتان در جهت میدان باشد آنگاه انگشت شصتتان به سمت پایین قرار می گیرد یعنی به سیم نیرویی به سمت پایین وارد می گردد، همچنین در شکل ب اگر دست راستتان طوری قرار بگیرد که چهار انگشت به سمت جریان و کف دست به سمت میدان باشد انگشت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

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

$$F = ILBsin\theta$$

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



پرسش ۳ـ۵

اگر در شکل ۳ـ۱۳ 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 $ILBsin\theta$ نیروی وارد بر سیم نیز صفر می شود.

مثال ۳ـ۲

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۴۰۰G در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویهٔ ۳۰° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم ۵/۰A باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر ۱/۰m از این سیم را حساب کنید.

پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

$$B = ۴۰۰\times۱۰^{-۴}\text{T} \ ، \ \theta = ۳۰^\circ \ ، \ I = ۵/۰\text{A} \quad و \quad \ell = ۱/۰\text{m}$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۳ داریم :

$$F = I\ell B\sin\theta = (۵/۰\text{A})(۱/۰\text{m})(۴۰۰\times۱۰^{-۴}\text{T})\sin ۳۰^\circ = ۰/۱۰\text{N}$$

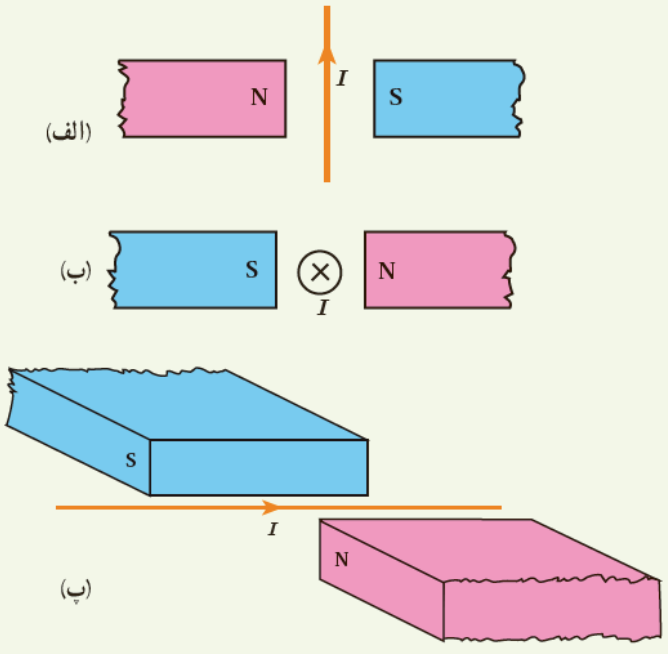
تمرین ۳ـ۲

سیم مستقیمی به طول ۲/۴m حامل جریان ۲/۵A از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم ۰/۴۵G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

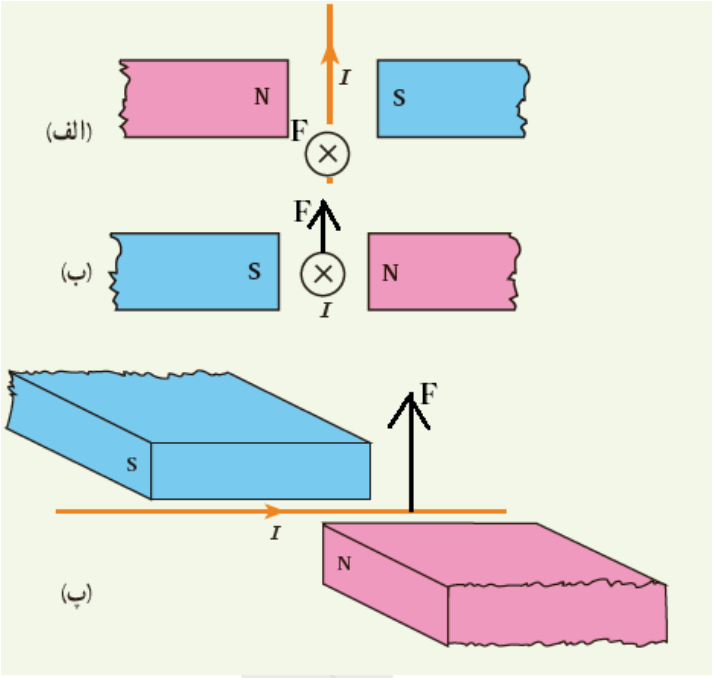
پاسخ تمرین ۳-۲ : جهت نیروی وارد بر سیم طبق قانون دست راست بدست می آید: کف دست درون سو چهار انگشت دست به سمت راست قرار گیرد آنگاه انگشت شصت به سمت پایین می شود که جهت نیرو را نشان می دهد. و اما اندازه نیرو به صورت زیر محاسبه می شود:

$$F = ILBsin\theta = ۲.۵ \times ۲.٤ \times ۰.٤۵ \times ۱۰^{-٤} \times \sin ۹۰ = ۲.۷ \times ۱۰^{-٤}N$$

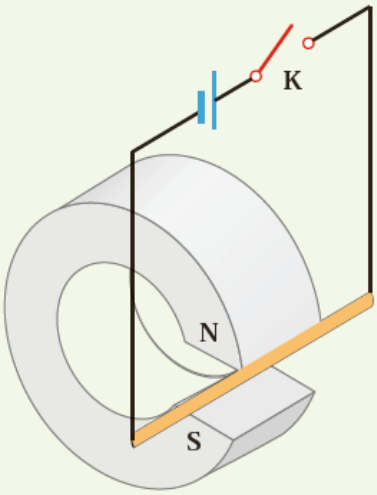
۱۲ جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را در هر یک از شکل‌های الف، ب و پ با استفاده از قاعدهٔ دست راست بیابید.



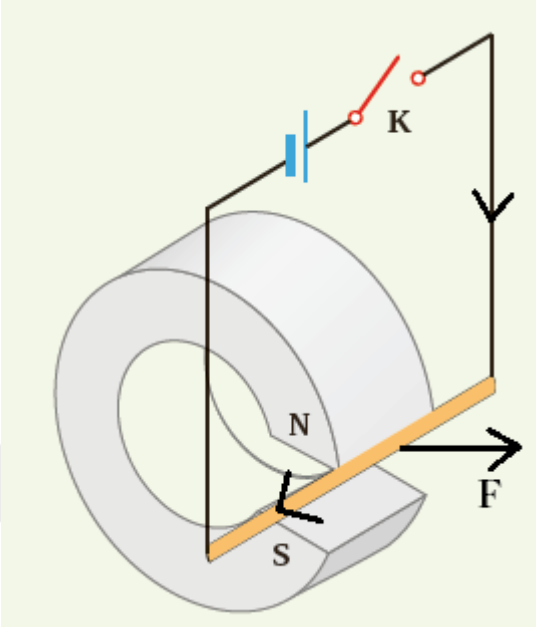
پاسخ تمرین ۱۲ آخر فصل:



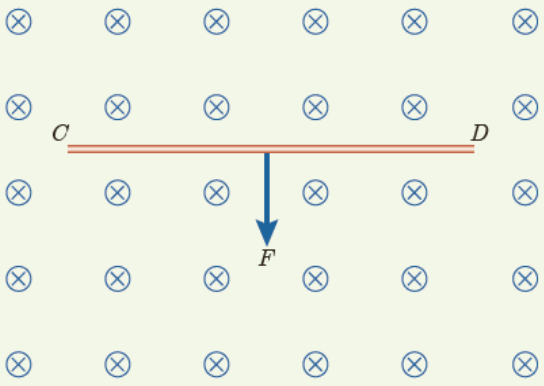
۱۳ یک میلهٔ رسانا به پایانه‌های یک باتری وصل شده و مطابق شکل در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل آویزان شده است و می‌تواند آزادانه نوسان کند. با بستن کلید K، چه اتفاقی برای میلهٔ رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.



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



۱۴ سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی درون‌سو با اندازهٔ ۰/۵T قرار گرفته است؛ اگر اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱N باشد، جهت و مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



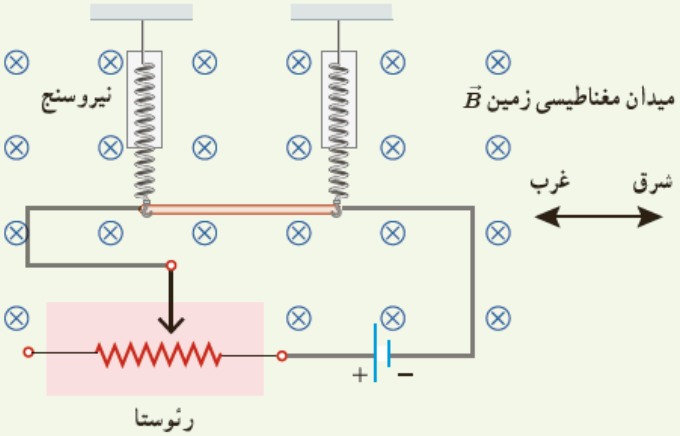
پاسخ تمرین ۱۴ آخر فصل : اگر کف دست را در جهت میدان(درونسو) و انگشت شصت را در جهت نیرو(پایین) قرار دهیم چهار انگشت دیگر به سمت چپ خواهد بود که جهت جریان را نشان می دهد. پس جهت جریان به سمت چپ است. اما اندازه جریان به صورت زیر بدست می آید :

$$F = ILBsin\theta \rightarrow \quad I = \frac{F}{LBsin\theta} = \frac{۱\ N}{۲ \times ۰.۵ \times \sin ۹۰} = ۱\ A$$

۱۵ یک سیم حامل جریان ۱/۶ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده‌اند، به‌طور افقی و در راستای غرب ــ شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به‌طرف شمال و اندازهٔ ۰/۰۵mT بگیرید.

الف) اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید.

ب) اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم ۸ گرم است (g = ۹/۸N/kg).



پاسخ تمرین ۱۵ آخر فصل:

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

$$F = ILBsin\theta = ۱.۶ \times ۱ \times ۰.۰۵ \times ۱۰^{-۳} \times \sin ۹۰ = ۸ \times ۱۰^{-۵} N$$

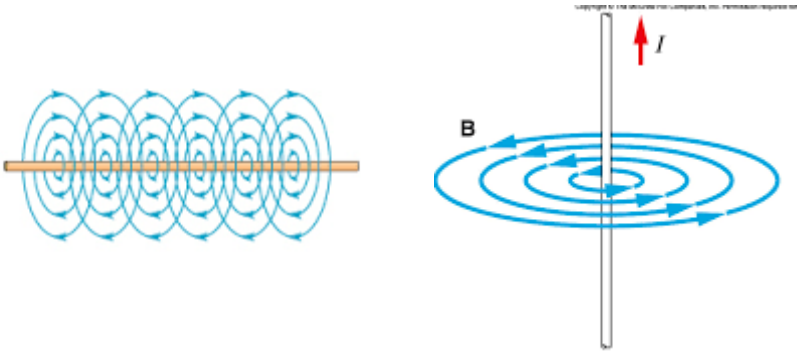
ب: زمانی نیرو سنج ها صفر می شوند که نیروی وارد بر سیم از طرف زمین(نیروی وزن) با نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (که خلاف جهت هم هستند) یکسان باشند. پس داریم :

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

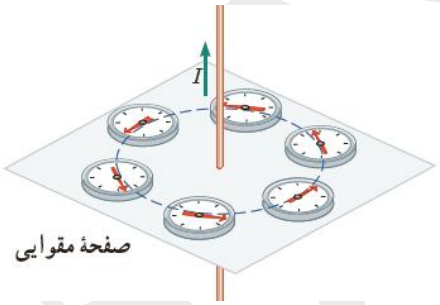
$$ILBsin\theta = mg \rightarrow \quad I = \frac{mg}{LB \sin ۹۰} = \frac{۸ \times ۱۰^{-۳} \times ۹.۸}{۱ \times ۰.۰۵ \times ۱۰^{-۳} \times \sin ۹۰} = ۱۵۶۸\, A$$

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.

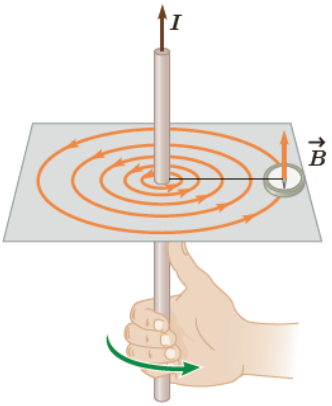
میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی : دیدیم که اگر سیم حامل جریان الکتریکی داخل میدان مغناطیسی قرار بگیرد به آن سیم نیرو وارد می شود. جالب اینجاست که خود سیم حامل جریان نیز در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می کند، به عبارتی عبور بار الکتریکی درون سیم رسانا موجب ایجاد میدان مغناطیسی می گردد. خطوط این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

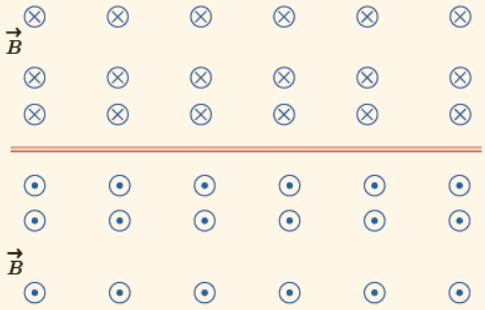


همچنین با استفاده از قانون دست راست می توان جهت خطوط را بدست آوریم: بدین صورت که سیم را طوری در دست راست می گیریم که انگشت شصت ما در جهت جریان قرار گیرد جهت خم شدن چهار انگشت دیگرمان جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان خواهد داد:

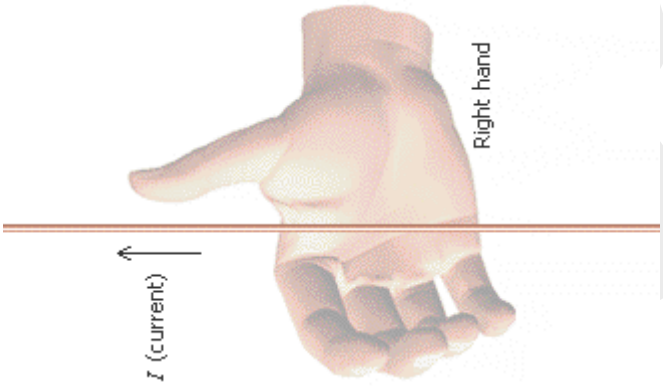


پرسش ۳ـ۶

شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیهٔ بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون‌سو و در ناحیهٔ پایین آن برون‌سو است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

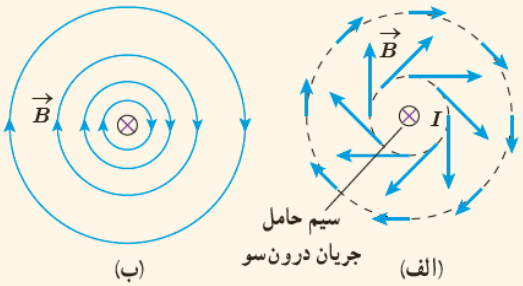


پاسخ پرسش ۳-۶ : میدان در بالای سیم درونسو و در پایین سیم برونسو است ، برای پیدا کردن جهت جریان انگشت دست راستتان را باید طوری روی سیم قرار دهید که وقتی چهار انگشت دیگر را خم می کنید در بالای سیم به سمت داخل صفحه باشد و در پایین سیم به سمت خودتان باشد آنگاه انگشت شصت جهت جریان را نشان می دهد.پس دست ما بدین صورت قرار می گیرد و جهت جریان از راست به چپ است:



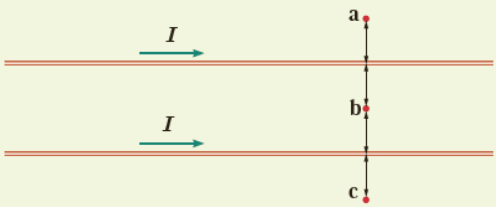
پرسش ۳ـ۷

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



پاسخ پرسش ۳-۷ : در شکل الف و ب سیم درونسو است یعنی جهت جریان عمود بر صفحه به سمت داخل می باشد، 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 می دهد که در هر نقطه با نقطه دیگر متفاوت می باشد و نشان دهنده دایره ای بودن خطوط میدان در اطراف سیم حامل جریان است.

تمرین ۳ـ۳



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

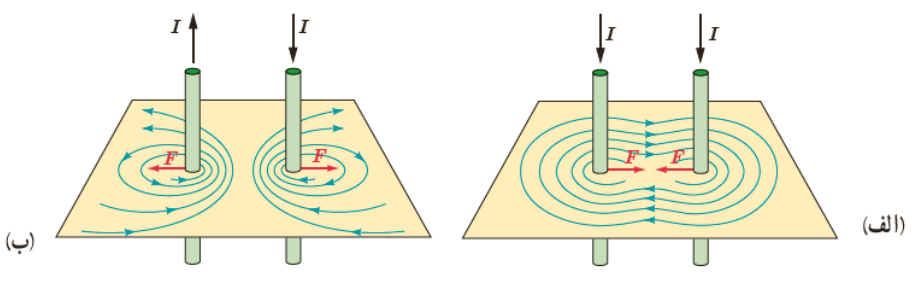
پاسخ تمرین ۳-۳ : اگر جهت جریان در سیم از چپ به راست باشد میدان در بالای سیم برونسو و در پایین سیم درونسو می شود، نقطه a بالای هر دو سیم قرار دارد و میدان ناشی از هر دو سیم در آن نقطه برونسو می باشد پس برآیند این دو میدان در آن نقطه برونسو است.

نقطه c در پایین هر دو سیم قرار دارد پس میدان مغناطیسی ناشی از هر دو سیم در نقطه c درونسو می باشد که برایند این دو هم درونسو می شود.

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 می شود.

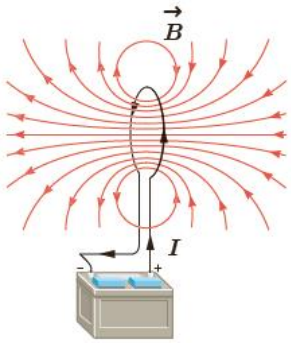
نیروی بین سیم های موازی حامل جریان : دیدیم وقتی سیمی حامل جریان است اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می کند و از آن طرف هم می دانیم اگر سیم حامل جریانی داخل میدان مغناطیسی باشد از طرف میدان به سیم نیرو وارد می گردد. پس اگر دو سیم حامل جریان را کنار هم قرار دهیم چون اطرافشان میدان مغناطیسی وجود دارد به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

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



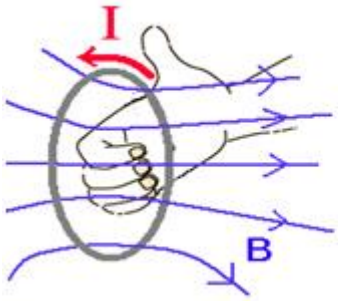
میدان مغناطیسی ناشی از یک حقه رسانای حامل جریان: اگر یک سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه در بیاوریم میدان مغناطیسی در اطراف حلقه ایجاد می شود که اندازه میدان در داخل و مرکز حلقه قوی تر می باشد.

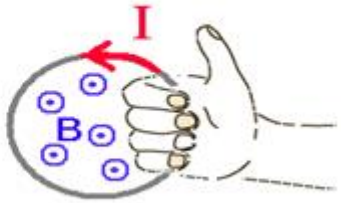
خطوط میدان مغناطیسی اطراف حلقه رسانا به شکل زیر است:

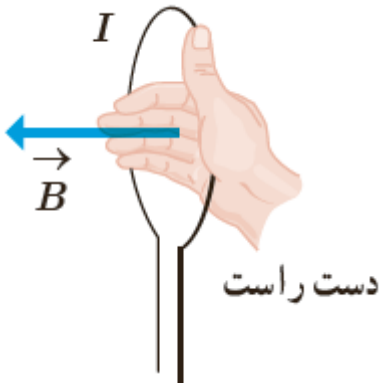


توجه ! برای یافتن جهت خطوط میدان مغناطیسی داخل حلقه رسانا از قانون دست راست بدین صورت استفاده می کنیم:

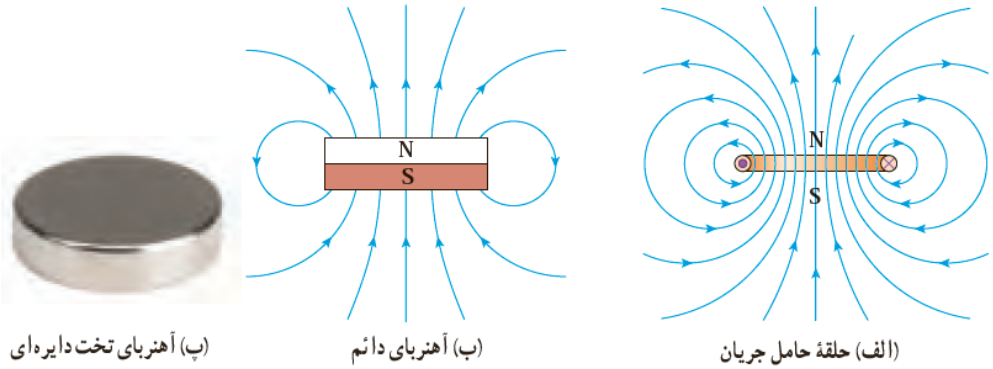
حلقه را طوری در دست راستمان می گیریم که انگشت شصت مان در جهت جریان باشد آنگاه جهت خم شدن چهار انگشت نشان دهنده جهت خطوط میدان داخل حلقه است ، به شکل زیر :







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:

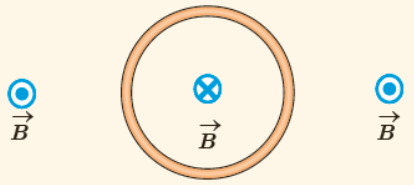


(الف) حلقهٔ حامل جریان (ب) آهنربای دائم (پ) آهنربای تخت دایره‌ای

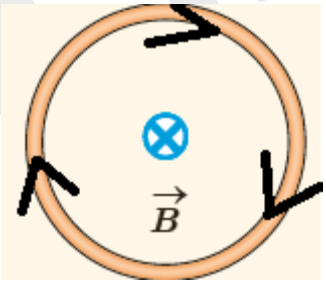
در نتیجه جهت چهار انگشتمان (هنگام یافتن خطوط مغناطیسی) به هر طرف که خم شد آن طرف حلقه قطب N و طرف دیگر قطب S است.

پرسش ۳ـ۸

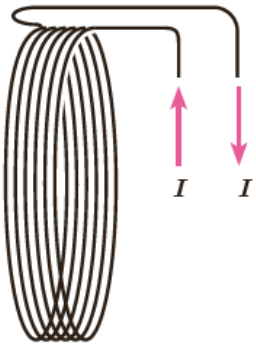
شکل روبه‌رو، یک حلقهٔ حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.



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 می باشد. برای یافتن جهت جریان در حلقه به میدان داخل آن نگاه می کنیم، درونسو است، چهار انگشت دست راست را خم کرده داخل حلقه قرار دهید، انگشت شصتتان هر جهتی را نشان دهد آن جهت جریان می باشد. پس :



پیچه: یک پیچه شامل سیمی است که به صورت حلقه چندین دور پیچیده شده اند، دلیل اینکه به جای یک تک حلقه از پیچه استفاده می کنیم این است که تک حلقه میدان قدرتمندی نمی تواند ایجاد کند و اگر جریان را زیاد کنیم سیم می سوزد پس برای تشکیل میدان مغناطیسی قوی تر از چندین دور حلقه (پیچه) استفاده می شود.

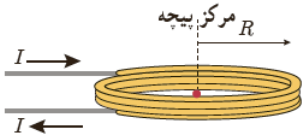


اندازه میدان مغناطیسی داخل پیچه: مقدار میدان مغناطیسی در مرکز پیچه از رابطه زیر بدست می آید :

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

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 ۳ـ۳



از پیچهٔ مسطحی به شعاع ۶/۲۸cm که از ۲۰۰۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان ۲۰mA می‌گذرد (شکل روبه‌رو). اندازهٔ میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به دست آورید.

پاسخ : با توجه به داده‌های مسئله داریم :

$$R = 6/28\times10^{-2}\text{m} \quad , \quad N = 2000 \quad , \quad I = 20\times10^{-3}\text{A} \quad , \quad B = ?$$

با جایگذاری این داده‌ها در رابطهٔ ۳ـ۵ داریم :

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{(4\pi\times10^{-7}\text{T.m/A})(200)(20\times10^{-3}\text{A})}{2(6/28\times10^{-2}\text{m})} = 4/0\times10^{-4}\text{T} = 4/0\text{G}$$

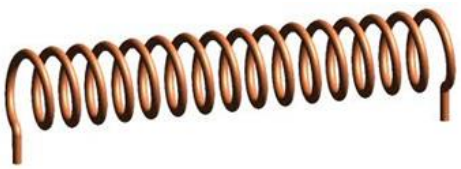
تمرین ۳ـ۴

اندازهٔ میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود 3×10^{-8}G اندازه‌گیری شده است. اگرچه جریان‌هایی که این میدان را به‌وجود می‌آورند بسیار پیچیده‌اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان‌ها به‌صورت تک حلقه‌ای دایره‌ای به قطر ۱۶cm (پهنای یک سر نوعی) می‌توان مرتبهٔ بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

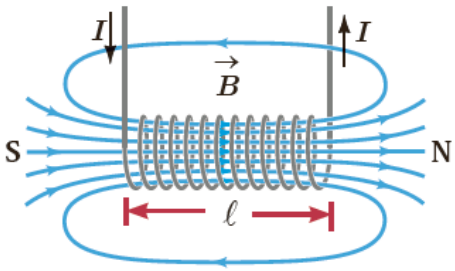
پاسخ تمرین ۳-٤ : با استفاده از رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ بدست می آوریم : (دقت کنید که شعاع را بر حسب متر و میدان مغناطیسی را برحسب تسلا قرار دهید و به جای N در تک حلقه عدد ۱ قرار می گیرد.)

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

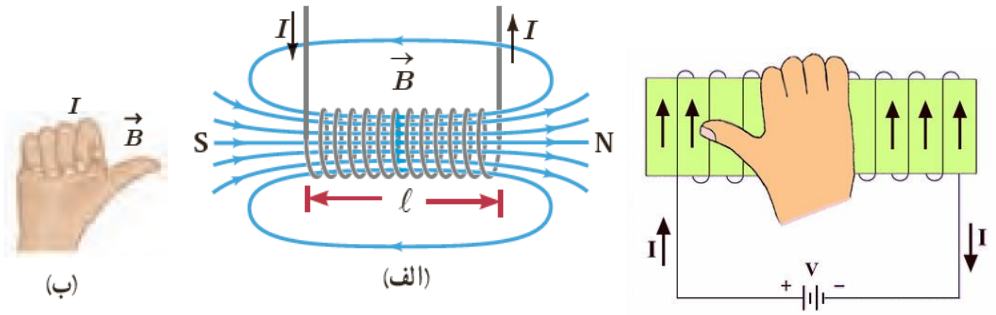
سیملوله : سیم طویلی است که به صورت مارپیچی بلند ، پیچیده شده است.



میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ 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 ۳ـ۴

سیملوله‌ای آرمانی به طول ۱۵cm دارای ۶۰۰ حلقهٔ 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 :

$$\ell = ۱۵\text{cm} = ۰/۱۵\text{m}, \quad N = ۶۰۰, \quad I = ۸۰۰\text{mA} = ۸۰۰\times۱۰^{-۳}\text{A}, \quad B = ?$$

به این ترتیب داریم :

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell} = \frac{(۴\pi\times۱۰^{-۷}\text{T.m/A})(۶۰۰)(۸۰۰\times۱۰^{-۳}\text{A})}{۰/۱۵\text{m}} \approx ۴/۰\times۱۰^{-۳}\text{T} = ۴۰\text{G}$$

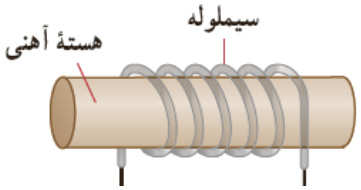
تمرین ۳ـ۵

سیملوله‌ای آرمانی به طول ۴۰/۰cm چنان طراحی شده است که جریان بیشینه‌ای به‌شدّت ۱/۲ A می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیملوله، اندازهٔ میدان مغناطیسی درون آن و دور از لبه‌ها ۲۷۰ G می‌شود. تعداد دورهای سیملوله چقدر باید باشد؟

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

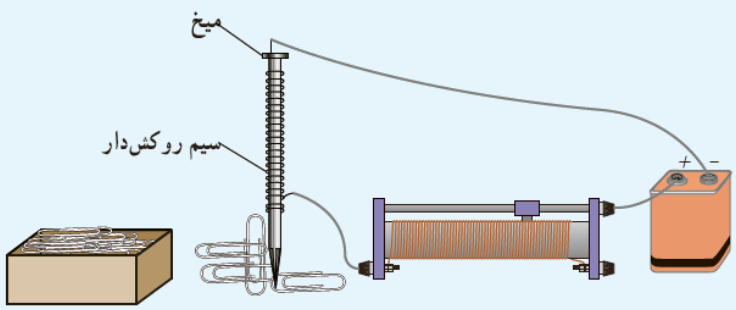
$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \rightarrow \quad N = \frac{BL}{\mu_0 I} = \frac{۲۷۰ \times ۱۰^{-٤} \times ۰.٤}{4\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱.۲} = ۷.۱٦ \times ۱۰^{۳}$$

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



از این وسیله به عنوان آهنربای الکتریکی استفاده می شود.

فعالیت ۳ـ۶



قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی بپیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رئوستا، 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، نتیجهٔ کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

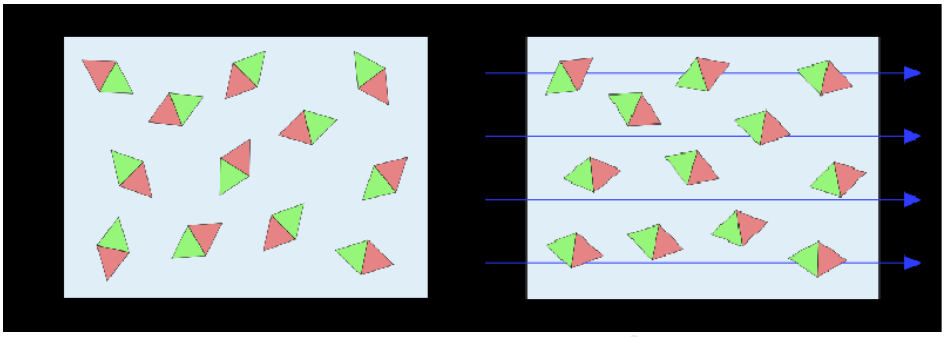
پاسخ فعالیت ۳-٦ : هرچه جریان و تعداد دور بیشتر شود به همان نسبت نیرویی مغناطیسی هم بیشتر می شود.

ویژگی های مغناطیسی مواد:

مواد مغناطیسی : موادی را که اتم ها یا مولکول های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می نامند. کوچک ترین ذرّه های تشکیل دهنده این مواد(اتم ها یا مولکول ها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می کنند . ، دوقطبی های مغناطیسی را با یک پیکان کوچک نشان می دهیم که می توانند جهت گیری های 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 می شوند: ۱. پارامغناطیسی ۲. دیامغناطیسی ۳.فرومغناطیسی

۱. **مواد پارامغناطیسی**: این مواد دارای خاصیت مغناطیسی هستند اما دو قطبی های مغناطیسی آن ها به صورت نامنظم و کاتوره ای جهت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی برایند داخل این مواد صفر است. اما هنگامی که مواد پارامغناطیسی را داخل یک میدان مغناطیسی قوی (مثلا کنار یک آهنربای قوی) قرار دهیم دو قطبی ها در یک جهت قرار می گیرند و خاصیت مغناطیسی در این مواد به طور ضعیف ایجاد می شود که با دور کردن آهنربا یا قطع میدان دوباره به حالت قبلی بر می گردند.

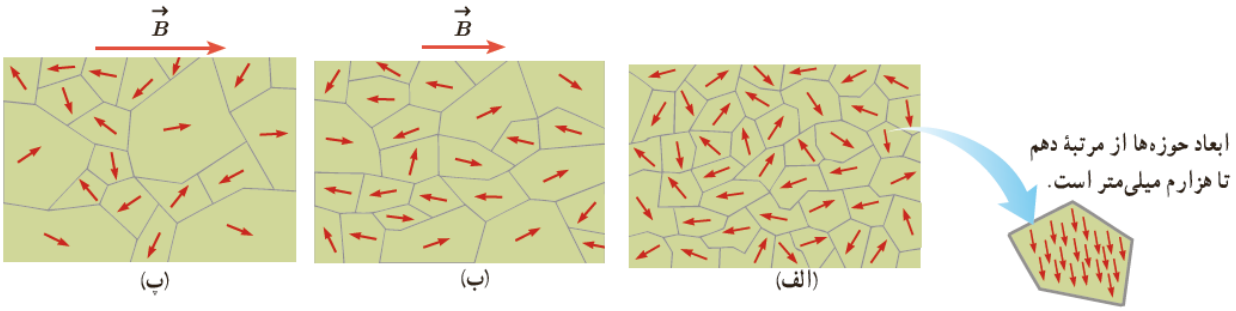


توجه! از مواد پارامغناطیسی می توان به اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن اشاره کرد.

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 عنصرها 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.

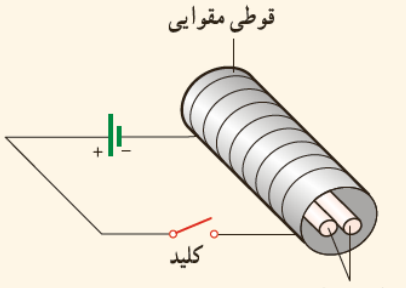
فرومغناطیس نرم : حوزه های مغناطیسیِ برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می کند و ماده به سادگی آهنربا می شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچه ها و سیملوله 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، تقریبا 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 ۳ــ۹



دو میلهٔ فلزی بلند مطابق شکل روبه‌رو درون سیملوله‌ای که دور یک قوطی مقوایی پیچیده شده است قرار دارند. با بستن کلید و عبور جریان از این سیملوله، مشاهده می‌شود که دو میله از یکدیگر دور می‌شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می‌شود، میله‌ها به محل اولیه باز می‌گردند.

الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله‌ها از یکدیگر دور می‌شوند؟

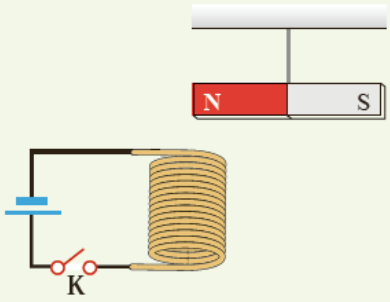
ب) با دلیل توضیح دهید میله‌های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می‌گیرند.

پاسخ پرسش ۳-۹ :

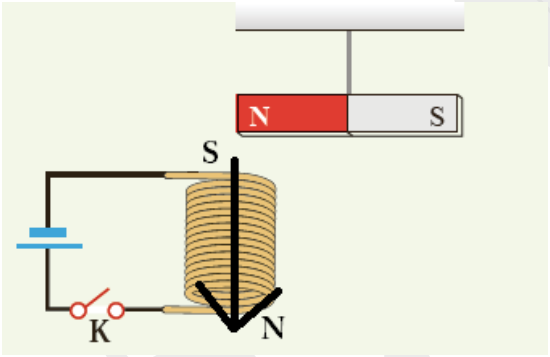
الف: زیرا با عبور جریان و ایجاد میدان مغناطیسی ، دو میله آهنربا شده و به دلیل کنار هم قرار داشتن قطب های همنام از هم دور می شوند.

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.

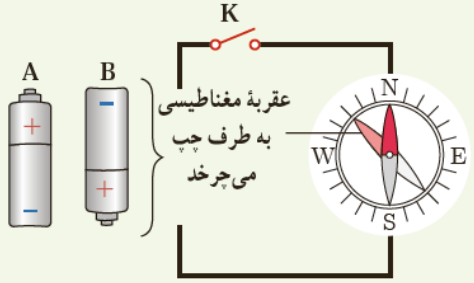


پاسخ تمرین ۱۶ آخر فصل: با عبور جریان از این سیملوله طبق قانون دست راست جهت میدان داخلی سیملوله از بالا به سمت پایین می شود.



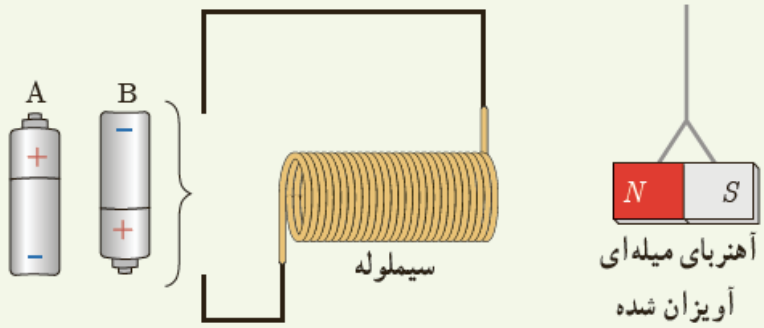
پس قسمت بالایی سیملوله دارای قطب S شده و باعث می شوند آهنربا به سیملوله جذب گردد.

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.

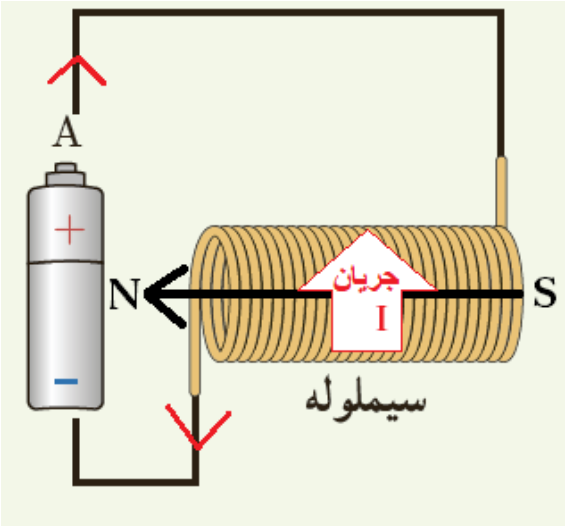


پاسخ تمرین ۱۷ آخر فصل: با استفاده از قانون دست راست بدست می آوریم. جهت میدان پس از اتصال باتری باید به سمت چپ شود. خب چهار انگشت دست راست را به طرف خود بگیرید طوری که وقتی انگشتها را خم می کنید به سمت چپ خم شوند آنگاه مشاهده می کنید که انگشت شصتتان به سمت پایین است. پس جریان در قسمتی که قطب نما وجود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

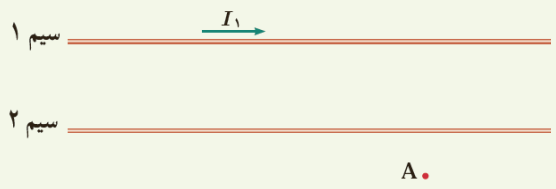
۱۸ کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا آهنربای میله‌ای آویزان شده به طرف سیملوله جذب شود؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.



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 برایند حاصل از این سیم‌ها در نقطهٔ A صفر باشد، جهت جریان آن را در سیم ۲ پیدا کنید.



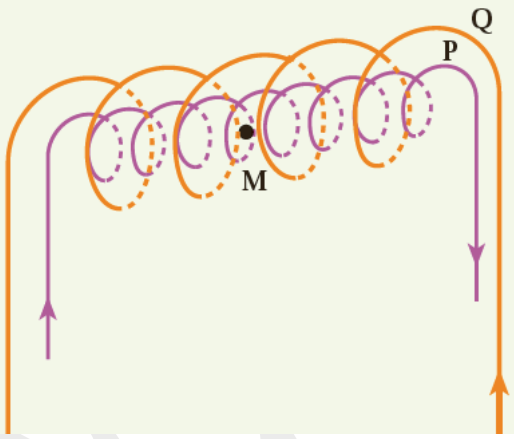
پاسخ تمرین ۱۹ آخر فصل: سیم ۱ در نقطه A میدان درونسو ایجاد می کند . برای خنثی شدن میدان در نقطه A باید سیم ۲ میدان برونسو در آن نقطه ایجاد کند که جریان عبوری در سیم ۲ به سمت چپ خواهد بود.

۲۰ سیملوله‌ای شامل ۲۵۰ حلقه است که دور یک لولهٔ پلاستیکی توخالی به طول ۰/۱۴ متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیملوله ۰/۸A باشد، اندازهٔ میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب کنید.

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

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

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



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

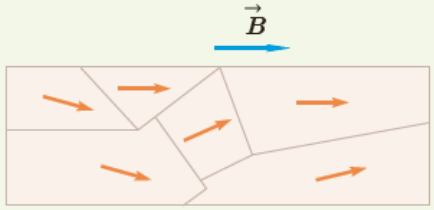
$$B_P = B_Q$$

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

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

$$۲۰۰\,\mathrm{I} = ۳۰۰ \times ۱ \rightarrow \quad I = \frac{۳۰۰}{۲۰۰} = ۱.۵\ A$$

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

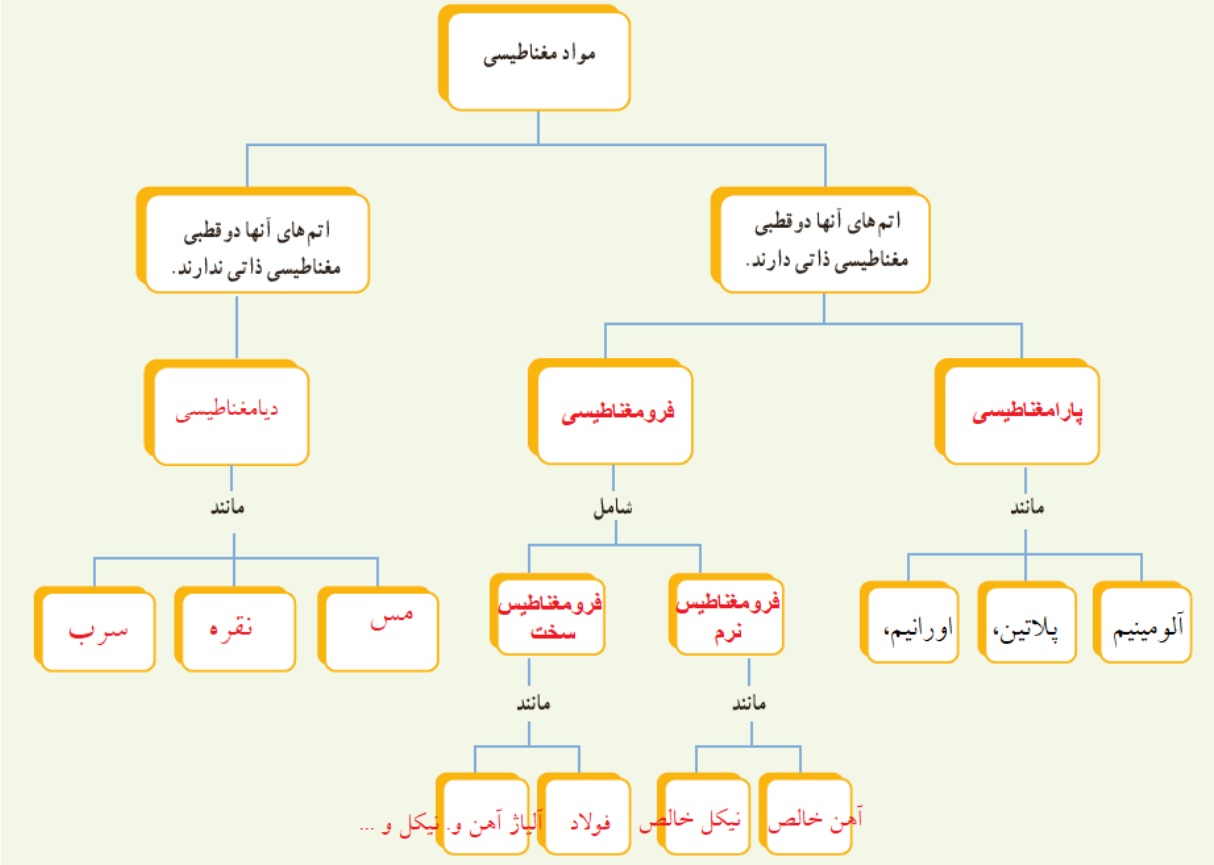


(الف)

(ب)

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

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


مواد مغناطیسی
اتم های آنها دوقطبی مغناطیسی ذاتی دارند.
اتم های آنها دوقطبی مغناطیسی ذاتی ندارند.
پارامغناطیسی
فرومغناطیسی
دیامغناطیسی
مانند
شامل
مانند
مانند
آلومینیم
پلاتین،
اورانیم،
فرومغناطیس نرم
فرومغناطیس سخت
مس
نقره
سرب
مانند
مانند
آهن خالص
نیکل خالص
فولاد
آلیاژ آهن و نیکل و ...

پی نوشت: بی شک این جزوه درسی عاری از اشکال نگارشی و محاسباتی و همچنین غلط های املایی نیست. از شما خوانندگان گرامی تقاظا 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.