با ایران توشه
یک قدم جلوتر
باش!

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ایران توشه، مرجع دانلود فایل های کمک آموزشی دانش آموزان و کنکوری ها

- دانلود رایگان آزمون های آزمایشی قلمچی، خیلی سبز، گاج و ...
- دانلود رایگان گام به گام تمامی دروس
- دانلود رایگان نمونه سوالات امتحانی (نوبت اول و دوم) و امتحانات نهایی
- دانلود رایگان جزوه های کمک آموزشی و شب امتحانی

همه چیز
برای موفقیت
تو!

کافیست هر فایلی که نیاز دارید را در گوگل به این صورت جستجو کنید:

فایل مورد نیاز + ایران توشه

مثال:

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه

irantooshe.ir

t.me/irantooshe

فیزیک ۲ یازدهم – فصل سوم

مغناطیس

فهرست

۱ صفحه ۸۴ · پرسش — پرسش ۳ـ۱: تشخیص آهن از آهنربا ... ۴

۲ صفحه ۸۵ · پرسش — پرسش ۳ـ۲: شکستن آهنربا و القای مغناطیسی ... ۴

۳ صفحه ۸۵ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۱: قطب‌نما و عقربهٔ مغناطیسی ... ۵

۴ صفحه ۸۶ · پرسش — پرسش ۳ـ۳: عقربه‌های مغناطیسی و خطوط میدان ... ۶

۵ صفحه ۸۶ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۲: عقربه‌ای که گرد آهنربا می‌چرخد ... ۷

۶ صفحه ۸۷ · آزمایش — آزمایش ۳ـ۱: طرح خطوط میدان مغناطیسی با براده‌های آهن ... ۸

۷ صفحه ۸۸ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۳: شیب مغناطیسی ... ۹

۸ صفحه ۹۰ · تمرین — تمرین ۳ـ۱: نیروی مغناطیسی بر ذرهٔ باردار ... ۹

۹ صفحه ۹۰ · پرسش — پرسش ۳ـ۴: جهت میدان مغناطیسی ... ۱۰

۱۰ صفحه ۹۲ · آزمایش — آزمایش ۳ـ۲: نیروی وارد بر سیم حامل جریان ... ۱۰

۱۱ صفحه ۹۳ · پرسش — پرسش ۳ـ۵: سیم در امتداد میدان ... ۱۱

۱۲ صفحه ۹۳ · تمرین — تمرین ۳ـ۲: نیروی وارد بر سیم در میدان زمین ... ۱۱

۱۳ صفحه ۹۳ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۴: اندازه‌گیری نیروی وارد بر سیم حامل جریان ... ۱۱

۱۴ صفحه ۹۵ · آزمایش — آزمایش ۳ـ۳: آزمایش اورستد ... ۱۲

۱۵ صفحه ۹۵ · پرسش — پرسش ۳ـ۶: جهت جریان در سیم افقی ... ۱۳

۱۶ صفحه ۹۶ · پرسش — پرسش ۳ـ۷: میدان اطراف سیم حامل جریان ... ۱۳

۱۷ صفحه ۹۶ · تمرین — تمرین ۳ـ۳: میدان دو سیم موازی ... ۱۴

۱۸ صفحه ۹۸ · پرسش — پرسش ۳ـ۸: جهت جریان در حلقه ... ۱۴

۱۹ صفحه ۹۹ · تمرین — تمرین ۳ـ۴: جریان لازم برای میدان مغز ... ۱۵

۲۰ صفحه ۱۰۰ · تمرین — تمرین ۳ـ۵: تعداد دورهای سیملولهٔ آرمانی ... ۱۵

۲۱ صفحه ۱۰۰ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۵: خط‌های میدان با برادهٔ آهن ... ۱۶

۲۲ صفحه ۱۰۱ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۶: آهنربای الکتریکی ... ۱۶

۲۳ صفحه ۱۰۲ · فعالیت — فعالیت ۳ـ۷: حباب هوا در الکل ... ۱۷

۲۴ صفحه ۱۰۳ · پرسش — پرسش ۳ـ۹: میله‌های فلزی درون سیملوله ... ۱۷

۲۵ صفحه ۱۰۴ · مسئله — مسئلهٔ ۱ (۳ـ۱ و ۳ـ۲): قطب‌ها و جهت میدان ... ۱۸

۲۶ صفحه ۱۰۴ · مسئله — مسئلهٔ ۲ (۳ـ۱ و ۳ـ۲): میدان دو آهنربای یکسان ... ۱۹

۲۷ صفحه ۱۰۴ · مسئله — مسئلهٔ ۳ (۳ـ۱ و ۳ـ۲): تعیین قطب‌ها و مقایسهٔ میدان ... ۲۰

۲۸ صفحه ۱۰۴ · مسئله — مسئلهٔ ۴ (۳ـ۱ و ۳ـ۲): آهنربا در پزشکی ۲۱

۲۹ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۵ (۳ـ۳): نوع بار ذره‌ها ۲۲

۳۰ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۶ (۳ـ۳): جهت نیرو بر بار مثبت ۲۳

۳۱ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۷ (۳ـ۳): جهت سرعت الکترون ۲۴

۳۲ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۸ (۳ـ۳): جریان در حلقه‌ای که می‌چرخد ۲۵

۳۳ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۹ (۳ـ۳): پروتون در میدان یکنواخت ۲۵

۳۴ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۱۰ (۳ـ۳): الکترون و نیروی بیشینه ۲۶

۳۵ صفحه ۱۰۵ · مسئله — مسئلهٔ ۱۱ (۳ـ۳): انتخاب‌گر سرعت ۲۶

۳۶ صفحه ۱۰۶ · مسئله — مسئلهٔ ۱۲ (۳ـ۴): جهت نیرو بر سیم حامل جریان ۲۷

۳۷ صفحه ۱۰۶ · مسئله — مسئلهٔ ۱۳ (۳ـ۴): میلهٔ رسانا در شکاف آهنربا ۲۸

۳۸ صفحه ۱۰۶ · مسئله — مسئلهٔ ۱۴ (۳ـ۴): نیروی وارد بر سیم CD ۲۸

۳۹ صفحه ۱۰۶ · مسئله — مسئلهٔ ۱۵ (۳ـ۴): سیم حامل جریان و نیروسنج‌ها ۲۹

۴۰ صفحه ۱۰۶ · مسئله — مسئلهٔ ۱۶ (۳ـ۵): آهنربای آویزان بالای سیملوله ۳۰

۴۱ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۱۷ (۳ـ۵): انتخاب باتری برای عقربهٔ قطب‌نما ۳۰

۴۲ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۱۸ (۳ـ۵): جذب آهنربا به سیملوله ۳۱

۴۳ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۱۹ (۳ـ۵): دو سیم موازی و نقطهٔ A ۳۲

۴۴ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۲۰ (۳ـ۵): میدان درون سیملوله ۳۲

۴۵ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۲۱ (۳ـ۵): دو سیملولهٔ هم‌محور ۳۳

۴۶ صفحه ۱۰۷ · مسئله — مسئلهٔ ۲۲ (۳ـ۶): نوع مادهٔ فرومغناطیس ۳۳

۴۷ صفحه ۱۰۸ · مسئله — مسئلهٔ ۲۳ (۳ـ۶): نقشهٔ مفهومی مواد مغناطیسی ۳۴

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۱ صفحه ۸۴ پرسش

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.

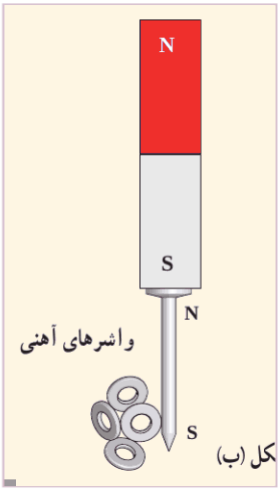
یک سر میلهٔ اول را به وسط میلهٔ دوم نزدیک می‌کنیم. وسط یک آهنربا تقریباً هیچ خاصیت مغناطیسی ندارد، ولی نزدیکی دو سر آن (قطب‌ها) نیروی ربایشی قوی دارد.

- اگر میلهٔ اول جذب میلهٔ دوم شود، قطب میلهٔ اول در حال جذب کردن وسط میلهٔ آهنی است؛ پس میلهٔ اول آهنرباست و میلهٔ دوم آهن.
- اگر جذبی دیده نشود، وسط میلهٔ دوم آهنربا است (وسط آهنربا نیرو وارد نمی‌کند)؛ پس میلهٔ دوم آهنرباست و میلهٔ اول آهن.
- برای اطمینان می‌توان آزمایش را برعکس (سر میلهٔ دوم به وسط میلهٔ اول) تکرار کرد: فقط در حالتی که سرِ آهنربا به وسط آهن نزدیک شود، جذب قوی رخ می‌دهد.

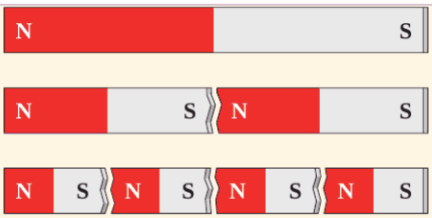
۲ صفحه ۸۵ پرسش

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؟



کل (ب)



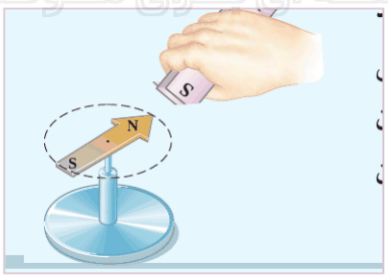
۱ـ هر بار که آهنربا را به دو تکه می‌شکنیم، هر تکه خود یک آهنربای کامل با دو قطب N و S است. این کار را هرقدر ادامه دهیم، باز هم به قطب تنها (تک‌قطبی) نمی‌رسیم؛ قطب‌های مغناطیسی همواره به‌صورت زوج (دوقطبی) وجود دارند.

۲ـ وقتی سوزن آهنی به یکی از قطب‌های آهنربا (در شکل ب، قطب S) نزدیک می‌شود، میدان آهنربا قطب‌های مغناطیسی اتم‌های آهن را هم‌جهت می‌کند و سوزن آهنربا می‌شود؛ انتهای نزدیک به قطب S آهنربا، قطب N و انتهای دیگر (نوک) قطب S می‌شود. نوک سوزن نیز به‌همین ترتیب واشرهای آهنی را آهنربا می‌کند و آن‌ها آویزان می‌مانند. این پدیده را القای مغناطیسی می‌نامند.

علت جذب همیشگی: قطبی که در جسم آهنی نزدیک‌تر به آهنربا القا می‌شود، همواره ناهمنام قطب آهنرباست و به آن نزدیک‌تر است؛ قطب هم‌نام که دورتر القا می‌شود، در میدان ضعیف‌تری قرار دارد. پس نیروی جاذبه از نیروی دافعه بزرگ‌تر است و برآیند، همیشه ربایشی است.

۳ صفحه ۸۵ **فعالیت**

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 تهٔ گرد مغناطیسی شده، درون ظرفی شناور سازید. به این ترتیب، سوزن تهٔ گرد مانند عقربهٔ مغناطیسی یک قطب‌نما رفتار می‌کند.



با نزدیک کردن قطب S آهنربا، سر N عقربه به‌سوی آن می‌چرخد (قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند)؛ اگر قطب N آهنربا را نزدیک کنیم، سر S عقربه جذب و سر N آن دفع می‌شود. عقربه یک آهنربای کوچک است و در میدان آهنربای نزدیک در راستای خط‌های میدان قرار می‌گیرد.

irantooshe.ir

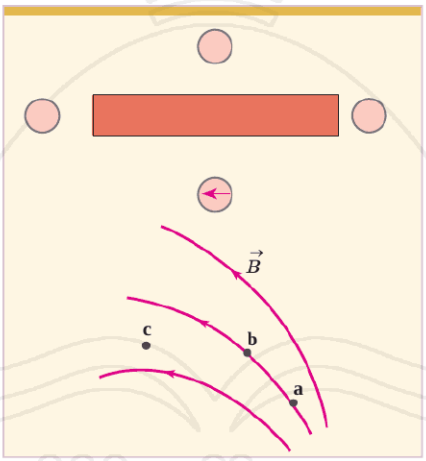
با دور کردن آهنربا، اثر میدان آن بر عقربه ناچیز می‌شود و عقربه دوباره در میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد و سر N آن به‌سوی شمال جغرافیایی برمی‌گردد.

سوزن مغناطیسی شناور بر آب نیز چون آهنربای کوچکی است که آزادانه می‌چرخد؛ بنابراین مانند قطب‌نما در راستای شمال ـ جنوب قرار می‌گیرد و با نزدیک کردن آهنربا مانند عقربه رفتار می‌کند.

۴ صفحه ۸۶ پرسش

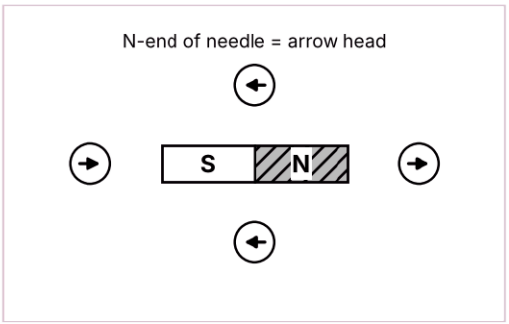
۱ـ شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربهٔ مغناطیسی را نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.

۲ـ شکل روبه‌رو، خطوط 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.

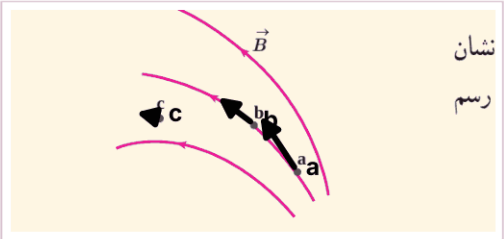


۱ـ الف) سر N عقربه همواره در جهت میدان قرار می‌گیرد. در شکل، عقربهٔ زیر آهنربا به سمت چپ است؛ خطوط میدان در بیرون آهنربا از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند، پس در کنار آهنربا از N به سمت S است. بنابراین سر راست آهنربا قطب N و سر چپ آن قطب S است.

ب) عقربهٔ بالای آهنربا مانند عقربهٔ پایین به سمت چپ؛ عقربهٔ سمت چپِ آهنربا (کنار قطب S) و عقربهٔ سمت راست (کنار قطب N) هر دو به سمت راست (سر N عقربه) قرار می‌گیرند (شکل زیر).



۲ـ بردار میدان در هر نقطه بر خط میدان مماس و هم‌جهت با پیکان خط است (در شکل به سمت بالا و چپ). اندازهٔ میدان هرجا خطوط فشرده‌تر باشند بزرگ‌تر است؛ پس بردار در نقطهٔ a از همه بلندتر، در b متوسط و در c (که خطوط از هم دورترند) کوتاه‌تر رسم می‌شود.

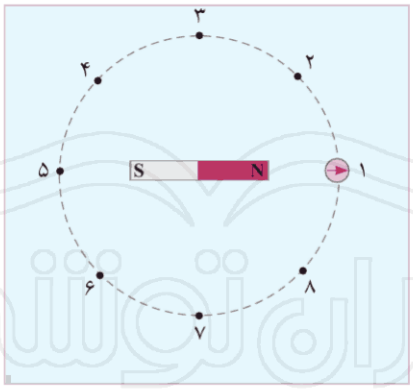


۵ صفحه ۸۶ **فعالیت**

یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربهٔ مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. عقربه را روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو) تا یک دور کامل دور آهنربا بچرخد و به جای اولش برگردد.

الف) جهت‌گیری عقربه را در نقطه‌های ۱ تا ۸، روی شکل نشان دهید.

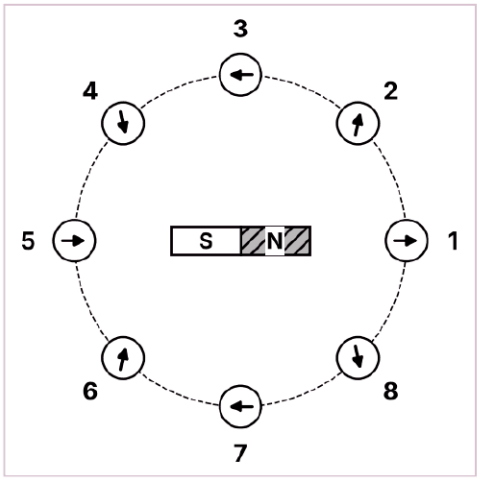
ب) در این حرکت، عقربه چند دور پیرامون محور خودش می‌چرخد؟



الف) سر N عقربه همواره در جهت میدان مغناطیسی آهنربا در آن نقطه است (شکل زیر؛ قطب N آهنربا در سمت راست است):

- نقطهٔ ۱ (روبه‌روی قطب N): به سمت راست، یعنی دور از آهنربا.
- نقطه‌های ۲ و ۶: تقریباً رو به بالا.
- نقطه‌های ۳ و ۷: به سمت چپ، یعنی موازی آهنربا و از N به S.
- نقطه‌های ۴ و ۸: تقریباً رو به پایین.
- نقطهٔ ۵ (روبه‌روی قطب S): به سمت راست، یعنی به سمت آهنربا.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت



ب) جهت عقربه در طول یک دور کامل حول آهنربا، دو دور کامل (۲×۳۶۰ درجه) می‌چرخد؛ یعنی عقربه دو دور پیرامون محور خودش می‌زند.

۶ صفحه ۸۷ 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 براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحهٔ شیشه‌ای بدیدار 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).

نتیجه: براده‌های آهن در میدان مغناطیسی آهنربا می‌شوند و مانند عقربه‌های کوچک در راستای خط‌های میدان قرار می‌گیرند.

- یک آهنربای میله‌ای: براده‌ها از یک قطب بیرون می‌آیند، خطوطی بسته و خمیده تا قطب دیگر می‌سازند؛ نزدیک قطب‌ها براده‌ها متراکم‌ترند (میدان قوی‌تر است).
- دو قطب ناهمنام روبه‌رو: براده‌ها مستقیماً از قطب N به قطب S می‌روند و خط‌ها بین دو قطب به هم نزدیک‌اند (جذب).
- دو قطب همنام روبه‌رو: خطوط یکدیگر را دفع می‌کنند، در میانهٔ دو قطب براده‌ای دیده نمی‌شود (میدان تقریباً صفر) و خطوط به طرفین خم می‌شوند (دفع).

irantooshe.ir

۷ صفحه ۸۸ فعالیت

وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربهٔ 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. برای یافتن شیب مغناطیسی محلی که در آن زندگی می‌کنید درست به وسط یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربهٔ مغناطیسی بزرگ، نخی را ببندید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک نقاله، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که امتداد سوزن یا عقربهٔ مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد به‌دست آمده، شیب مغناطیسی محل زندگی شماست. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌توانید از آن نیز استفاده کنید.

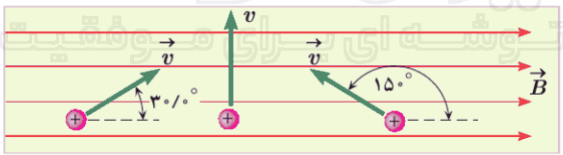
نمونهٔ نتیجه: در این آزمایش، سوزن مغناطیسی آویخته شده در امتداد خط میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد؛ سر N آن به سمت پایین (رو به زمین) خم می‌شود و با افق زاویه می‌سازد. برای مثال، برای یک شهر در مرکز ایران، زاویهٔ اندازه‌گیری‌شده حدود 50° به‌دست می‌آید. مطابق پاورقی کتاب، شیب مغناطیسی در ایران از حدود 40° در مناطق جنوبی تا حدود 60° در مناطق شمال غربی تغییر می‌کند، پس عددی در این بازه (بسته به محل شما) قابل‌قبول است.

(این آزمایش، با ابزار و محل هر دانش‌آموز، نتیجهٔ عددی متفاوتی می‌دهد؛ مقدار بالا نمونه است.)

۸ صفحه ۹۰ تمرین

۱ـ بر پروتونی که با زاویهٔ $\theta=30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازهٔ $B=320\,G$ در حرکت است نیرویی به‌اندازهٔ $F=5/12\times10^{-14}\,N$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۲ـ سه ذرّه، هر کدام با بار $q=6/15\,nC$ و تندی $v=46\,m/s$، در میدان مغناطیسی یکنواختی بهاندازهٔ $B=0/165\,T$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی وارد بر هر ذرّه را حساب کنید.



۱ـ بار پروتون $e = 1.6\times10^{-19}\,C$ و $B = 320\,G = 0.032\,T$ است. از $F = |q|\,v\,B\sin\theta$ داریم:

```
v = F / (|q| B sin θ) = 5.12×10⁻¹⁴ N / (1.6×10⁻¹⁹ C × 0.032 T × sin 30°)
  = 5.12×10⁻¹⁴ / (2.56×10⁻²¹) = 2×10⁷ m/s
```

تندی پروتون برابر $2\times10^{7}\,m/s = 2\times10^{4}\,km/s$ (۲۰ هزار کیلومتر بر ثانیه) است.

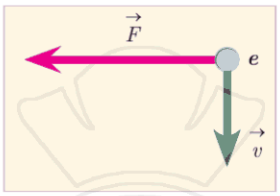
۲ـ ابتدا $|q|\,v\,B = (6.15\times10^{-9}\,C)(46\,m/s)(0.165\,T) \approx 4.67\times10^{-8}\,N$. سپس:

ذرّه	زاویهٔ θ	sin θ	F = |q|vB sin θ

اول	30°	0.5	2.33×10^{-8} N
دوم	90°	1	4.67×10^{-8} N
سوم	150°	0.5	2.33×10^{-8} N

۹ صفحه ۹۰ پرسش

الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان B کدام است؟ (بالا / راست / درون‌سو / برون‌سو)



جهت میدان **درون‌سو** است.

دلیل: بار الکترون منفی است؛ پس جهت نیرو خلاف جهت $v \times B$ است. چون نیرو به سمت چپ است، جهت $v \times B$ باید به سمت راست باشد. با سرعت رو به پایین، فقط وقتی B درون‌سو باشد، $v \times B$ به سمت راست می‌شود (انگشتان راست در جهت v، خم‌شده به سوی B درون‌سو، شست به راست). پس نیرو بر الکترون به چپ خواهد بود.

۱۰ صفحه ۹۲ آزمایش

مداری مطابق شکل الف ببندید تا جریان از سیم مسی بگذرد. آنچه را که مشاهده می‌کنید، در گروه خود به بحث بگذارید.

مدار را قطع کنید و جهت جریان را تغییر داده و مراحل بالا را دوباره انجام دهید.

نتیجهٔ آزمایش را به کلاس گزارش دهید.

- با برقراری جریان، سیم مسی ضخیم که میان قطب‌های آهنربای نعلی‌شکل آویزان است، از جای خود منحرف می‌شود (تاب می‌خورد)؛ یعنی آهنربا نیرویی بر سیم حامل جریان وارد می‌کند.
- با قطع جریان، نیرو صفر می‌شود و سیم به حالت قائم برمی‌گردد.
- با وارونه کردن جهت جریان (یا جابه‌جا کردن قطب‌های آهنربا) جهت انحراف سیم نیز برعکس می‌شود.
- نتیجه: بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود؛ این نیرو بر سیم و بر میدان عمود است و جهتش را با قاعدهٔ دست راست می‌توان یافت. با افزایش جریان، انحراف سیم بیشتر می‌شود.

۱۱ صفحه ۹۳ پرسش

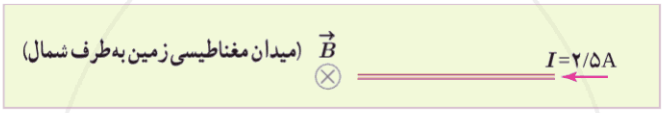
اگر در شکل ۳ـ۱۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه حالتی بزرگی این نیرو بیشینه می‌شود؟

اگر سیم در امتداد میدان باشد، زاویهٔ θ بین سیم و میدان صفر (یا ۱۸۰°) است، پس $\sin\theta = 0$ و $F = I\ell B\sin\theta = 0$؛ نیرویی وارد نمی‌شود.

بزرگی نیرو وقتی بیشینه است که $\sin\theta = 1$ یعنی $\theta = 90^\circ$؛ سیم عمود بر خطوط میدان باشد و در این حالت $F_{max} = I\ell B$ است.

۱۲ صفحه ۹۳ تمرین

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.



$B = 0.45\ G = 0.45\times10^{-4}\ T = 4.5\times10^{-5}\ T$؛ سیم عمود بر میدان است ($\theta = 90^\circ$):

$$F = I\ell B\sin\theta = (2.5\ A)(2.4\ m)(4.5\times10^{-5}\ T)(1) = 2.7\times10^{-4}\ N$$

جهت: جریان به سمت غرب و میدان به سمت شمال است. با قاعدهٔ دست راست (چهار انگشت در جهت جریان، خم‌شده به سوی میدان، شست جهت نیرو را نشان می‌دهد) نیرو **رو به پایین** (به‌طرف زمین) است. (در شکل کتاب: B درون‌سو و I به چپ؛ نیرو به سمت پایین صفحه.)

۱۳ صفحه ۹۳ فعالیت

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای این آزمایش می‌توانید از ترازوهای دیجیتال (رقمی) با دقت ۰/۰۱g استفاده کنید.

طرح پیشنهادی (بر پایهٔ قانون سوم نیوتون):

1. یک آهنربای نعلی یا دو آهنربای قوی با یک بست فلزی را روی کفهٔ ترازوی دیجیتال بگذارید و ترازو را صفر کنید.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

2. یک سیم مستقیم (با طول ℓ معلوم) را به کمک پایه و گیره طوری ثابت کنید که افقی، در میان قطب‌ها و عمود بر میدان B باشد و به کفهٔ ترازو یا آهنربا نخورد. سیم را با رئوستا، آمپرسنج و باتری در یک مدار ببندید.

3. با بستن مدار، آهنربا نیروی F بر سیم وارد می‌کند و سیم نیز نیروی هم‌اندازه و در خلاف جهت بر آهنربا وارد می‌کند؛ عدد ترازو به اندازهٔ Δm تغییر می‌کند و $F = \Delta m \cdot g$ است.

4. جریان I را با آمپرسنج بخوانید و برای چند جریان مختلف آزمایش را تکرار کنید؛ Δm با I متناسب است. با معلوم بودن ℓ و I می‌توان $B = F / (I\ell)$ را نیز به‌دست آورد.

5. برای بررسی عوامل دیگر، طول سیم داخل میدان یا زاویهٔ سیم با میدان را عوض و نتیجه را با رابطهٔ $F = I \ell B \sin\theta$ مقایسه کنید.

۱۴ صفحه ۹۵ آزمایش

با توجه به جهت‌گیری عقربه در نقطه‌های مختلف صفحهٔ مقوایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.

این آزمایش را بار دیگر با جریانی در جهت مخالف تکرار کنید.

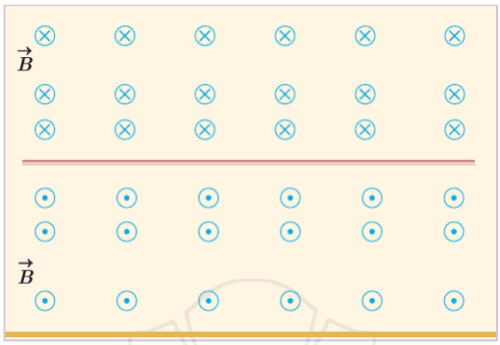
به کمک چند باتری دیگر یا با تغییر مقاومت رئوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجهٔ آزمایش دارد؟

نتیجهٔ این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

- قبل از برقراری جریان، همهٔ عقربه‌ها در راستای میدان زمین (شمال ـ جنوب) قرار دارند. پس از وصل مدار، عقربه‌ها منحرف می‌شوند و بر دایره‌هایی به مرکز سیم مماس قرار می‌گیرند؛ پس خط‌های میدان حاصل از سیم راست حامل جریان، دایره‌هایی هم‌مرکز و عمود بر سیم (با مرکز روی سیم) هستند.
- با وارونه کردن جهت جریان، جهت همهٔ عقربه‌ها برعکس می‌شود؛ یعنی جهت میدان با جهت جریان تغییر می‌کند.
- با افزایش جریان (باتری بیشتر یا کاهش مقاومت رئوستا)، انحراف عقربه‌ها بیشتر می‌شود و آن‌ها بیشتر در راستای مماس بر دایره قرار می‌گیرند (میدان قوی‌تر می‌شود)؛ با کاهش جریان انحراف کمتر می‌شود.
- نتیجه: جریان الکتریکی در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند؛ جهت آن را با قاعدهٔ دست راست (شست در جهت جریان، چهار انگشت خم‌شده جهت میدان) می‌توان تعیین کرد و اندازهٔ آن با جریان افزایش و با دور شدن از سیم کاهش می‌یابد.

۱۵ صفحه ۹۵ پرسش

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.

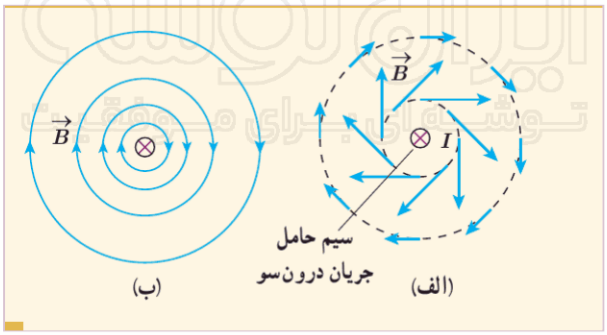


جهت جریان در سیم **از راست به چپ** است.

با قاعدهٔ دست راست: وقتی شست در جهت جریان باشد، چهار انگشت جهت چرخش خط‌های میدان را نشان می‌دهد. اگر جریان به سمت چپ باشد، انگشتان در بالای سیم به درون صفحه و در زیر سیم به بیرون صفحه می‌روند که با شکل سازگار است. (اگر جریان به راست بود، میدان بالای سیم برون‌سو می‌شد.)

۱۶ صفحه ۹۶ پرسش

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

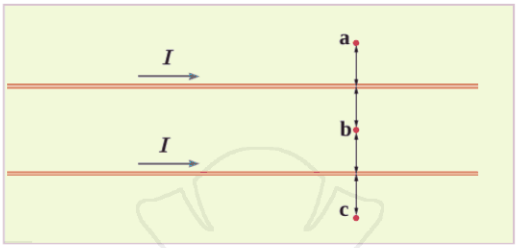


- شکل الف: بردارهای میدان در نقطه‌های روی یک دایره به مرکز سیم، بر آن دایره مماس‌اند و جهت آن‌ها (برای جریان درون‌سو) ساعتگرد است؛ یعنی جهت میدان در هر نقطه بر شعاع واصل به سیم عمود است.
- شکل ب: خط‌های میدان دایره‌های هم‌مرکز با سیم‌اند. هرچه از سیم دورتر می‌شویم، دایره‌ها از هم دورتر (خطوط کم‌تراکم‌تر) و بردارهای میدان کوتاه‌تر می‌شوند؛ یعنی اندازهٔ B با افزایش فاصله از سیم کم می‌شود.

- اگر جهت جریان عوض شود، جهت چرخش میدان نیز وارونه می‌شود (برای جریان برون‌سو، پادساعتگرد).
- اندازهٔ میدان با جریان افزایش می‌یابد.

۱۷ صفحه ۹۶ تمرین

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.

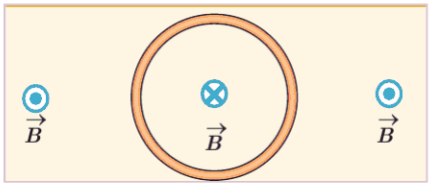


جریان در هر دو سیم به سمت راست و هم‌اندازه است. با قاعدهٔ دست راست، هر سیم در بالای خود میدان برون‌سو و در پایین خود میدان درون‌سو ایجاد می‌کند.

- نقطهٔ a (بالای هر دو سیم): میدان هر دو سیم برون‌سو است؛ برایند **برون‌سو** (بیشینه).
- نقطهٔ b (میان دو سیم، هم‌فاصله): میدان سیم بالا درون‌سو و میدان سیم پایین برون‌سو، هم‌اندازه است؛ برایند **صفر**.
- نقطهٔ c (پایین هر دو سیم): میدان هر دو سیم درون‌سو است؛ برایند **درون‌سو**.

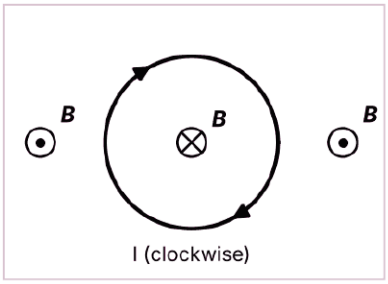
۱۸ صفحه ۹۸ پرسش

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.



میدان در درون حلقه درون‌سو است. با قاعدهٔ دست راست (چهار انگشت در جهت جریان حلقه، شست جهت میدان درون حلقه): برای آنکه شست به درون صفحه باشد، انگشتان باید در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخند؛ پس جریان در حلقه **ساعتگرد** است (شکل زیر). (میدان بیرون حلقه نیز برون‌سو می‌شود که با شکل سازگار است.)

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت



۱۹ صفحه ۹۹ تمرین

اندازهٔ میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $۳\times۱۰^{-۸}\,G$ 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 بزرگی جریان الکتریکی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

$B = 3\times10^{-8}\,G = 3\times10^{-12}\,T$ و $R = 16\div2 = 8\,cm = 0.08\,m$. از $B = \mu_0 I / (2R)$ داریم:

$$I = 2RB/\mu_0 = 2\times0.08\,m\times3\times10^{-12}\,T/(4\pi\times10^{-7}\,T\cdot m/A)$$
$$\approx 4.8\times10^{-13}/1.257\times10^{-6}\approx3.8\times10^{-7}\,A$$

جریان لازم حدود $3.8\times10^{-7}\,A$ (نزدیک ۰/۴ میکروآمپر) است.

۲۰ صفحه ۱۰۰ تمرین

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

$\ell = 40.0\,cm = 0.400\,m$، $I = 1.2\,A$ و $B = 270\,G = 0.027\,T$. از $B = \mu_0 N I/\ell$:

$$N = B\ell/(\mu_0 I) = (0.027\,T)(0.400\,m)/[(4\pi\times10^{-7}\,T\cdot m/A)(1.2\,A)]$$
$$= 0.0108/(1.508\times10^{-6})\approx7.16\times10^{3}$$

تعداد دورهای سیملوله باید حدود 7160 دور (تقریباً 7.2×10^{3}) باشد.

۲۱ صفحه ۱۰۰ فعالیت

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان با استفاده از برادهٔ آهن، طرح خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم بلند (شکل الف)، یک حلقهٔ دایره‌ای (شکل ب) و یک سیملولهٔ حامل جریان (شکل پ) ایجاد کرد.

1. یک صفحهٔ مقوایی یا شیشه‌ای را افقی نگه دارید؛ سیم بلند را به‌طور عمودی از سوراخی در صفحه عبور دهید (برای حلقه و سیملوله، حلقه یا سیملوله را طوری سوار کنید که صفحه از میان آن بگذرد).
2. مدار را با باتری، رئوستا و کلید ببندید و جریان نسبتاً زیادی برقرار کنید.
3. برادهٔ آهن را به‌طور یکنواخت روی صفحه بپاشید و با ضربه‌های آرام به صفحه بزنید.
4. براده‌ها در امتداد خط‌های میدان قرار می‌گیرند: برای سیم راست، دایره‌های هم‌مرکز؛ برای حلقه، خطوطی دایره‌ای در نزدیکی سیم که در داخل حلقه تقریباً راست و به‌هم نزدیک و موازی محور حلقه‌اند؛ برای سیملوله، خطوط بسیار متراکم و موازی درون آن و خطوطی شبیه آهنربای میله‌ای در بیرون.

۲۲ صفحه ۱۰۱ فعالیت

قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی بپیچید و مداری مطابق شکل دهید. با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید.

الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیرهٔ آهنی را می‌تواند بلند کند.

ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجهٔ کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

الف) با افزایش جریان (کم کردن مقاومت رئوستا) میدان سیملولهٔ دور میخ و در نتیجه آهنربایی شدن میخ بیشتر می‌شود و تعداد گیره‌های بلندشده افزایش می‌یابد؛ با کاهش جریان، تعداد کمتر می‌شود. (در عمل با حدود دو برابر شدن جریان، تعداد گیره‌ها بیشتر می‌شود.)

ب) چون $B = \mu_0 N I / \ell$ است، با دو برابر شدن تعداد دورهای سیم (در همان طول و با جریان یکسان) میدان نیز تقریباً دو برابر می‌شود؛ آهنربای الکتریکی قوی‌تر می‌شود و گیره‌های بیشتری (تقریباً دو برابر) را بلند می‌کند.

۲۳ صفحه ۱۰۲ فعالیت

یک لولهٔ آزمایش را تا نزدیکی لبهٔ آن از الکل طبی (اتانول ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را ببندید و آن را به طور افقی قرار دهید. مطابق شکل، یک آهنربای نئودیمیم را بالای حباب هوای درون لوله بگیرید و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیل آنچه مشاهده می‌کنید به گفت‌وگو در گروه خود بگذارید.

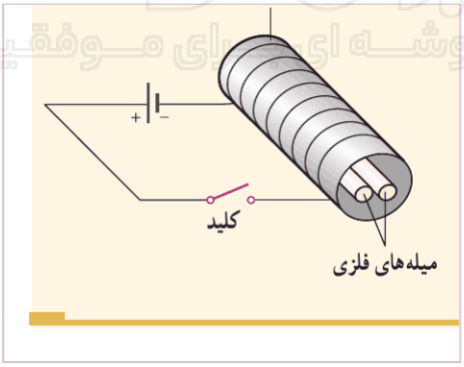
مشاهده: وقتی آهنربا را روی لوله حرکت می‌دهیم، حباب هوا همراه آهنربا در لوله جابه‌جا می‌شود و به آهنربا نزدیک می‌شود.

دلیل: الکل (اتانول) مادهٔ دیامغناطیس است و در حضور میدان قوی آهنربا از آن دور می‌شود (دفع می‌شود)؛ هوای حباب (به‌دلیل اکسیژن) پارامغناطیس و ضعیف جذب‌شونده است. پس الکل از ناحیهٔ میدان قوی کنار می‌رود و حباب که نسبت به الکل «کمتر دفع می‌شود»، جای آن را می‌گیرد و به سمت آهنربا می‌رود.

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۲۴ صفحه ۱۰۳ پرسش

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.

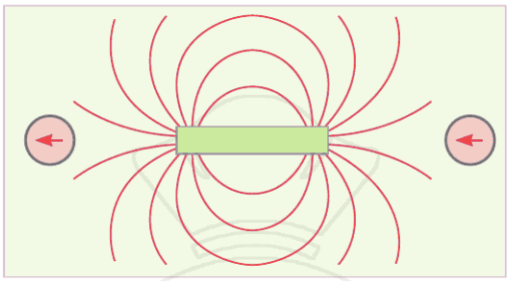


الف) جریان در سیملوله میدان مغناطیسی هم‌جهتی در درون آن ایجاد می‌کند. این میدان هر دو میله را آهنربا می‌کند (القای مغناطیسی) و آن‌ها قطب‌های هم‌جهت می‌گیرند: دو سر هم‌سوی میله‌ها هم‌نام می‌شوند. چون قطب‌های هم‌نام یکدیگر را می‌رانند، میله‌ها از هم دور می‌شوند.

ب) میله‌ها با حذف میدان (قطع جریان) خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند و به جای اول بازمی‌گردند؛ پس فرومغناطیس **نرم** هستند. (مواد فرومغناطیس سخت پس از قطع میدان، آهنربایی خود را حفظ می‌کنند.)

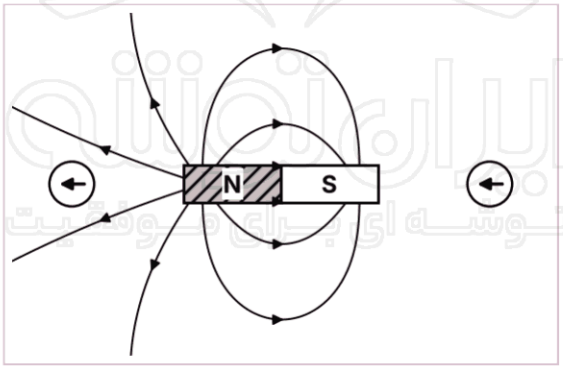
۲۵ صفحه ۱۰۴ **مسئله**

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



سر N هر عقربه در جهت میدان است. هر دو عقربه به سمت چپ‌اند. عقربهٔ سمت راست آهنربا به‌سوی آهنربا (به چپ) اشاره می‌کند، یعنی خط‌های میدان وارد این سر می‌شوند؛ پس **سر راست آهنربا قطب S** است. عقربهٔ سمت چپ در جهتی دور از آهنربا اشاره می‌کند؛ یعنی خط‌ها از این سر خارج می‌شوند و **سر چپ قطب N** است.

خط‌های میدان در بیرون آهنربا از N خارج و به S وارد می‌شوند و در درون آهنربا از S به Nاند (شکل زیر).



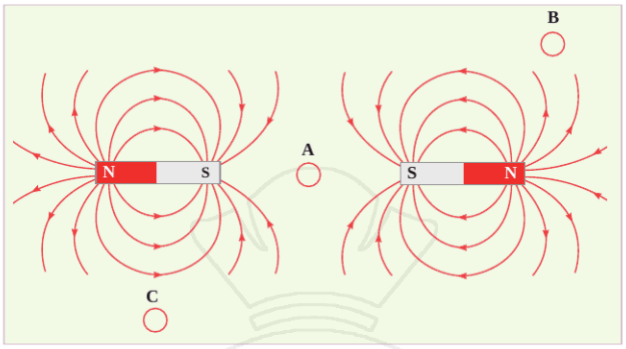
۲۶ صفحه ۱۰۴ مسئله

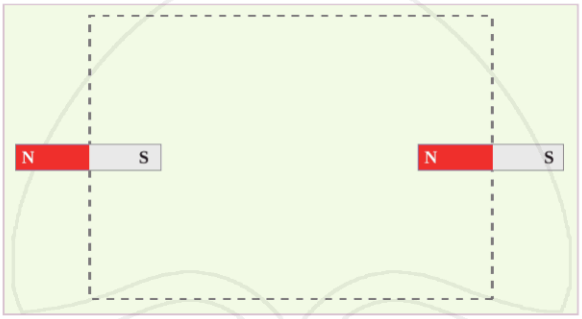
شکل زیر، خط‌های میدان را در نزدیکی دو آهنربای میله‌ای یکسان نشان می‌دهد.

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؟

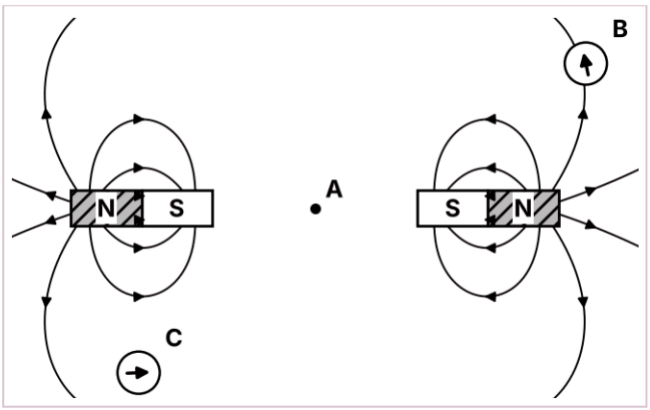
پ) اگر مانند شکل زیر یکی از آهنرباها را بچرخانیم تا جای قطب‌های آن عوض شود، خطوط میدان مغناطیسی را در ناحیهٔ نقطه‌چین رسم کنید.



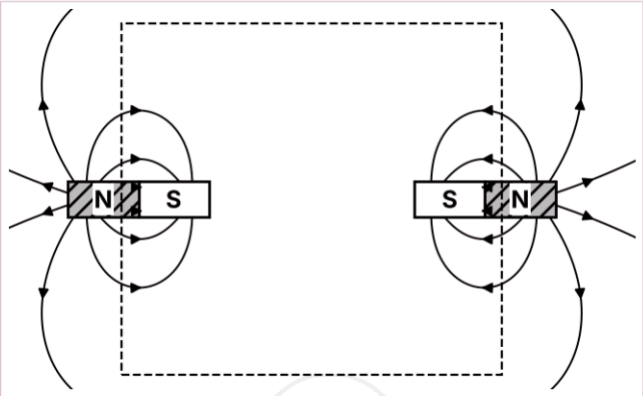


الف) نقطهٔ A وسط دو قطب هم‌نام S است. میدان دو قطب هم‌نام و هم‌اندازه (و هم‌فاصله) در A هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند؛ پس میدان برایند در A صفر است (نقطهٔ خنثی).

ب) سر N عقربه در جهت میدان قرار می‌گیرد: در نقطهٔ B (بالا و سمت راست) عقربه تقریباً رو به بالا (کمی متمایل به چپ) و در نقطهٔ C (زیر آهنربای چپ) عقربه تقریباً افقی و به سمت راست (از قطب N به‌سوی قطب S آهنربای چپ) قرار می‌گیرد.



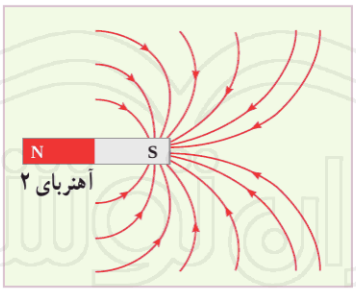
پ) با چرخاندن یکی از آهنرباها، دو قطب هم‌نام (S و S) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند (دفع): خط‌های هر قطب از قطب N بیرون می‌آیند و به قطب S همان آهنربا باز می‌گردند؛ خط‌ها یکدیگر را قطع نمی‌کنند و در وسط، هیچ خطی از ناحیهٔ میانی نمی‌گذرد (میدان در وسط صفر است) (شکل زیر).



۲۷ صفحه ۱۰۴ مسئله

الف) آهنربای میله‌ای با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. دست کم دو روش 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.



الف)

- آهنربا را از وسط با نخ آویزان می‌کنیم تا آزادانه بچرخد؛ پس از ایستادن، سری که به سمت شمال جغرافیایی است قطب N و سر دیگر قطب S است.
- قطب‌نما را به آهنربا نزدیک می‌کنیم: سر N عقربه به سمت قطب S آهنربا می‌چرخد و از قطب N دور می‌شود.
- قطب‌های آهنربایی دیگر را که قطب‌هایش معلوم است نزدیک می‌کنیم؛ هرگاه دفع شود هم‌نام و هرگاه جذب شود ناهمنام‌اند.
- برادهٔ آهن یا خط‌های میدان را بررسی کرده و با یک سیملولهٔ حامل جریان که قطب‌هایش با قاعدهٔ دست راست معلوم است، مقایسه می‌کنیم.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ب) هرجا خط‌های میدان به‌هم نزدیک‌تر (متراکم‌تر) باشند میدان قوی‌تر است. در نزدیکی قطب‌ها خط‌ها بسیار متراکم‌اند؛ پس میدان در نزدیکی قطب‌ها از نقاط دورتر بزرگ‌تر است. در شکل، در نزدیکی دو قطب S خط‌ها به یک اندازه متراکم‌اند، پس اندازهٔ میدان در نزدیکی قطب‌های دو آهنربا تقریباً یکسان است؛ و در وسط فاصلهٔ آن‌ها میدان به صفر می‌رسد.

۲۸ صفحه ۱۰۴ مسئله

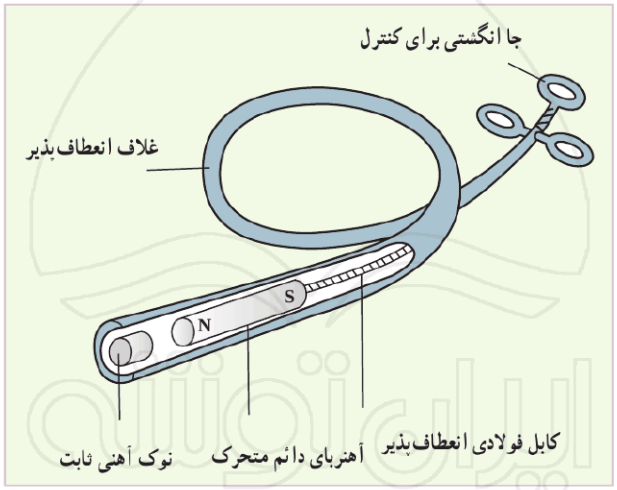
کودکی یک قطعهٔ کوچک آهنی را بلعیده است. پزشک می‌خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد.

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؟



الف) نوک آهنی با القای مغناطیسی آهنربا می‌شود: سر نزدیک به آهنربا قطب ناهمنام آن می‌گیرد و سر دیگر (نوک) قطب هم‌نام. در نتیجه نوک آهنی به سمت آهنربا کشیده می‌شود و میدان مغناطیسی قوی در نوک آن ایجاد می‌شود.

ب) آهن نرم است و در کنار آهنربای متحرک به‌سرعت و به‌شدت آهنربا می‌شود و با دور کردن آهنربا خاصیتش را از دست می‌دهد؛ پس با نزدیک و دور کردن آهنربا می‌توان قدرت جذب را کنترل کرد (وصل و قطع آهنربایی). همچنین نوک آهنی میدان را در یک نقطهٔ کوچک متمرکز می‌کند و با ایجاد نیروی قوی‌تر در همان‌جا، قطعهٔ آهنی را مستقیم به سمت نوک می‌کشد و فلز را می‌گیرد. ضمناً آهنربای دائمی از بدن دور است و به بافت آسیب نمی‌زند.

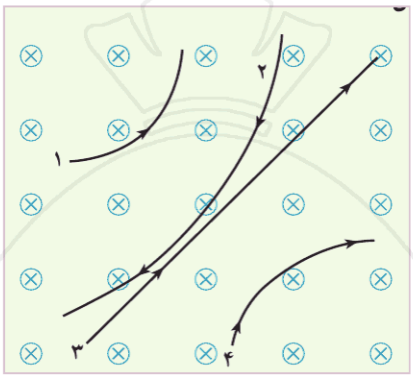
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پ) چون گلو و مری و نای منحنی و خمیده‌اند. غلاف انعطاف‌پذیر می‌تواند با پیچ و خم مسیر هماهنگ شود و بدون آسیب زدن به بافت‌های حساس، به فلز بلعیده شده برسد.

ت) گیرهٔ آهنی را می‌توان بیرون آورد؛ زیرا آهن فرومغناطیس است و به‌شدت به آهنربا جذب می‌شود. آلومینیم پارامغناطیس است و خاصیت آهنربایی آن بسیار ضعیف و موقتی است؛ پس واشر آلومینیومی با این دستگاه جذب نمی‌شود.

۲۹ صفحه ۱۰۵ **مسئله**

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



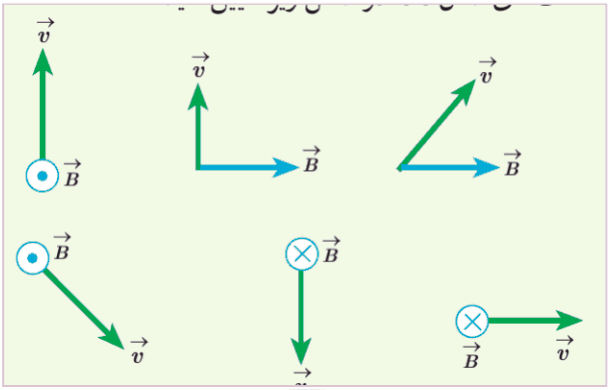
میدان درون‌سو است. اگر ذرهٔ مثبتی در جهت راست حرکت کند نیرو رو به بالا است ($F = q\,v \times B$)؛ با همین قاعده:

- ذرهٔ ۱: ذره به راست می‌رود و به بالا منحرف می‌شود؛ جهت نیرو همان جهت $v \times B$ است، پس بار **مثبت** است.
- ذرهٔ ۲: ذره به پایین می‌رود و به چپ منحرف می‌شود؛ برای بار مثبت نیرو به راست می‌شد، پس بار **منفی** است.
- ذرهٔ ۳: مسیر مستقیم است و منحرف نمی‌شود؛ بار آن صفر است (**خنثی**).
- ذرهٔ ۴: ذره به بالا می‌رود و به راست منحرف می‌شود؛ برای بار مثبت نیرو به چپ می‌شد، پس بار **منفی** است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

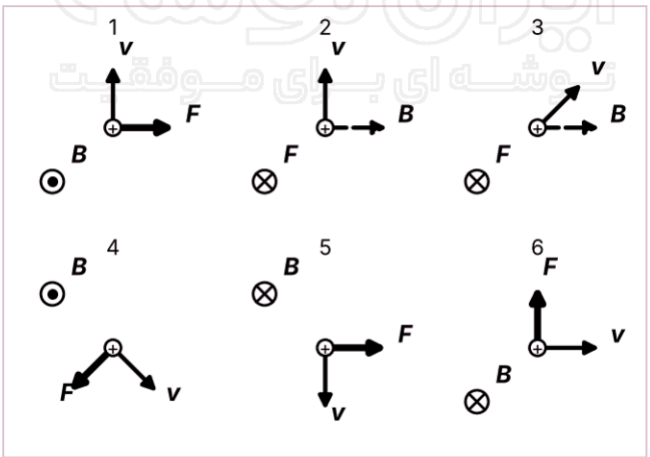
۳۰ صفحه ۱۰۵ مسئله

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



با قاعدهٔ دست راست ($F = q\, v \times B$)، چهار انگشت در جهت v، خم‌شده به سوی B، شست جهت F). نتیجه (حالت‌ها به‌ترتیب جای آن‌ها در شکل: ردیف بالا و سپس ردیف پایین، از چپ به راست):

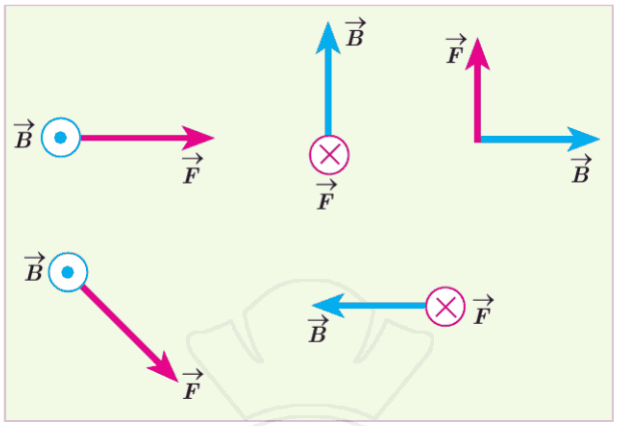
حالت	v	B	F جهت
بالای چپ	بالا	برون‌سو	به راست
بالای وسط	بالا	به راست	درون‌سو
بالای راست	بالاراست (۴۵°)	به راست	درون‌سو
پایین چپ	پایین‌راست	برون‌سو	پایین‌چپ (عمود بر v)
پایین وسط	پایین	درون‌سو	به راست
پایین راست	به راست	درون‌سو	به بالا



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

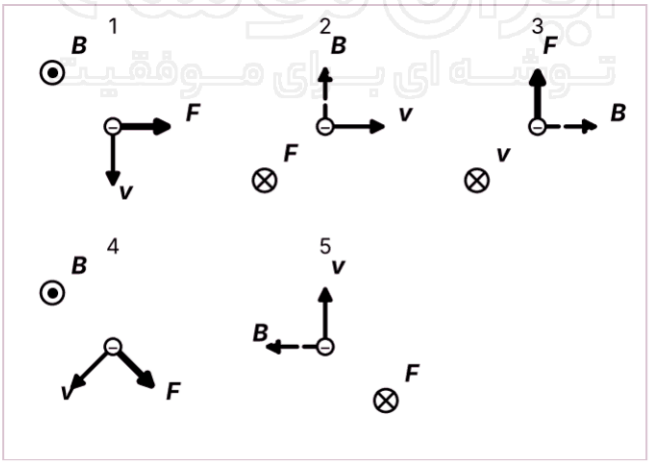
۳۱ صفحه ۱۰۵ مسئله

نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی 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.



بار الکترون منفی است؛ پس F خلاف جهت v × B است. به‌عبارت دیگر، جهت سرعت الکترون همان جهت F × B می‌شود (یا با دست راست، جهت نیروی بر بار فرضی مثبت را وارونه می‌کنیم). نتیجه (به‌ترتیب جای آن‌ها در شکل: ردیف بالا و سپس ردیف پایین، از چپ به راست):

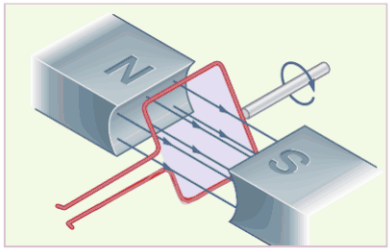
- B برون‌سو و F به راست ← سرعت الکترون **رو به پایین**.
- B رو به بالا و F درون‌سو ← سرعت **به راست**.
- F رو به بالا و B به راست ← سرعت **درون‌سو**.
- B برون‌سو و F پایین‌راست ← سرعت **پایین‌چپ** (عمود بر F).
- B به چپ و F درون‌سو ← سرعت **رو به بالا**.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۳۲ صفحه ۱۰۵ مسئله

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



میدان از قطب N (چپ) به قطب S (راست) است و پیکان کنار محور، جهت چرخش حلقه را نشان می‌دهد. نیروی وارد بر ضلع‌های حامل جریان که موازی محورند ($F = I\ell B$، عمود بر ضلع و بر میدان) باید حلقه را در همین جهت بچرخاند. با قاعدهٔ دست راست ($F = I\ell \times B$) برای ضلع بالایی، جریان در این ضلع باید از سمت محور (بالاراست) به سمت چپ‌پایین (به‌طرف ناظر) برقرار باشد و در ضلع پایینی که جهتش مخالف است، از سمت ناظر به‌طرف محور؛ در دو ضلع کوتاه نیز جریان به‌دنبال آن‌ها ادامه می‌یابد. یعنی جریان در حلقه در خلاف جهت حرکت پیکان‌های حلقه از بالا به‌سمت ناظر است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۳۳ صفحه ۱۰۵ مسئله

پروتونی با تندی $۴/۴\times۱۰^{۶}\ m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $۱۸\ mT$ در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت B، زاویهٔ ۶۰° می‌سازد.

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

ب) اگر تنها این نیرو بر این 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).

الف) $B = 18\ mT = 1.8\times10^{-2}\ T$:

$$F = |q|\ v\ B \sin\theta = (1.6\times10^{-19}\ C)(4.4\times10^{6}\ m/s)(1.8\times10^{-2}\ T)(\sin 60^\circ)$$
$$= (1.267\times10^{-14})(0.866) \approx 1.1\times10^{-14}\ N$$

ب) از قانون دوم نیوتون:

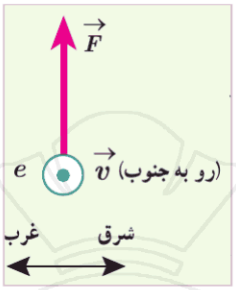
$$a = F / m = 1.097\times10^{-14}\ N / (1.7\times10^{-27}\ kg) \approx 6.5\times10^{12}\ m/s^2$$

۳۴ صفحه ۱۰۵ مسئله

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؟



الف) نیروی بیشینه یعنی $\theta = 90^\circ$، پس $F_{max} = |q|\, v\, B$:

$$B = F_{max} / (e\, v) = 6.8\times10^{-14}\ N / [(1.6\times10^{-19}\ C)(2.4\times10^{5}\ m/s)] = 6.8\times10^{-14} / 3.84\times10^{-14} \approx 1.8\ T$$

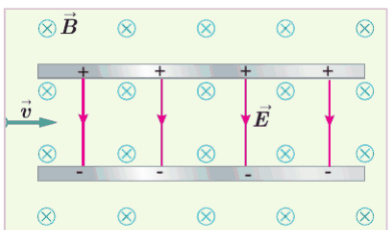
جهت: الکترون بار منفی دارد؛ پس F خلاف $v \times B$ است. سرعت به سمت جنوب و نیرو رو به بالا است. با آزمودن جهت‌ها (شرق، شمال، بالا): اگر B به سمت غرب باشد، $v \times B$ (جنوب × غرب) رو به پایین است و نیرو بر الکترون رو به بالا می‌شود. پس میدان **به سمت غرب** و اندازهٔ آن $1.8\ T \approx$ است.

ب) برای ایجاد همین نیرو با میدان الکتریکی: $F = |q|\, E$

$$E = F / e = 6.8\times10^{-14}\ N / (1.6\times10^{-19}\ C) = 4.25\times10^{5}\ N/C$$

۳۵ صفحه ۱۰۵ مسئله

ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت v در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت B و E وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E = 450\ N/C$ و $B = 0/18\ T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



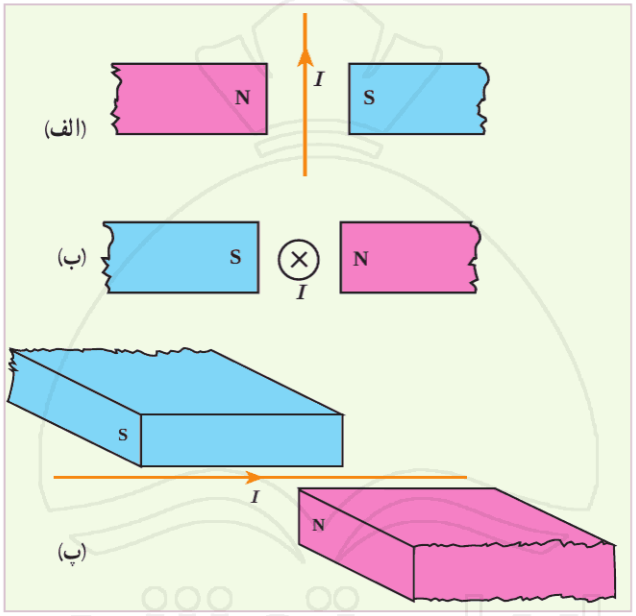
ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

میدان الکتریکی رو به پایین است؛ نیروی الکتریکی بر ذرهٔ مثبت رو به پایین ($F_E = qE$). میدان B درون‌سو و v به سمت x است؛ نیروی مغناطیسی رو به بالا ($F_B = qvB$). برای حرکت مستقیم باید برآیند نیروها صفر باشد:

$$q\,v\,B = q\,E \;\Rightarrow\; v = E / B = 450\ N/C / 0.18\ T = 2500\ m/s$$

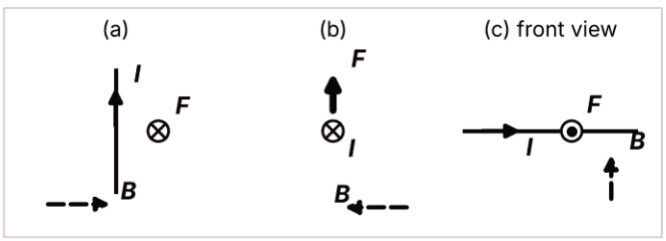
۳۶ صفحه ۱۰۶ مسئله

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



میدان مغناطیسی از قطب N به S است و $F = I\ell \times B$ (چهار انگشت در جهت جریان، خم‌شده به سوی B، شست جهت F):

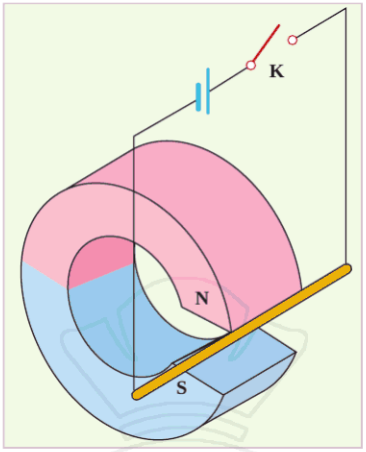
- **شکل الف:** B به راست و I رو به بالا ← نیرو **درون‌سو**.
- **شکل ب:** B از N (راست) به S (چپ)، یعنی به چپ؛ I درون‌سو ← نیرو **رو به بالا**.
- **شکل پ:** B از N (پایین) به S (بالا)، یعنی رو به بالا؛ I به راست ← نیرو **برون‌سو** (به سمت ناظر).



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۳۷ صفحه ۱۰۶ مسئله

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

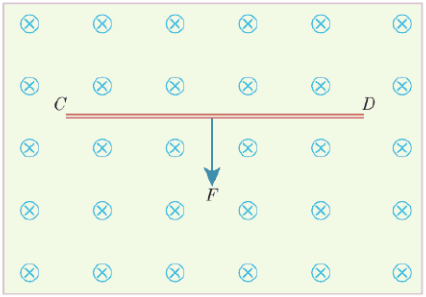


با بستن کلید، جریان از باتری در مدار و در میلهٔ رسانا برقرار می‌شود. میلهٔ حامل جریان درون میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربا (از N به S، رو به پایین) قرار دارد؛ پس نیروی $F = I \ell B$ که بر میله و بر میدان عمود است، بر آن وارد می‌شود. میله از وضعیت تعادل خود منحرف می‌شود و در راستای عمود بر میلهٔ رسانا و میدان (به‌سمت بیرون از دهانهٔ آهنربا) نوسان می‌کند؛ جهت انحراف را با قاعدهٔ دست راست با توجه به قطب‌های باتری تعیین می‌کنیم. با باز کردن کلید نیرو صفر می‌شود و میله به‌صورت آونگ به حالت قائم برمی‌گردد.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۳۸ صفحه ۱۰۶ مسئله

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

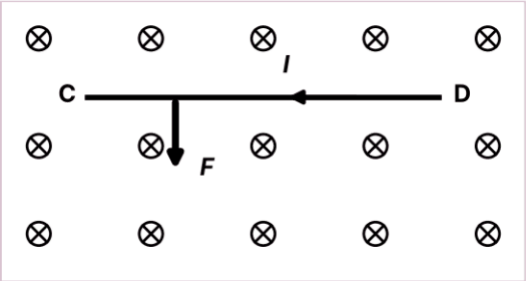


سیم عمود بر میدان است ($\theta = 90^\circ$):

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

$$F = I \ell B \Rightarrow I = F / (\ell B) = 1\ N / (2\ m \times 0.5\ T) = 1\ A$$

جهت: میدان درون‌سو و نیرو رو به پایین است. اگر جریان از C به D (به راست) بود، I × B (راست × درون‌سو) رو به بالا می‌شد؛ پس برای نیروی رو به پایین، جریان باید از **D به C** (به سمت چپ) باشد.

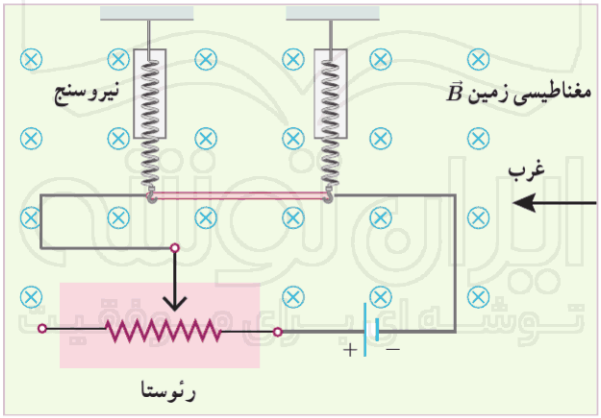


۳۹ صفحه ۱۰۶ مسئله

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 ـ شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به‌طرف شمال و اندازهٔ ۰/۰۵mT بگیرید.

الف) اندازهٔ نیروی 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 = 9/8 N/kg)



الف) $B = 0.05\ mT = 5\times10^{-5}\ T$؛ سیم عمود بر میدان (شرق ـ غرب و میدان شمال) است. نیروی هر متر سیم:

$$F/\ell = I B \sin 90° = (1.6\ A)(5\times10^{-5}\ T) = 8\times10^{-5}\ N/m$$

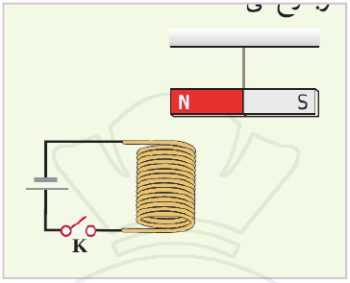
ب) نیروسنج‌ها وقتی صفر می‌شوند که نیروی مغناطیسی رو به بالا وزن سیم را خنثی کند ($F_B = mg$). برای هر متر: $m/\ell = 8\ g/m = 8\times10^{-3}\ kg/m$

$$I B \ell = m g \Rightarrow I = (m/\ell)\, g / B = (8\times10^{-3}\ kg/m)(9.8\ N/kg) / (5\times10^{-5}\ T) = 1568\ A \approx 1.6\times10^{3}\ A$$

جهت: میدان به شمال و نیرو باید رو به بالا باشد. با قاعدهٔ دست راست (شرق × شمال = بالا) جهت جریان باید **از غرب به شرق** باشد. (جریان خیلی بزرگ است و در عمل شدنی نیست؛ ولی داده‌های مسئله چنین جوابی می‌دهند.)

۴۰ صفحه ۱۰۶ مسئله

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

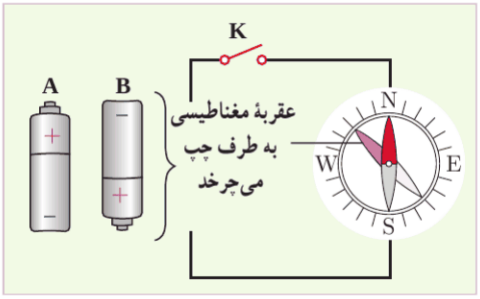


با بستن کلید، در سیملوله جریان برقرار می‌شود و سیملوله مانند یک آهنربا قطب‌های N و S پیدا می‌کند. جریان در مدار از قطب مثبت باتری (صفحهٔ بلندتر پایینی) به سیملوله وارد می‌شود و طبق قاعدهٔ دست راست (چهار انگشت در جهت جریان در پیچه‌ها، شست جهت میدان درون سیملوله) انتهای بالایی سیملوله قطب N می‌شود. قطب N آهنربا که درست بالای این سر قرار دارد، دفع می‌شود؛ پس سر N آهنربا بالا می‌رود (از سیملوله دور می‌شود) و سر S آن به سمت پایین می‌آید، یعنی آهنربا حول نقطهٔ آویز می‌چرخد (چپ بالا، راست پایین).

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۴۱ صفحه ۱۰۷ مسئله

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



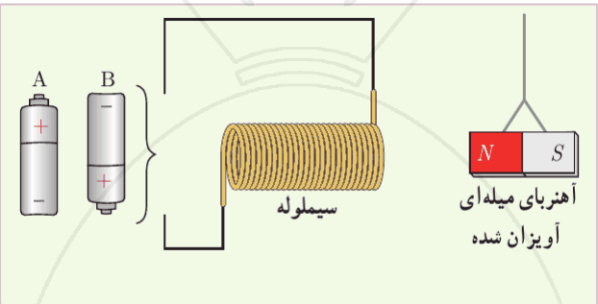
باتری **A** (قطب مثبت آن در بالا قرار دارد).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

عقربهٔ قطب‌نما روی سیم قائم (شمال ـ جنوب) سمت راست قرار دارد. چرخش خلاف عقربه‌های ساعت یعنی سر N عقربه به سمت غرب (چپ) می‌چرخد؛ پس میدان بالای سیم (محل قطب‌نما) باید به چپ باشد. با قاعدهٔ دست راست، برای آنکه میدان بالای (جلوی) سیم به چپ باشد، جریان باید در این سیم **رو به پایین** باشد. جریان در مدار از قطب مثبت باتری خارج می‌شود؛ جریان رو به پایین در سیم راست یعنی جریان در سیم چپ (جایگاه باتری) رو به بالا است. پس باتری باید طوری قرار گیرد که قطب مثبت آن بالا باشد، یعنی باتری A.

۴۲ صفحه ۱۰۷ مسئله

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.



باتری **B** (قطب مثبت در پایین).

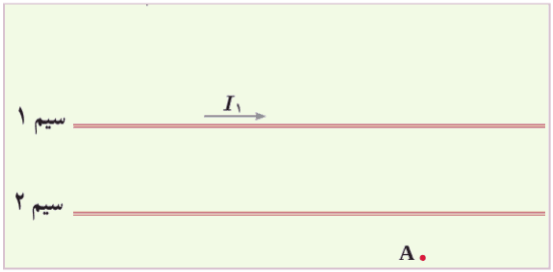
قطب N آهنربا به سیملوله نزدیک‌تر است؛ برای جذب باید انتهای نزدیک سیملوله (سمت راست) قطب S باشد، یعنی میدان درون سیملوله به سمت چپ (انتهای چپ N) باشد. با توجه به جهت پیچش سیم در شکل و قاعدهٔ دست راست، برای این کار جریان باید از انتهای پایینی (چپ) به پیچه وارد شود؛ بنابراین قطب مثبت باتری باید در پایین باشد، که باتری B است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

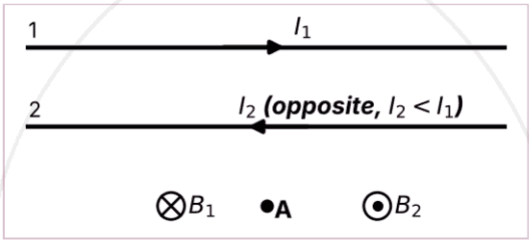
توشه ای برای موفقیت

۴۳ صفحه ۱۰۷ مسئله

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.



جریان سیم ۱ به راست است و نقطهٔ A زیر هر دو سیم است. میدان سیم ۱ در A درون‌سو است. برای صفر شدن برایند، میدان سیم ۲ در A باید برون‌سو باشد؛ زیر یک سیم، میدان برون‌سو یعنی جریان به سمت چپ. پس جریان در سیم ۲ **به سمت چپ** (خلاف جریان سیم ۱) است. چون A به سیم ۲ نزدیک‌تر است، اندازهٔ جریان در سیم ۲ باید از I_1 کمتر باشد ($I_2 = I_1 r_2/r_1$).



۴۴ صفحه ۱۰۷ مسئله

سیملوله‌ای شامل ۲۵۰ حلقه است که دور یک لولهٔ پلاستیکی توخالی به طول ۰/۱۴ متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیملوله ۰/۸۸A باشد، اندازهٔ میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب کنید.

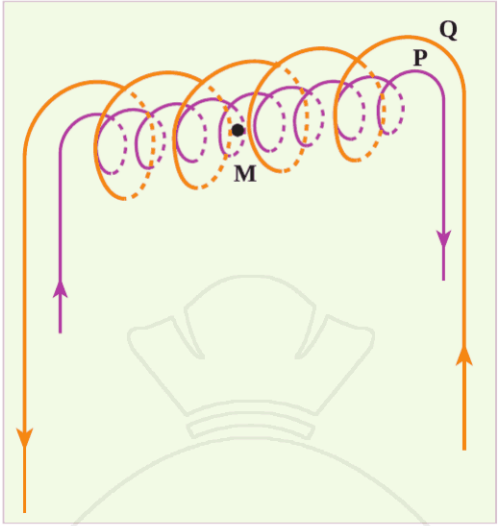
$N = 250$، $\ell = 0.14\ \text{m}$، $I = 0.88\ \text{A}$:

$$B = \mu_0 N I / \ell = (4\pi\times10^{-7}\ \text{T·m/A})(250)(0.88\ \text{A}) / (0.14\ \text{m}) \approx 1.97\times10^{-3}\ \text{T}$$

اندازهٔ میدان درون سیملوله حدود 2×10^{-3} T (یعنی ≈ 20 G) است.

۴۵ صفحه ۱۰۷ مسئله

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؟



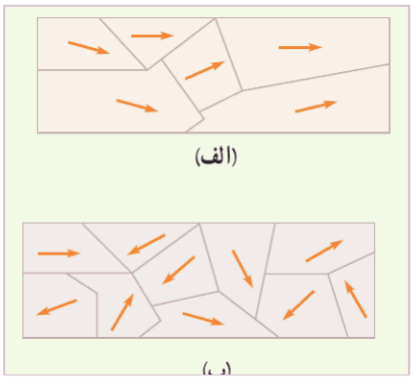
میدان درون هر سیملولهٔ آرمانی $B = \mu_0 N I / \ell$ است و دو سیملوله طول یکسان دارند. در شکل جهت جریان در دو سیملوله (با پیچش مشابه) خلاف هم است، پس میدان آن‌ها در M در خلاف جهت یکدیگر است. برای صفر شدن برایند، اندازه‌ها باید برابر باشند:

$$\mu_0 N_P I_P / \ell = \mu_0 N_Q I_Q / \ell \rightarrow I_P = N_Q I_Q / N_P = 300 \times 1\ A / 200 = 1.5\ A$$

جریان لازم در سیملولهٔ P برابر 1.5 A است (با همان جهتی که در شکل نشان داده شده، یعنی در جهتی که میدانش خلاف میدان Q باشد).

۴۶ صفحه ۱۰۷ مسئله

شکل الف حوزه‌های مغناطیسی مادهٔ فرومغناطیسی را درون میدان خارجی B نشان می‌دهد. شکل ب همان ماده را پس از حذف میدان B نشان می‌دهد. نوع فرومغناطیس را با ذکر دلیل تعیین کنید.

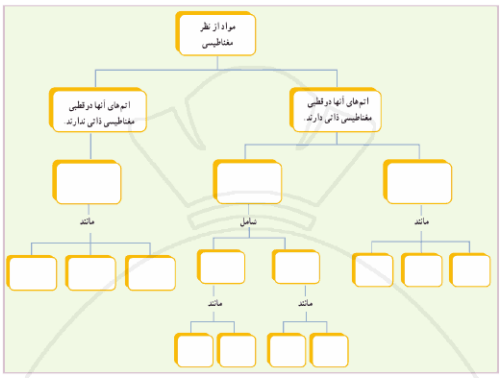


ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

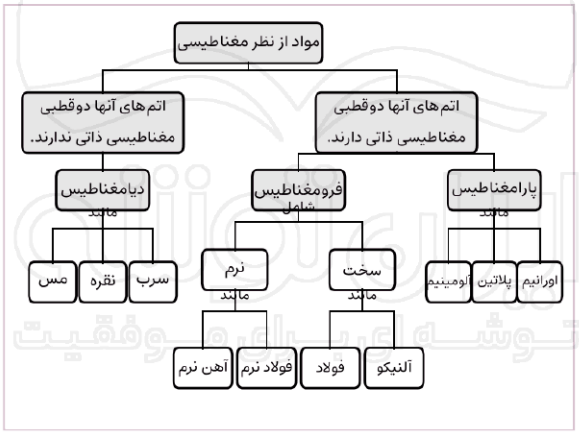
ماده فرومغناطیس **نرم** است. دلیل: در شکل الف (در حضور میدان) قطبی‌های حوزه‌ها تقریباً هم‌جهت با میدان شده‌اند (ماده آهنربا شده است)، اما در شکل ب پس از حذف میدان، جهت‌گیری حوزه‌ها دوباره بی‌نظم و تصادفی شده است؛ یعنی ماده آهنربایی خود را از دست داده است. این رفتار مادهٔ فرومغناطیس نرم است (در فرومغناطیس سخت پس از حذف میدان جهت‌گیری حوزه‌ها تقریباً حفظ می‌شود).

۴۷ صفحه ۱۰۸ **مسئله**

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



نقشهٔ مفهومی کامل‌شده در شکل زیر آمده است:



خلاصه: بدون دوقطبی ذاتی ← دیامغناطیس؛ با دوقطبی ذاتی ← پارامغناطیس و فرومغناطیس (نرم و سخت).

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir