به نام خدای مهربان

آموزش و

کتاب کار

یازدهم

رشتهٔ ریاضی

فیزیک ۲

• مصطفی کیانی • هدیه منوچهری

• مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک: نصراله افاضل

مهروماه

مقدمه

به نام خداوندِ جان و خرد

دوست گرامی؛

از اینکه این کتاب را انتخاب کردید تا توانایی و مهارت خود را در پاســخ به تمرینات و مســائل فیزیک (۲) افزایش دهید، به شما تبریک می‌گویم. ماهم کوشیده‌ایم کتاب کار فیزیک (۲) را به گونه‌ای طراحی کنیم و بنویسیم که به کار شما بیاید نه اینکه کارتان را زیاد کند.

برای اینکه با این کتاب زودتر دوست شوید چند تا از ویژگی‌های آن را برایتان می‌گویم:

ساختار کتاب و ۱۱ ویژگی مهم آن

۱ هر فصل این کتاب براســاس کتاب درســی به چند بخش تقسیم شده و کوشیده‌ایم که هر بخش متناسب با جلسه‌های تدریس دبیر محترمتان در کلاس درس باشد.

۲ در ابتدای هر بخش درس‌نامه‌های کوتاه اما مفید قرار داده‌ایم تا در شروع کار راحت‌تر باشید.

۳ انواع گوناگون از پرســش‌ها و تمریناتی مانند درست - نادرست، جاخالی، مفهومی و مسئله، آورده‌ایم تا همهٔ زیر و بم کار دستتان بیاید.

۴ همهٔ تمرینات هر بخش را به ترتیب آموزشــی کتاب درســی و از ســاده به دشــوار برایتان چیده‌ایم تا یادگیری برایتان لذت‌بخش و آسان‌تر شود.

۵ کوشیده‌ایم که همهٔ مطالب (به قول معروف نَعل به نَعل) کتاب درسی را به پرسش و تمرین و مسئله تبدیل کنیم.

۶ پاسخ تشریحی تمرینات مهم و دشوار را در انتهای کتاب آورده‌ایم تا از نتیجه تلاشتان مطمئن شوید.

۷ پاسخ کوتاه همهٔ تمرینات را در انتهای کتاب آورده‌ایم تا یادگیری شما کامل‌تر شود.

۸ کوشیده‌ایم که تعداد تمرینات به اندازه‌ای باشد که اذیت نشوید اما بر مفاهیم کتاب درسی مسلط شوید.

۹ دو آزمون استاندارد برایتان طراحی کرده‌ایم یکی نیمسال اول و دومی پایان سال، تا آمادگی بیشتری برای آزمون‌های مهم مدرسه داشته باشید.

۱۰ کتاب پر از تصویرها و طرح‌های رنگی است.

۱۱ با اســکن رمزینه‌هایی که در کتاب قرار داده‌ایم می‌توانید انیمیشــن‌ها و آزمایش‌هایی را دریافت کنید که به یادگیری شما کمک می‌کند.

بهترین راه برای استفاده از این کتاب

برای اینکه کتاب بیشتر به کارتان بیاید، بهتر است موارد زیر را رعایت کنید.

- تمرینات هر بخش را پس از تدریس دبیر محترم کار کنید. کار هر روز را پس از درس همان روز انجام دهید. پاسخ‌های کوتاه را حتما با پاسخ خودتان مقایسه کنید.
- تمریناتی که با نماد مشخص کرده ایم، مهم و شاید دشوارترند، به آن‌ها بیشتر توجه کنید، پاسخ تشریحی این سؤال‌ها را هم در آخر کتاب می توانید پیدا کنید.

خلاصه کلام، هرکاری که از ما بر می‌آمد انجام دادیم تا کارتان روبه‌راه شود.

تشکر و قدردانی

کار یک کتاب فقط با تألیف شـــروع نمی‌شـــود و به پایان نمی‌رسد. از این رو لازم می‌دانم، از جناب آقای احمد اختیاری مدیر انتشـــارات مهروماه که با تجربه گرانقدر و دقت نظر بالای خود راهنمایی‌های ارزشـــمندی برایمان داشته‌اند و در فراهم کردن امکانات گوناگون سنگ‌تمام گذاشتند، سپاسگزاری می‌کنم.

همچنین از آقای محمد حســـین انوشه، مدیر شورای تألیف انتشـــارات که با تلاش و پیگیری شبانه‌روزی‌شان در طراحی و به سامان رساندن این کتاب مولفان را یاری دادند و راهنمایی کردند، سپاسگزارم.

همچنین از همهٔ همکاران دوست‌داشتنی مهروماهی به‌ویژه:

- خانم زهرا خوشنود که در پیشبرد امور اجرایی تألیف کتاب گام به گام همراه ما بودند.
- خانم سمیه جباری مدیر تولید انتشارت که هماهنگی‌های امور تولید این کتاب بر دوش ایشان بود.
- خانم رویا طبسی که صفحه‌آرایی زیبای این کتاب دستپخت ایشان است.
- آقای امیر انوشه مدیر سایت و همکاران ایشان که امکان استفاده از انیمیشن‌ها و آزمایش‌ها را فراهم کردند.
- آقای محســـن فرهادی مدیر هنری انتشـــارات، خانم الهام پیلوایه مســـئول فنی تولید، خانم الناز رضوانی و آقای محســـن کامران‌پور حروف‌نگار گرامی، خانم‌ها فرشـــته شاه‌بیک و منصوره محمدی تصویرگر و رسام تصاویر کتاب و آقای افشین فرزانه، خانم‌ها ســـیده سکینه موسوی، تکتم کاظمی و کیانا معظمی ویراســـتاران علمی کتاب که با تلاش دو چندان خود کوشیده‌اند کتابی پاکیزه، زیبا و دور از اشتباه در اختیار شما قرار دهند و آقایان ذوالفقار بهبودی و مهدی بخشی که آسایش همکاران را در انتشارات فراهم کردند، بسیار سپاسگزارم.

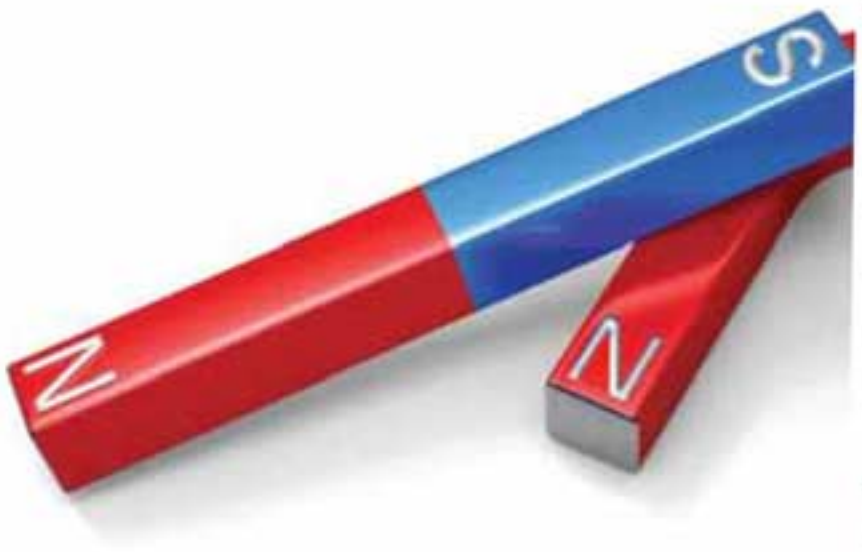
همچنین از آقای عباس گودرزی که زحمت رســـاندن کتاب به شما و خانم فرزانه قنبری مدیر روابط عمومی انتشارات مهروماه تشکر می‌کنم.

مدیـــر و ناظـــر علمـــی گـــروه فیزیـــک

نصرالـــه افاضـــل

فصل سوم

مغناطیس



آنچه در این فصل خواهید دید:

- مغناطیس
  - مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی
  - میدان مغناطیسی
    - میدان مغناطیسی زمین
    - میدان مغناطیسی یکنواخت
  - نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی
  - میدان مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان
    - عامل‌های مؤثر بر نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان
  - میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی
    - نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان
    - میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقهٔ دایره‌ای حامل جریان
    - میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان
    - سیملوله با هستهٔ آهنی - آهنربای الکتریکی
  - ویژگی‌های مغناطیسی مواد
    - مواد پارامغناطیسی
    - مواد دیامغناطیسی
    - مواد فرومغناطیسی

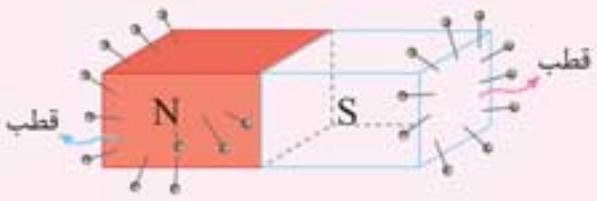
3-1 مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آهن‌ربا

در بعضی مواد، خاصیتی وجود دارد که می‌تواند ذره‌های آهن را برباید (جذب کند). ماده‌هایی که این ویژگی را دارند، آهن‌ربا می‌نامند.

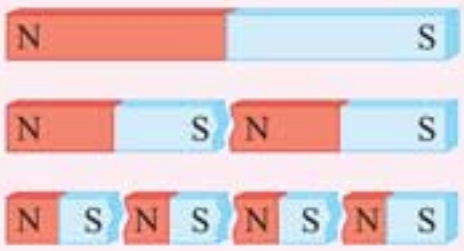
قطب‌نمای آهن‌ربا

در هر آهن‌ربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آن‌جا بسیار بیش‌تر از قسمت‌های دیگر است. این ناحیه‌ها را قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند.



هر آهن‌ربا دارای دو قطب است. قطب شمال (N) و قطب جنوب (S). مکان قطب‌های آهن‌ربا به شکل آن بستگی دارد. به عنوان مثال، برای آهن‌ربای میله‌ای قطب‌ها در دو سر میله است.

- تمام آهن‌رباها، هم‌قطب N دارند و هم‌قطب S. اگر یک آهن‌ربای میله‌ای را دو قسمت کنید، هر بخش آن دوباره دارای دو قطب آهن‌ربایی است. اگر باز هم آن‌ها را به دو بخش تقسیم کنید، چهار آهن‌ربای کامل خواهید داشت.



می‌توانید تقسیم کردن را ادامه دهید، اما هرگز یک قطب تنها، یا به عبارت دیگر، تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد؛ قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند. حتی وقتی قطعهٔ شما به اندازهٔ یک اتم برسد، دو قطب دارد که نشان می‌دهد خود اتم نیز می‌تواند آهن‌ربا باشد.

چگونگی تعیین قطب‌های آهن‌ربا و نام‌گذاری آن‌ها

اگر یک آهن‌ربای میله‌ای را توسط ریسمانی به گونه‌ای بیاویزید که بتواند آزادانه بچرخد، پس از ساکن شدن، در راستای تقریبی شمال ـ جنوب جغرافیایی محل آزمایش قرار می‌گیرد. در این صورت قطبی را که به سوی شمال تمایل دارد قطب N و قطبی را که به سوی جنوب تمایل دارد، قطب S می‌نامند.

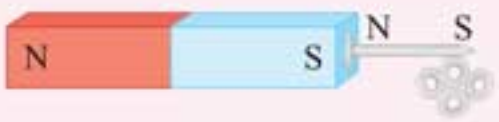
برهم‌کنش دو آهن‌ربا

قطب‌های مغناطیسی هم‌نام یک‌دیگر را می‌رانند (دفع می‌کنند) و قطب‌های غیر هم‌نام یک‌دیگر را می‌ربایند. (جذب می‌کنند)

القای مغناطیسی

وقتی که آهن‌ربایی را در نزدیکی میخ آهنی قرار دهید، در میخ خاصیت مغناطیسی القا شده و جذب آهن‌ربا می‌شود و تا زمانی که میخ با آهن‌ربا در تماس و یا نزدیک آن باشد خاصیت مغناطیسی را در خود حفظ می‌کند. این پدیده را القای مغناطیسی می‌نامند.

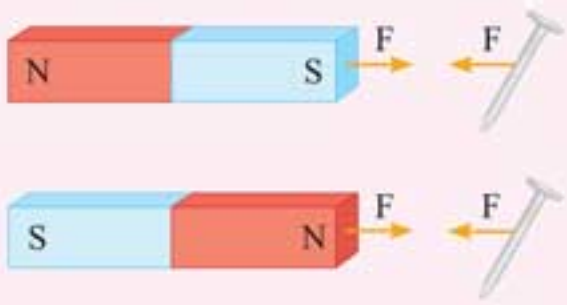
- اگر مطابق شکل، قطب S یک آهن‌ربا را به یک میخ نزدیک کنیم، آن سر میخ که به آهن‌ربا نزدیک‌تر است، قطب N و سر دورتر قطب S می‌شود و میخ به سمت آهن‌ربا کشیده می‌شود.



• در اثر القای مغناطیسی همواره ربایش بین آهن‌ربا و ماده‌ای که خاصیت مغناطیسی در آن القا شده است به وجود می‌آید و هرگز رانشی به وجود نمی‌آید.

2-3 میدان مغناطیسی

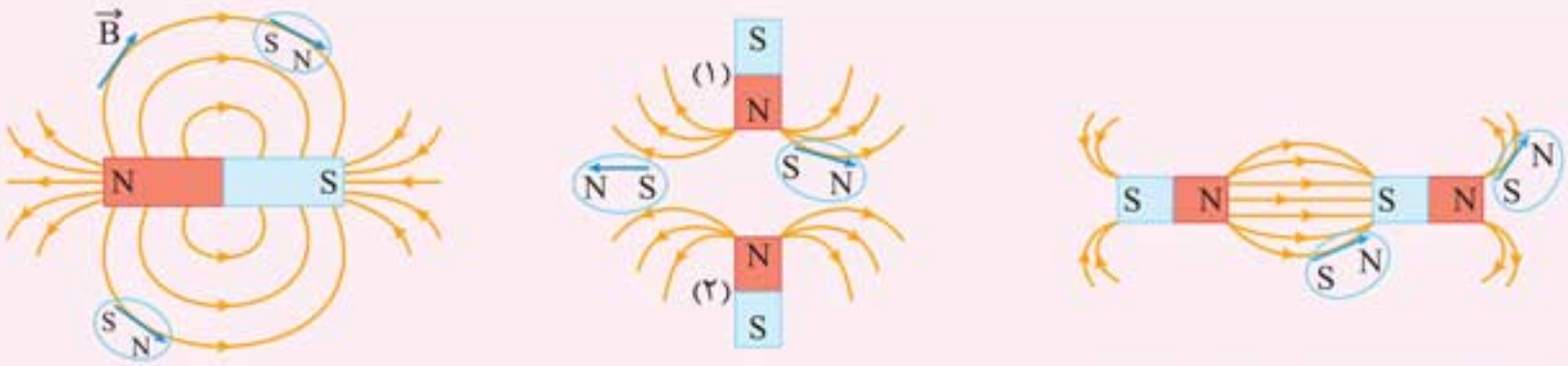
در فضای اطراف هر آهن‌ربا، خاصیتی وجود دارد که موجب می‌شود به هر عقربهٔ مغناطیسی یا هر آهن‌ربای دیگر واقع در آن فضا نیرو وارد شود. این خاصیت را میدان مغناطیسی می‌نامند. میدان مغناطیسی یک کمیت برداری است و آن را با نماد $\vec{B}$ نمایش می‌دهیم.



جهت میدان مغناطیسی

به کمک عقربهٔ مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهن‌ربا تعیین کرد. بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهن‌ربا در جهتی است که وقتی عقربهٔ مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب N عقربه، آن جهت را نشان می‌دهد.

• بردار میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در هر نقطه مماس بر خط میدان آن نقطه و هم‌سو با آن است.



ویژگی خطوط میدان مغناطیسی

الف در هر نقطهٔ میدان مغناطیسی بر آن‌ها مماس است.

ب خط میدان مغناطیسی در هر نقطه هم‌سو با میدان مغناطیسی در آن نقطه است.

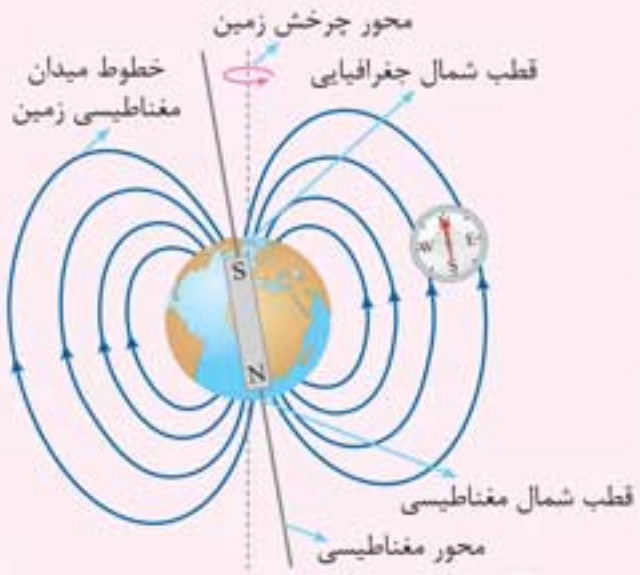
پ تراکم خطوط میدان مغناطیسی در هر ناحیه، نشانگر بزرگی میدان مغناطیسی در آن ناحیه است.

ت خطوط میدان مغناطیسی یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند.

ث خطوط میدان مغناطیسی به صورت حلقه‌های بسته‌ای است که بیرون از آهن‌ربا از N به S و داخل آهن‌ربا از S به N می‌باشد. به عبارت دیگر خطوط میدان از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود.

• بسته بودن خطوط میدان مغناطیسی نشان می‌دهد که آهن‌ربای تک‌قطبی وجود ندارد.

میدان مغناطیسی زمین



می‌توان تصور نمود یک آهن‌ربای میله‌ای در راستای تقریبی شمال ـ جنوب جغرافیایی زمین قرار گرفته است. قطب آهن‌ربای میله‌ای که در جهت شمال جغرافیایی است، قطب جنوب (S) و قطب دیگر آن قطب شمال (N) می‌باشد.

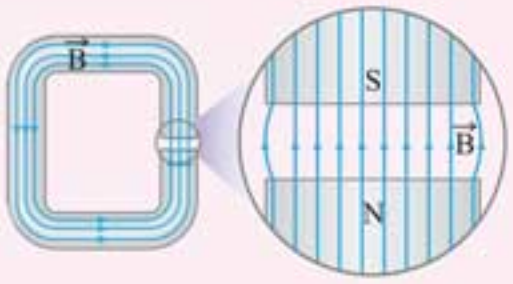
توجه: قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. یعنی عقربهٔ مغناطیسی در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.

زاویهٔ شیب مغناطیسی

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.

میدان مغناطیسی یکنواخت

هرگاه در نقاط مختلف ناحیه‌ای از فضا جهت و اندازهٔ میدان مغناطیسی یکسان باشد، در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه یکنواخت می‌گویند. برای ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت از آهن‌ربای C شکل استفاده می‌کنیم.



● برای مشاهدهٔ انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبرو را اسکن نمایید.

تمرین‌ها ● مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

۱ عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) اگر کرهٔ زمین را یک آهن‌ربای بزرگ فرض کنیم، قطب شمال این آهن‌ربا نزدیک قطب (شمال ـ جنوب) جغرافیایی است.

ب) برای مشاهدهٔ خطوط میدان مغناطیسی می‌توان از (مقداری برادهٔ آهن ـ یک عقربهٔ مغناطیسی) استفاده کرد.

پ) جذب براده‌های آهن توسط یک آهن‌ربا به دلیل (پدیدهٔ القای مغناطیسی ـ قدرت آهنربایی) است.

ت) جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهن‌ربای میله‌ای از قطب (N به S ـ S به N) آهن‌ربا می‌باشد.

ث) با استفاده از (براده‌های آهن ـ عقربهٔ مغناطیسی) می‌توان نوع قطب‌های یک آهن‌ربای مجهول را تعیین کرد.

ج) برهم‌کنش آهن‌ربای اصلی و آهن‌ربای القایی همواره (ربایشی ـ رانشی) است.

۲ جاهای خالی را با کلمه‌های «بزرگی، هم‌سو، خطوط، عمود، مماس، عقربه، جهت» کامل کنید.

الف) میدان مغناطیسی را می‌توان توسط ..... میدان مغناطیسی نمایش داد.

ب) راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه ..... بر خط میدان در آن نقطه است.

پ) خط میدان مغناطیسی در هر نقطه ..... با میدان مغناطیسی در آن نقطه است.

ت) در هر ناحیه از فضا که خطوط میدان مغناطیسی به یک‌دیگر نزدیک‌تر باشند ..... میدان مغناطیسی در آن ناحیه بیشتر است.

۳ در هر یک از جمله‌های زیر، جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید.

الف) در هر آهن‌ربا در محل ..... آن خاصیت مغناطیسی بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.

ب) قطب‌های ..... دو آهن‌ربا یک‌دیگر را می‌ربایند اما قطب‌های ..... یک‌دیگر را می‌رانند.

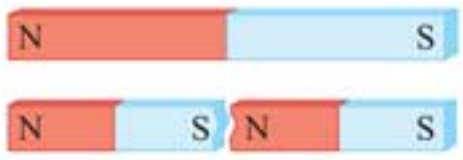
پ) در پدیدهٔ القای مغناطیسی همواره ..... وجود دارد.

ت) خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهن‌ربا از قطب ..... خارج و به قطب ..... وارد می‌شوند.

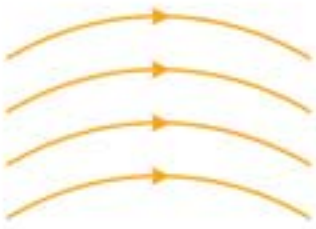
ث) وقتی یک آهن‌ربای میله‌ای را از وسط آویزان می‌کنیم، امتداد آن با سطح زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه، ..... مغناطیسی گفته می‌شود.

ج) خطوط میدان مغناطیسی از آهن‌ربا می‌گذرند و هر یک از آن‌ها یک حلقهٔ ..... را تشکیل می‌دهند.

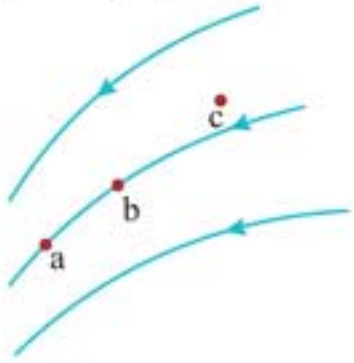
۹ دریافت خود را از شکل زیر بیان کنید و چه نتیجه‌ای از آن می‌گیرید؟



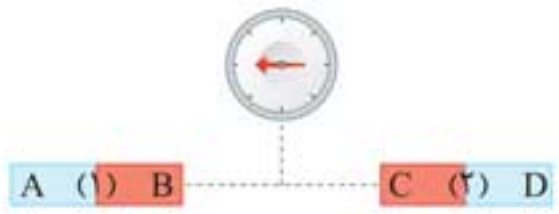
۱۰ مانند شکل، خطوط میدان مغناطیسی در یک ناحیه از فضا به صورت خطوط موازی و هم‌فاصله‌اند. آیا این میدان مغناطیسی یکنواخت است؟ توضیح دهید.



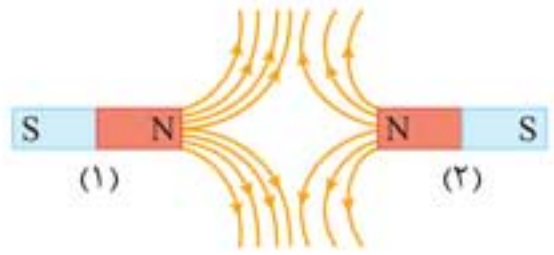
۱۱ شکل زیر، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید.



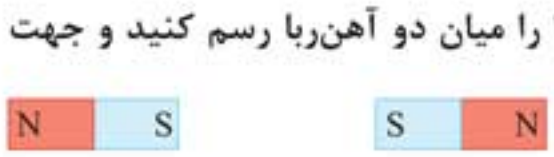
۱۲ الف در شکل زیر، با توجه به جهت‌گیری عقربهٔ مغناطیسی، قطب‌های مغناطیسی آهن‌ربای (۱) و (۲) را مشخص کنید.



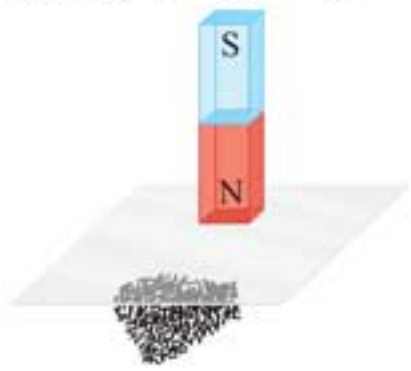
ب خطوط میدان مغناطیسی میان دو آهن‌ربا، در شکل زیر نشان داده شده است. توضیح دهید، کدام آهن‌ربا قوی‌تر است؟



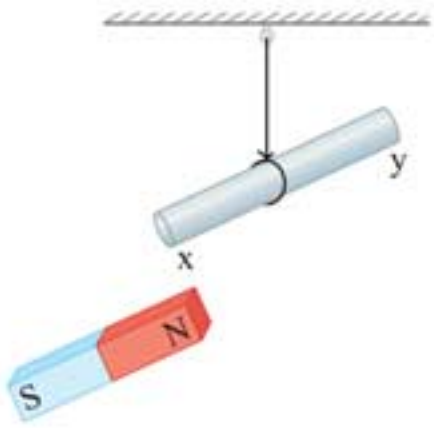
۱۳ الف در شکل زیر، دو آهن‌ربا مشابه یکدیگرند. خطوط میدان مغناطیسی آن‌ها را میان دو آهن‌ربا رسم کنید و جهت خطوط میدان را نشان دهید.



ب مطابق شکل، یک آهن‌ربای میله‌ای را روی یک صفحهٔ شیشه‌ای قرار می‌دهیم و در زیر صفحه براده‌های آهن می‌ریزیم. آیا براده‌های آهن جذب می‌شوند؟ توضیح دهید.

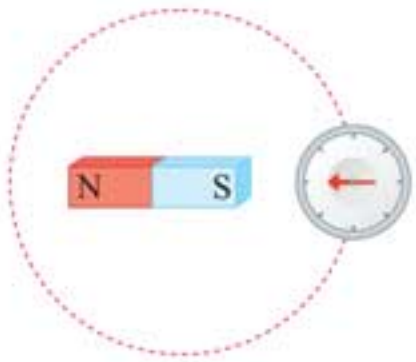


۱۴ الف در شکل زیر، یک میلهٔ آهنی به گونه‌ای آویزان شده است که می‌تواند آزادانه بچرخد. یک آهن‌ربای میله‌ای را یک‌بار به سر x و بار دیگر به سر y میله نزدیک می‌کنیم و میله به طرف آهن‌ربا جذب می‌شود. این پدیده بر اثر چه خاصیتی رخ می‌دهد؟



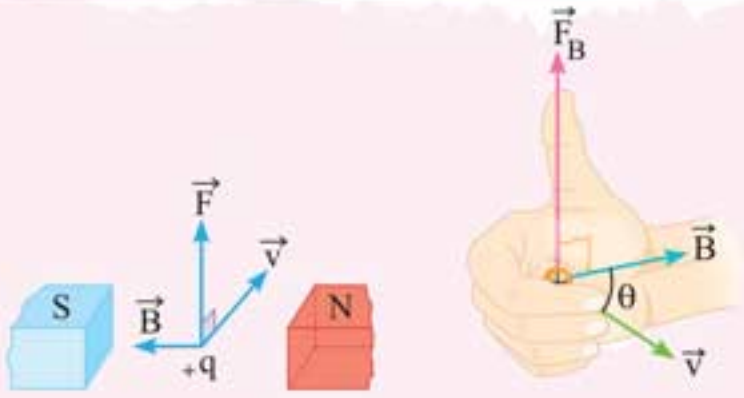
ب آیا می‌توان قطب‌های یک آهن‌ربا را از هم جدا کرد؟ چرا؟

۱۵ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، روی سطح افقی میزی قرار دارد. یک عقربهٔ مغناطیسی که آزادانه می‌تواند حول محور قائم بچرخد، به آرامی روی مسیر دایره‌ای شکل به دور آهنربا یک دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟



3-3 نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

اگر ذرهٔ باردار q با سرعت $\vec{v}$ در میان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت کند، (به شرط آن‌که راستای حرکت آن موازی با میدان نباشد) بر آن نیرویی وارد خواهد شد که مطابق شکل بر راستای $\vec{v}$ و میدان مغناطیسی $\vec{B}$ عمود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند.

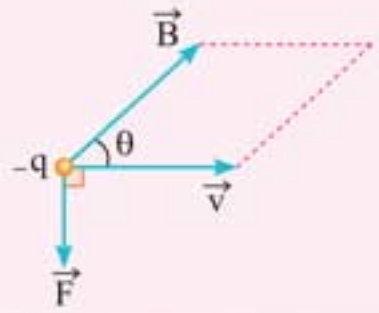


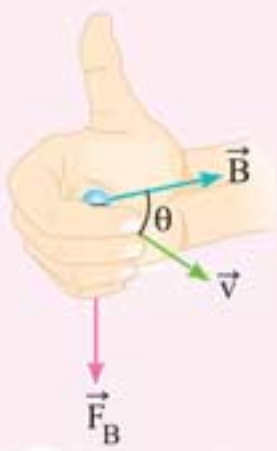
جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک

سوی نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی «مثبت» توسط قاعدهٔ دست راست به ترتیب زیر تعیین می‌شود.

اگر دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان دست در جهت $\vec{v}$ (یعنی در جهت حرکت بار الکتریکی) باشد و سپس آن را به گونه‌ای خم کنیم که چهار انگشت در جهت میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ قرار گیرد، انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار را نشان می‌دهد.

⚠ **تذکر:** جهت نیروی وارد بر بار منفی همواره در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت است. البته می‌توان از دست چپ با همان شرایط قاعدهٔ دست راست، برای بار منفی استفاده کرد.





اندازهٔ نیروی وارد بر بار متحرک

اندازهٔ نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید. $F=|q|vB\sin\theta$

- در این رابطه، θ زاویهٔ بین جهت حرکت بار الکتریکی (بردار $\vec{v}$) با جهت میدان مغناطیسی (بردار $\vec{B}$) است.

$|q|$ بزرگی بار الکتریکی بر حسب کولن (C)

v تندی بر حسب متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$

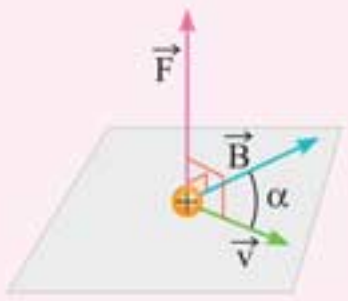
B اندازهٔ میدان مغناطیسی بر حسب تسلا (T)

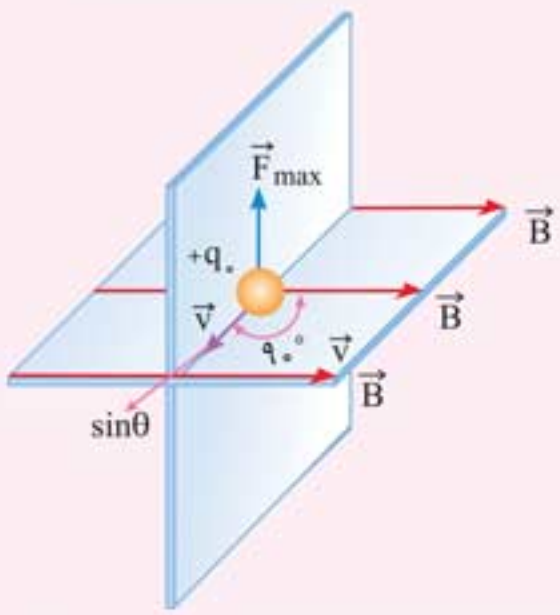
F نیرو بر حسب نیوتون (N)

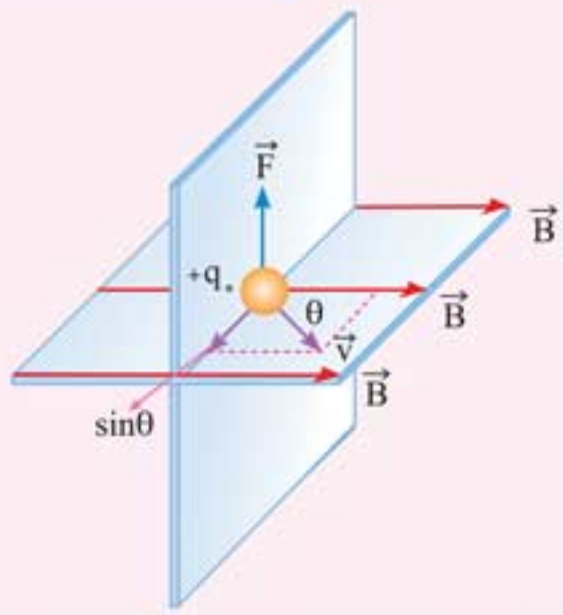
- یکای SI میدان مغناطیسی تسلا (T) است و برابر است با:

$$1T=1\frac{N}{C\times\frac{m}{s}}=1\frac{N}{Am}$$

- نیروی $\vec{F}$ بر هر دو بردار $\vec{V}$ و $\vec{B}$ عمود است. به عبارت دیگر، نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط بردارهای سرعت و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.



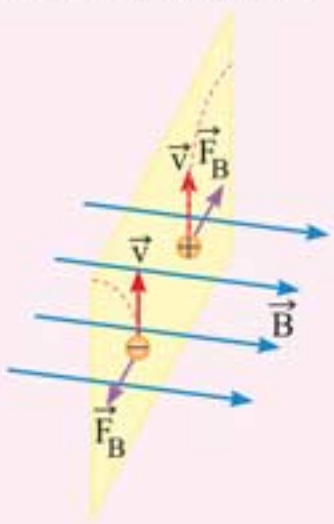




- برای بیان میدان مغناطیسی از یکای گاوس نیز استفاده می‌شود که با نماد G نمایش داده می‌شود و رابطهٔ آن با تسلا (T) به صورت مقابل است. $1G=10^{-4}T$, $1T=10^{4}G$

- ⊙ نماد بردار عمود بر صفحه به طرف بیرون (برون‌سو)
- ⊗ نماد بردار عمود بر صفحه به طرف درون (درون‌سو)

وقتی ذرهٔ باردار وارد میدان مغناطیسی شود، یک مسیر منحنی را طی می‌کند.



- برای مشاهدهٔ انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبرو را اسکن نمایید.

تمرین‌ها • • • • • • • • • نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

۱۶ در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف نیرویی که میدان مغناطیسی بر یک پروتون متحرک وارد می‌کند. (هم جهت ـ در خلاف جهت) نیرویی است که همان میدان بر الکترون وارد می‌کند.

ب به ذرهٔ باردار ساکن از طرف میدان (مغناطیسی ـ الکتریکی) نیرو وارد نمی‌شود.

پ اگر ذرهٔ باردار (عمود بر ـ در راستای) خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند، نیروی وارد بر آن صفر است.

ت میدان مغناطیسی باعث تغییرمسیر یک (الکترون ـ نوترون) متحرک نمی‌شود.

۱۷ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را با علامت (✓ یا ✗) مشخص کنید.

الف بردار سرعت ذرهٔ باردار در میدان مغناطیسی همواره بر بردار میدان مغناطیسی عمود است. ☐

ب به ذرهٔ باردار ساکن از طرف میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود. ☐

پ بردار نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی بر بردار میدان مغناطیسی عمود است. ☐

ت وقتی زاویهٔ بین بردار سرعت ذرهٔ باردار متحرک و میدان مغناطیسی را از 30° به 150° تغییر دهیم، جهت نیروی وارد بر ذره تغییر می‌کند. ☐

ث جهت نیروی وارد بر ذرهٔ باردار مثبت از طرف میدان مغناطیسی در خلاف جهت نیروی وارد بر ذرهٔ باردار منفی است. ☐

۱۸ با رسم شکل مناسب، توضیح دهید در چه صورت نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی در حال حرکت درون میدان مغناطیسی .....

الف صفر است؟

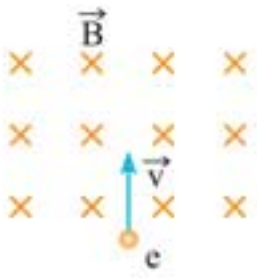
ب بیشینه است؟

۱۹ اگر در بخشی از فضا، بر بار الکتریکی در حال حرکت نیرو وارد نشود، آیا می‌توان گفت در آن‌ناحیه میدان مغناطیسی وجود ندارد؟ چرا؟

۲۰ الف اگر زاویهٔ بین بردار سرعت ذرهٔ باردار ($\vec{v}$) و راستای میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) را از صفر تا 180° تغییر دهیم، بزرگی نیروی وارد بر آن چگونه تغییر می‌کند؟

ب توضیح دهید، آیا بر بار الکتریکی در میدان مغناطیسی همواره نیروی مغناطیسی وارد می‌شود؟

۲۸ در شکل زیر، الکترونی با بار الکتریکی $-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و با سرعت $۲\times۱۰^{۶}\frac{m}{s}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $۵۰۰G$ می‌شود،

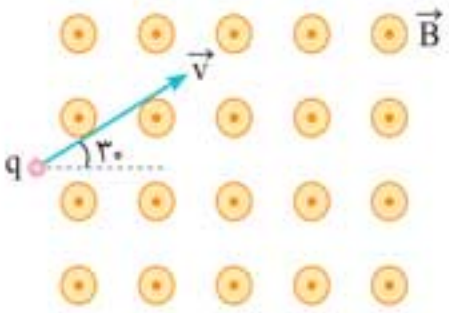


الف) بزرگی و جهت نیروی وارد بر بار را به دست آورید.

ب) مسیر تقریبی حرکت الکترون در میدان را روی شکل نشان دهید.

پ) اگر به جای الکترون، پروتون در این میدان حرکت کند، بزرگی و جهت نیرو چه تغییری خواهد کرد؟ مسیر حرکت پروتون را رسم کنید.

۲۹ الف) مطابق شکل، ذره‌ای با بار $-۰/۵\mu C$ با سرعت $۴\times۱۰^{۳}\frac{m}{s}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $۱۰۰G$ می‌شود. بزرگی و جهت نیروی وارد بر ذره را به دست آورید.

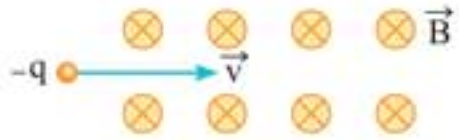


ب) اگر جرم ذره $۵mg$ باشد، شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی چند $\frac{m}{s^{۲}}$ است؟

۳۰ ذره‌ای با بار الکتریکی $۱mC$ و جرم $۴g$ با تندی $۱۰\frac{m}{s}$، در جهت شمال به جنوب به طور عمود وارد یک میدان مغناطیسی افقی می‌شود. جهت و حداقل بزرگی میدان مغناطیسی را طوری تعیین کنید که این ذره بدون انحراف از میدان مغناطیسی خارج شود. $(g=۱۰\frac{m}{s^{۲}})$

۳۱ ذره‌ای با بار $۲۵nC$ و جرم $۰/۵g$ با تندی $۱۰^{۶}\frac{m}{s}$ در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند. جهت و حداقل مقدار میدان مغناطیسی را طوری پیدا کنید که این ذره در همان راستای محور x به حرکت خود ادامه دهد و منحرف نشود. $(g=۱۰m/s^{۲})$

۳۲ مطابق شکل زیر، ذرهٔ بارداری به جرم ۲ میلی گرم و بار $۱۰۰\mu C$ به طور افقی و با سرعت $۱۰^۴ \frac{m}{s}$ از چپ به راست در حال حرکت وارد یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی درون‌سو به بزرگی $۴\times۱۰^{-۵} T$ می‌شود. اندازه و جهت میدان الکتریکی را طوری تعیین کنید که ذره بر روی خط راست و مستقیم به حرکت خود ادامه دهد. $(g = ۱۰ m/s^۲)$

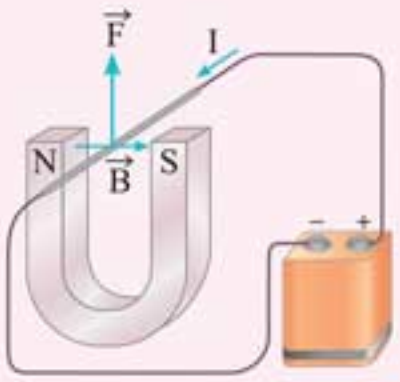


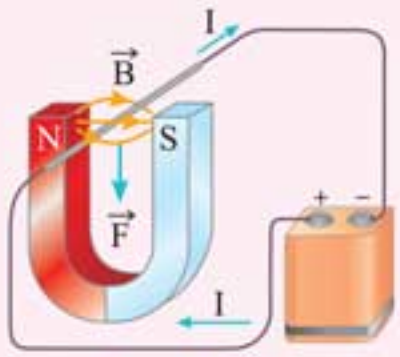
4-3 نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

اگر سیمی به طول L در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ قرار گیرد و جریان ثابت I از آن بگذرد بر سیم حامل جریان نیرویی وارد می‌شود. در واقع نیروی وارد بر سیم حامل جریان، نیرویی است که بر بارهای الکتریکی‌ای که در آن در حرکتند وارد می‌شود.

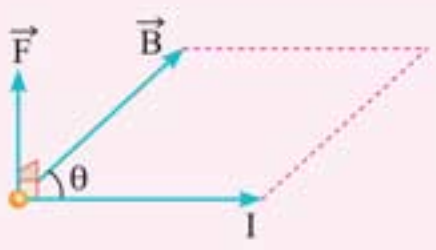
● جهت نیروی وارد بر سیم رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی را می‌توان از قاعدهٔ دست راست به صورت زیر مشخص کرد.

«اگر دست راست خود را باز نگه دارید و چهار انگشت را در جهت جریان بگیرید به طوری که اگر انگشتان خود را خم کنید، در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد، در این صورت، انگشت شست شما جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان را نشان خواهد داد.»

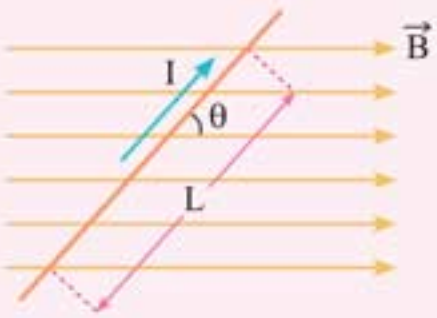




● نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم رسانای حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای جریان و نیز بر میدان مغناطیسی عمود است. به عبارت دیگر، زاویهٔ بین جهت نیرو و جهت جریان و هم‌چنین جهت نیرو و جهت میدان مغناطیسی برابر ۹۰° است، اما جهت B و جهت I هر زاویه‌ای می‌توانند با هم بسازند.



عوامل مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان



اگر طول L از سیم رسانا که جریان I از آن می‌گذرد در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$F = ILB\sin\theta$$

در این رابطه θ زاویه‌ای است که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

بنابراین، عوامل مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر رسانای حامل جریان عبارت‌اند از:

۱ جریانی که از سیم می‌گذرد.

۲ طول قسمتی از سیم رسانا که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد.

۳ اندازهٔ میدان مغناطیسی

۴ سینوس زاویه‌ای که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

● اگر سیم رسانای حامل جریان در راستای خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد بر آن نیرو وارد نمی‌شود، اما اگر عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد، بیشینهٔ نیرو بر آن وارد خواهد شد.

$$F = ILB\sin\theta \Rightarrow \begin{cases} \theta = 0 \text{ یا } 180^\circ \Rightarrow F = 0 \\ \theta = 90 \Rightarrow F_{max} = ILB \end{cases}$$

موتور الکتریکی

وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و بر اساس نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان کار می‌کند.

● برای مشاهدهٔ انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبرو را اسکن نمایید.

تمرین‌ها • نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

(۳۳) در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

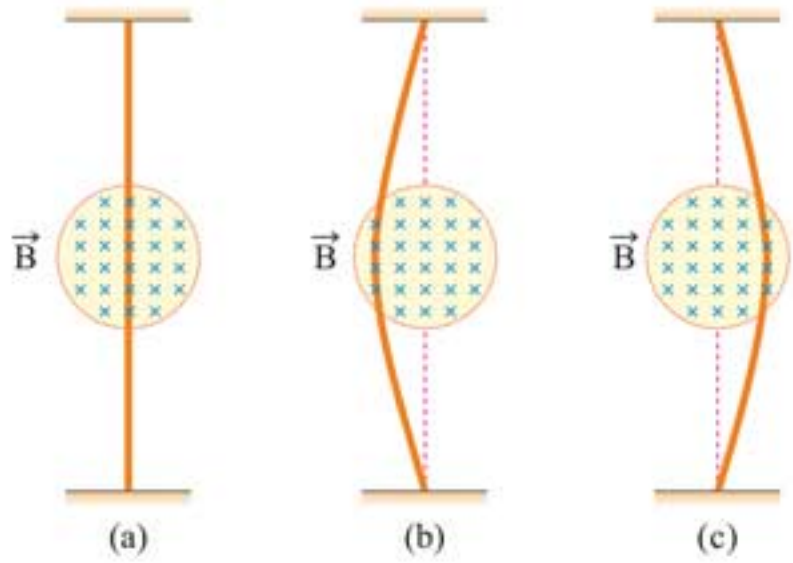
الف) نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی (هم‌راستا – عمود بر) میدان است.

ب) هنگامی که سیم حامل جریان هم‌راستا با میدان مغناطیسی باشد، نیروی وارد بر آن (صفر ـ بیشینه) است.

پ) اگر سیم حامل جریان الکتریکی عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد، نیروی وارد بر آن (صفر ـ بیشینه) است.

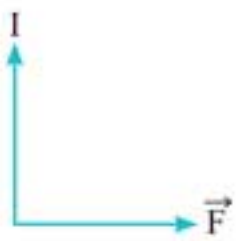
(۳۴) الف) اگر در ناحیه‌ای از فضا، برسیم حامل جریان نیرو وارد نشود، توضیح دهید، آیا می‌توان گفت در آن ناحیه میدان مغناطیسی وجود ندارد؟

ب) با توجه به شکل‌های زیر جهت جریان الکتریکی سیم‌ها را مشخص کنید.



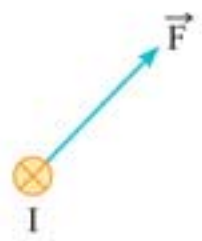
۳۵ در هر یک از شکل‌های زیر، سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار گرفته است. در هر شکل جهت I، $\vec{F}$ و یا $\vec{B}$ را تعیین کنید.

(۱)

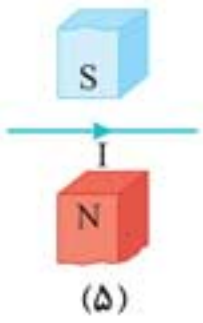


(۲)

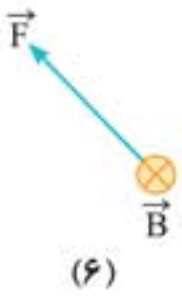
(۳)



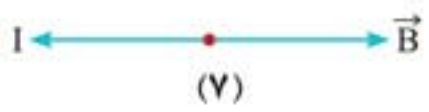
(۴)



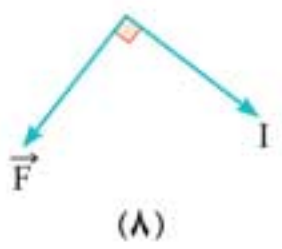
(۵)



(۶)

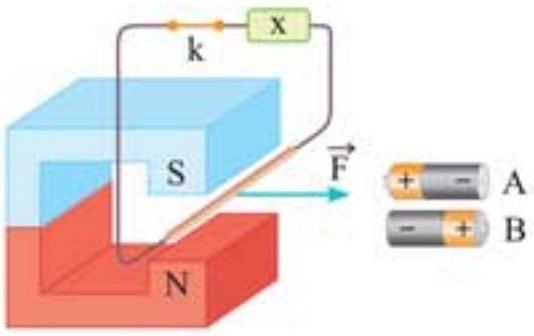


(۷)



(۸)

۳۶ **الف** مطابق شکل، یک میلهٔ رسانا به پایانه‌های یک باتری وصل شده و در فضای بین قطب‌های یک آهنربای نعلی‌شکل آویزان شده است. با ذکر دلیل معین کنید کدام باتری را در مدار به جای x قرار دهیم تا با بسته شدن کلید k، نیرویی به سمت راست به میله وارد شود؟



ب سیم حامل جریانی در میدان مغناطیسی زمین قرار دارد. در دو حالت زیر جهت نیروی وارد بر سیم را تعیین کنید.

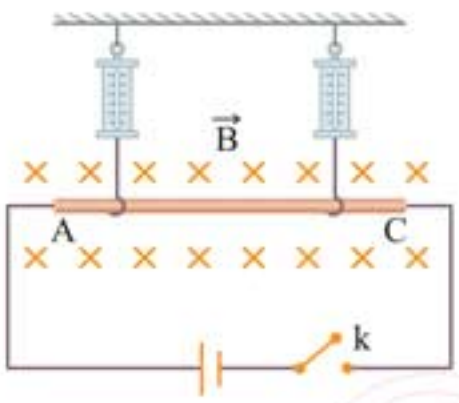
۱ جریان سیم از شرق به غرب

۲ جریان سیم از شمال به جنوب

۳۷ در شکل زیر، میلهٔ AC در میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی در حال تعادل قرار دارد.

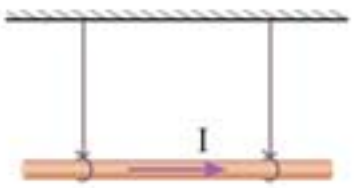
الف در صورتی که کلید k باز باشد، نیروسنج‌ها چه کمیتی را نشان می‌دهند؟

ب اگر کلید k را ببندیم، عدد نیروسنج‌ها افزایش می‌یابد یا کاهش؟



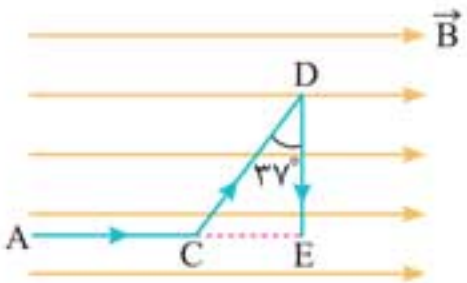
۴۲) سیمی به طول ۱۵cm عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}=۰/۸\vec{i}+۰/۶\vec{j}$ تسلا قرار دارد. اگر از سیم جریان الکتریکی ۲A عبور کند، بزرگی نیروی وارد بر سیم را به دست آورید.

۴۳) مطابق شکل زیر، کابلی به جرم ۶g و طول ۱m که به وسیلهٔ دو نخ سبک به سقف بسته شده است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و از آن جریان الکتریکی ۱/۲A از چپ به راست می‌گذرد. جهت و کم‌ترین مقدار میدان مغناطیسی یکنواخت را طوری تعیین کنید که نیروی کشش نخ‌ها برابر صفر شود. $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۴۴) سیمی به طول ۱m و جرم ۱۰g به طور افقی در راستای مشرق ـ مغرب عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی به بزرگی ۰/۲T که جهت آن از جنوب به شمال است، قرار دارد. اندازهٔ جریان الکتریکی چقدر و در چه سویی باشد تا نیروی مغناطیسی حاصل، نیروی وزن سیم را خنثی کند؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

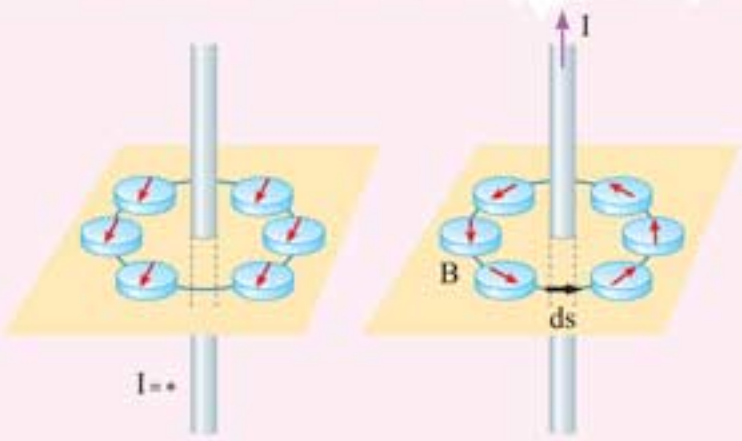
۴۵) مطابق شکل زیر، سیمی در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۴T قرار گرفته و از آن جریان الکتریکی ۲A می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر هر قسمت از این سیم را به‌دست آورید. (DE = ۸cm و CD = ۱۰cm)



5-3 میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست و بلند

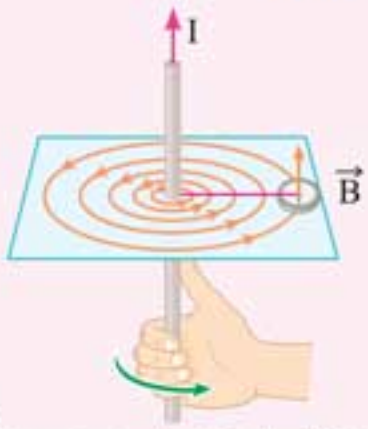
اگر از سیم مستقیم جریان ثابت I عبور کند، یک میدان مغناطیسی در اطرف آن به وجود می‌آید. در شکل‌های مقابل تغییر جهت عقربه‌های قطب‌نما بیانگر این مطلب است.



خطوط میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی، به صورت دایره‌های هم‌مرکزی در اطرف سیم حامل جریان خواهد بود. با دور شدن از سیم، فاصلهٔ دایره‌ها از هم بیشتر می‌شود. یعنی میدان مغناطیسی ضعیف‌تر است. در نزدیک سیم، فاصلهٔ خطوط به یک‌دیگر نزدیک‌تر است، یعنی میدان مغناطیسی قوی‌تر است. بنابراین با دور شدن از سیم، میدان مغناطیسی آن کاهش می‌یابد.

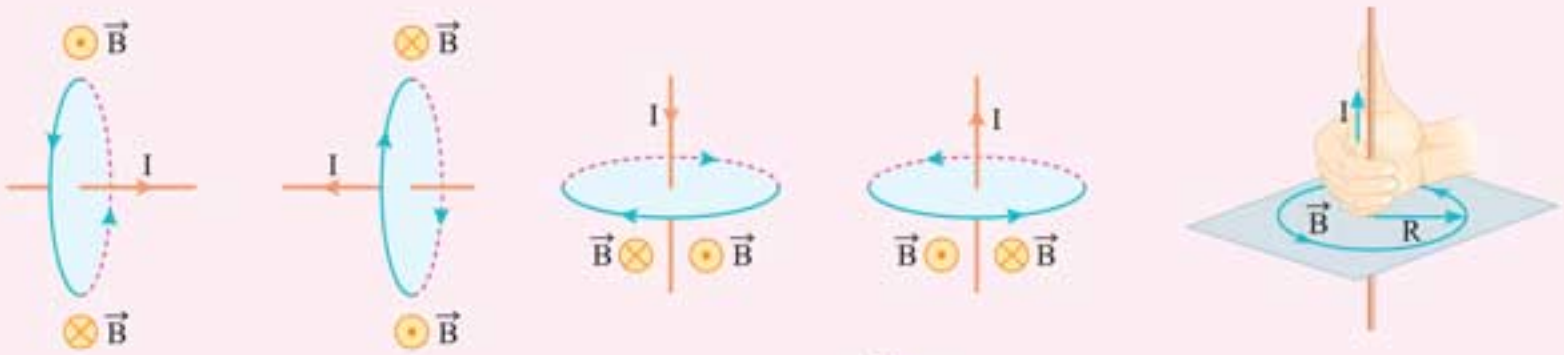
تعیین جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم دراز مستقیم حامل جریان

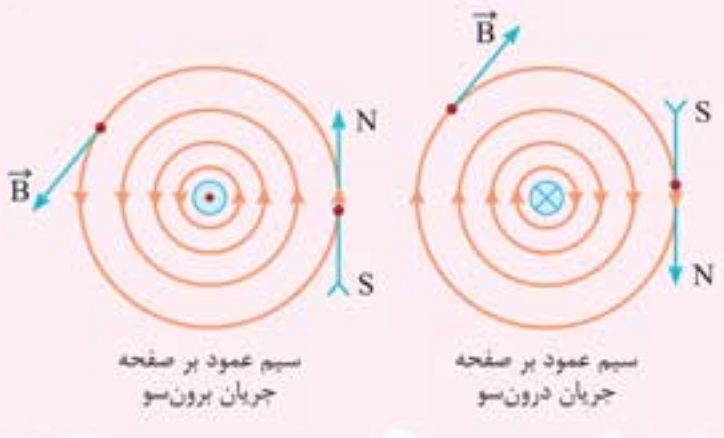
برای تعیین جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست مستقیم، سیم را در دست راست قرار داده و انگشت شست را در جهت جریان الکتریکی می‌گیریم. در این حالت خم شدن چهار انگشت جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از اطراف سیم نشان می‌دهد.



قاعدهٔ دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ اطراف سیم بلند مستقیم حامل جریان.

شکل‌های زیر خط‌های میدان مغناطیسی اطراف سیم راست را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.





تمرین‌ها ● میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

۴۶ در هر یک از جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) هر چه از یک سیم راست حامل جریان دور شویم، میدان مغناطیسی ناشی از آن (افزایش ـ کاهش) می‌یابد.

ب) در اطراف یک سیم راست و طویل حامل جریان الکتریکی، یک میدان مغناطیسی (یکنواخت ـ غیر یکنواخت) وجود دارد.

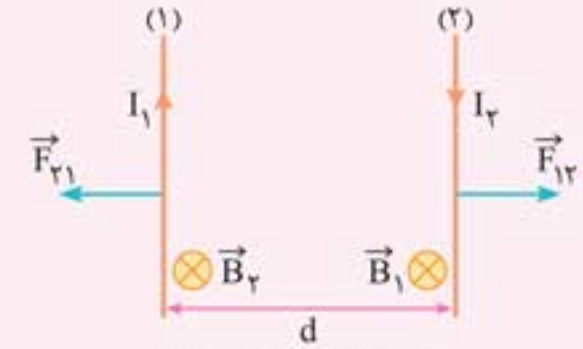
پ) برای دو سیم راست، طویل و موازی حامل جریان‌های مساوی و هم‌سو در وسط فاصلهٔ بین دو سیم میدان مغناطیسی (بیشینه – صفر) است.

ت) از اسکوییدها برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی ایجاد شده در (مغز – عضله‌های اسکلتی) انسان استفاده می‌شود.

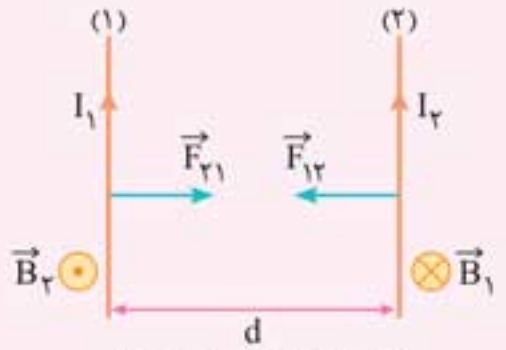
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

سیم‌های حامل جریان الکتریکی بر یک‌دیگر نیرو وارد می‌کنند. علت آن است که جریان الکتریکی در سیم (۱) ، در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و سیم (۲) در میدان مغناطیسی سیم (۱) قرار می‌گیرد و نیروی مغناطیسی بر آن وارد می‌شود. همین‌طور سیم (۱) در میدان مغناطیسی سیم (۲) قرار می‌گیرد و نیروی مغناطیسی از طرف سیم (۲) بر آن اثر می‌کند.

توجه: طبق قانون سوم نیوتون، $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$ است، حتی اگر جریان سیم‌ها هم‌اندازه نباشند.



دوسیم یک‌دیگر را می‌رانند.



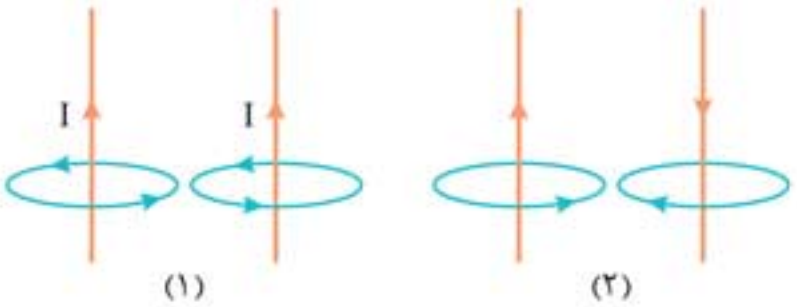
دوسیم یک‌دیگر را می‌ربایند.

- هر گاه جریانی که از دو سیم موازی می‌گذرد هم‌جهت باشند، دو سیم یک‌دیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند) و اگر جریانی که از دو سیم می‌گذرد در خلاف جهت هم باشند، دو سیم یک‌دیگر را می‌رانند (دفع می‌کنند).

تمرین‌ها • نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

۶۵ جاهای خالی را در عبارت زیر با یکی از کلمه‌های «جاذبه، دافعه، به، از، نزدیک، دور» کامل کنید.

شکل (۱) دو سیم موازی را نشان می‌دهد که جریان‌های هم‌سو از آن‌ها می‌گذرد. اثر میدان مغناطیسی هر سیم بر سیم دیگر، سبب وارد شدن نیروی (۱) بین دو سیم می‌شود. در این وضعیت سیم‌ها تمایل دارند تا (۲) یک‌دیگر (۳) شوند.
در صورتی که اگر مطابق شکل (۲) جریان‌های ناهم‌سو از دو سیم بگذرد، اثر میدان مغناطیسی هر سیم بر سیم دیگر سبب وارد شدن نیروی (۴) بین دو سیم می‌شود. در این وضعیت سیم‌ها تمایل دارند تا (۵) یک‌دیگر (۶) شوند.

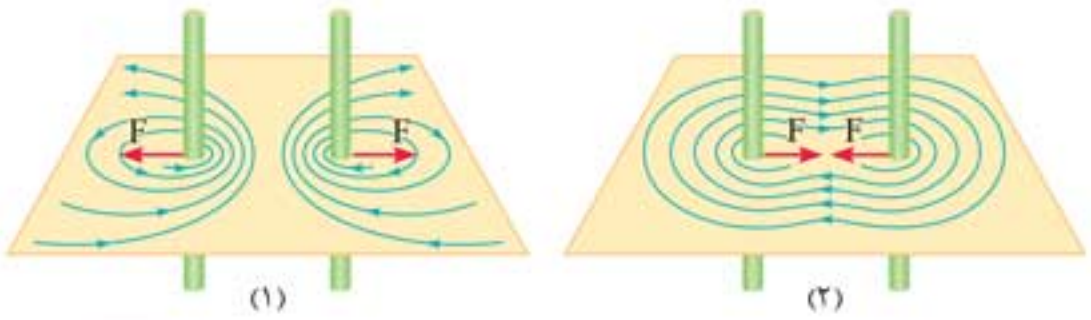


۶۶ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را با علامت (✓ یا ✗) مشخص کنید.

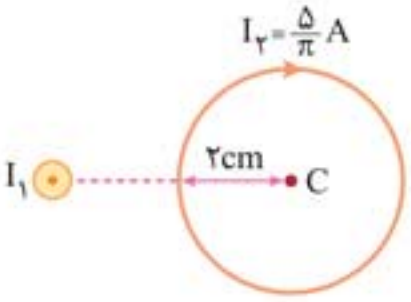
الف) دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار بلند حامل جریان‌های ناهمسو، یک‌دیگر را دفع می‌کنند.

ب) نیرویی که دو سیم حامل جریان هم‌سو به هم وارد می‌کنند، جاذبه است.

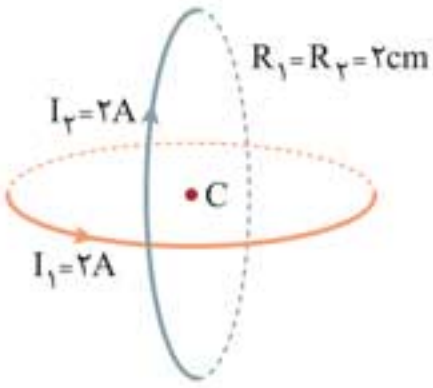
۶۷ در شکل‌های (۱) و (۲) با توجه به نیروی مغناطیسی بین دو سیم، جهت جریان هر یک از سیم‌ها را مشخص کنید.



۸۶ در شکل زیر، میدان مغناطیسی سیم راست مستقیم در مرکز حلقه $5\times10^{-5}\,T$ است. برایند میدان‌های مغناطیسی حلقه و سیم حامل جریان را در مرکز حلقه به دست آورید.

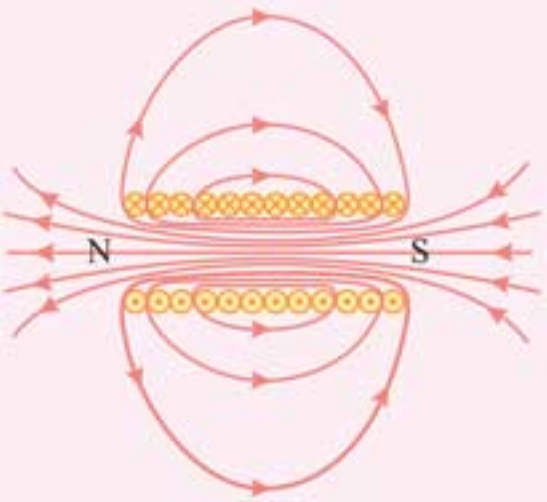


۸۷ در شکل زیر، برایند میدان‌های مغناطیسی حلقه‌ها را در نقطهٔ C مرکز دو حلقه به‌دست آورید. $(\mu_0=12\times10^{-7}\,\frac{T\cdot m}{A})$



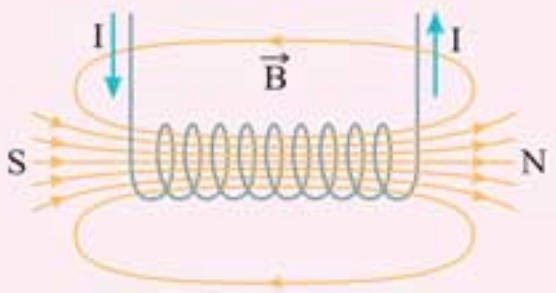
میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان

سیملوله، سیم درازی است که به صورت یک مارپیچ بلند پیچیده شده است. اگر از یک سیملوله جریان ثابت I عبور دهیم، در داخل و خارج سیملوله میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود و سیملوله مانند یک آهن‌ربای میله‌ای دارای قطب N و S عمل می‌کند.



- جهت میدان مغناطیسی سیملوله، مشابه حلقه حامل جریان، به کمک قاعدهٔ دست راست تعیین می‌شود.

- روش دیگر تعیین جهت میدان مغناطیسی به این صورت است که، اگر چهار انگشت دست راست را روی حلقه و در جهت جریان قرار دهیم، در این حالت انگشت شست جهت میدان مغناطیسی درون سیملوله را نشان می‌دهد.

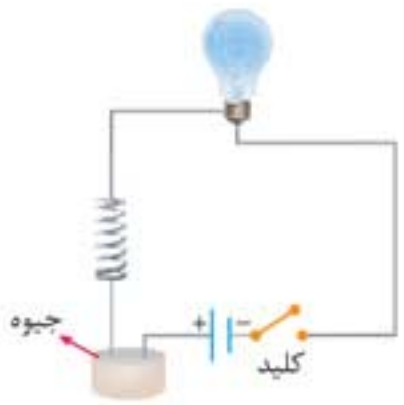


۸۹ الف چگونه می‌توان یک میلهٔ آهنی را به آهن‌ربای الکتریکی تبدیل کرد؟

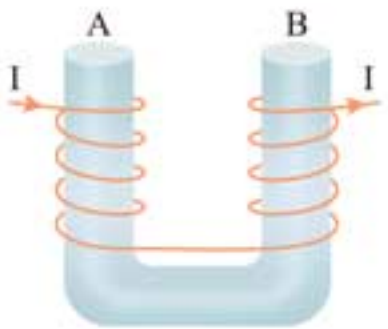
ب برای این‌که میدان مغناطیسی در داخل سیملوله تقویت شود، دو راهکار پیشنهاد کنید.

۹۰ الف آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان با استفاده از برادهٔ آهن، خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیملولهٔ حامل جریان ایجاد کرد.

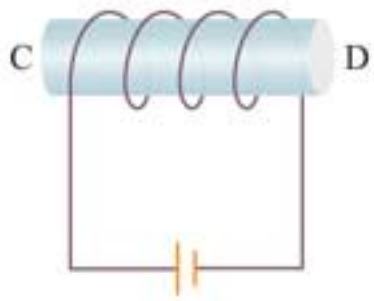
ب در شکل زیر، با بستن کلید k لامپ پی‌درپی روشن و خاموش می‌شود. علت را بیان کنید.



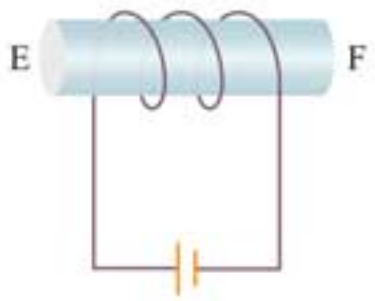
۹۱ در هر یک از شکل‌های زیر، قطب N و S را تعیین کنید.



(۱)

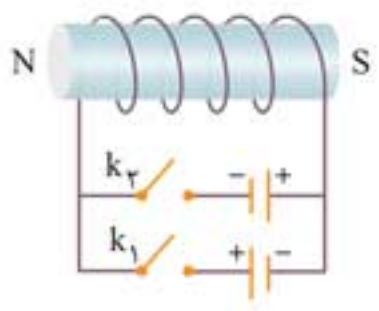


(۲)

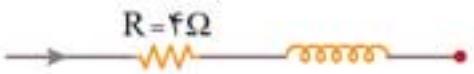


(۳)

۹۲ در شکل مقابل، کدام کلید را باید ببندیم تا قطب‌های سیملوله مطابق شکل شود؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.



۱۰۴ در شکل زیر، توان مصرفی مقاومت R برابر ۱۶W است. اگر طول سیملوله ۱۰cm و از ۳۰۰ دور سیم تشکیل شده باشد، بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیملوله و روی محور آن چقدر است؟ مقاومت سیملوله ناچیز است. $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\ \frac{T\cdot m}{A})$



۱۰۵ یک سیم نازک آهنی به طول ۱۰۰m و ضخامت (قطر) ۲mm را بر روی یک استوانهٔ مقوایی به شعاع ۵cm در یک ردیف به صورتی می‌پیچیم که بین دو حلقهٔ مجاور هم فاصله‌ای نباشد و یک سیملوله به وجود آید. اگر از این سیملوله جریان ۲A عبور دهیم، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله چقدر می‌شود؟ ($\pi \simeq 3$ و $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\ \frac{T\cdot m}{A}$)

6-3 ویژگی‌های مغناطیسی مواد

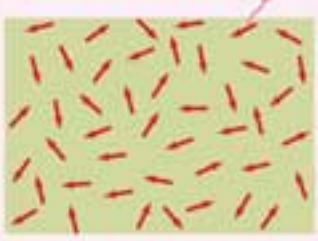
مواد مغناطیسی

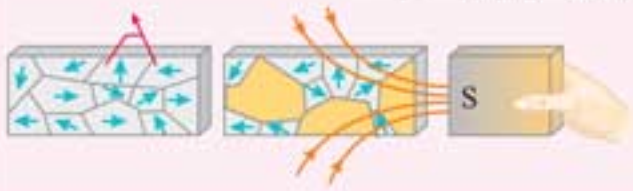
موادی را که اتم‌ها و مولکول‌های سازندهٔ آن‌ها دارای خاصیت مغناطیسی باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند.

دوقطبی مغناطیسی

کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ مواد مغناطیسی (یعنی اتم‌ها یا مولکول‌ها) مانند دو قطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند. دوقطبی‌های مغناطیسی می‌توانند جهت‌گیری‌های متفاوتی داشته باشند و هر کدام از آن‌ها وابسته به یک اتم یا مولکول‌اند.

در جدول زیر، انواع مواد مغناطیسی، ویژگی‌ها و کاربرد آن‌ها دسته‌بندی شده است:

مادهٔ مغناطیسی	نمونه مادهٔ مغناطیسی	ویژگی‌ها
پارامغناطیسی	اورانیوم پلاتین آلومینیم سدیم اکسیژن نیتروژن اکسید	۱ اتم‌های آن‌ها دوقطبی مغناطیسی ذاتی دارند. ۲ دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها به صورت کاتوره‌ای قرار می‌گیرند و دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند و در نتیجه، در مجموع خاصیت مغناطیسی ندارد. ۳ وقتی در میدان مغناطیسی خارجی قوی قرار گیرند، خاصیت مغناطیسی موقت پیدا می‌کنند. ۴ وقتی آن‌ها را از میدان مغناطیسی دور کنیم، به سرعت خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.  هر ذرهٔ سازندهٔ مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.
دیامغناطیسی	مس نقره سرب بیسموت	۱ اتم‌های مواد دیامغناطیسی به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. ۲ اتم‌های مواد دیامغناطیسی، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. ۳ قرارگرفتن مواد دیامغناطیسی در میدان مغناطیسی خارجی، سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی درخلاف سوی میدان خارجی در این مواد می‌شود. ۴ مس، نقره، سرب و بیسموت از جمله مواد دیامغناطیسی‌اند.

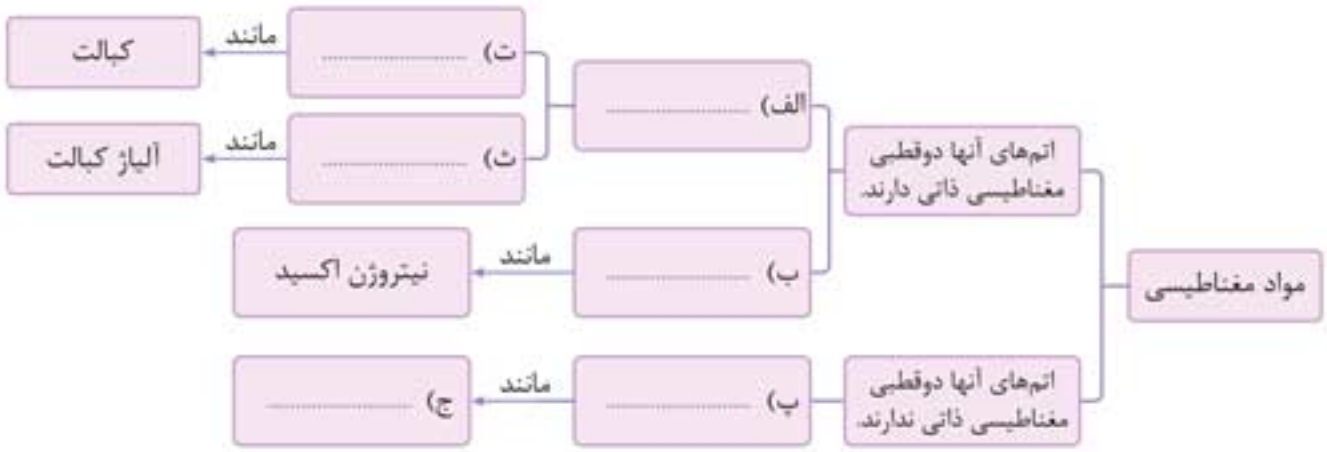
مادهٔ مغناطیسی	نمونه مادهٔ مغناطیسی	ویژگی‌ها			
فرومغناطیسی	آهن کبالت نیکل آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل	۱ اتم‌های آن‌ها دوقطبی مغناطیسی ذاتی دارند. ۲ دوقطبی‌های مغناطیسی مواد فرومغناطیسی حتی در نبود میدان مغناطیسی خارجی در حوزه‌های مغناطیسی همسو هستند. ۳ در یک مادهٔ فرومغناطیسی همهٔ دوقطبی‌های مغناطیسی در یک راستا قرار ندارند. دوقطبی‌های مغناطیسی هر حوزه با حوزه‌های مجاور آن تفاوت دارد، بنابراین در کل، اثر هم را خنثی می‌کنند و ماده در مجموع آهن‌ربا نیست. اما می‌توان با قرار دادن آن در میدان مغناطیسی آن‌را به آهن‌ربا تبدیل کرد. ۴ آهن، کبالت، نیکل و بسیاری از آلیاژهای دارای این عنصرها فرومغناطیسی‌اند. ۵ اثر میدان مغناطیسی خارجی بر مادهٔ فرومغناطیسی سبب می‌شود که حجم حوزه‌هایی که هم‌سو با میدان مغناطیسی خارجی هستند زیاد شود و حجم سایر حوزه‌ها کوچک شود، در نتیجه ماده خاصیت مغناطیسی هم سو با میدان خارجی پیدا می‌کند. 	فرومغناطیسی نرم		کاربرد
			فرومغناطیسی نرم	۱ در حضور میدان مغناطیسی خارجی حجم حوزه‌های مغناطیسی به سهولت تغییر می‌کند. ۲ ماده به سادگی آهن‌ربا شوند. ۳ با حذف میدان مغناطیسی خارجی خاصیت آهن‌ربایی خود را به آسانی از دست می‌دهد. ۴ آهن خالص، کبالت خالص و نیکل خالص از جمله مواد فرومغناطیسی نرم‌اند.	هستهٔ پیچه‌ها و سیملوله‌ها، آهنربای الکتریکی موقت (غیر دائم)
			فرومغناطیسی سخت	۱ در حضور میدان مغناطیسی خارجی تغییر حجم حوزه‌های مغناطیسی به سختی انجام می‌گیرد. ۲ به سختی آهن‌ربا شوند. ۳ به آسانی خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست نمی‌دهند. ۴ فولاد (آهن به اضافهٔ ۲ درصد کربن)، کبالت ناخالص و نیکل ناخالص از جمله مواد فرومغناطیسی سخت‌اند.	آهنرباهای دائمی

- شدت خاصیت القایی مغناطیسی در آهن بیشتر از فولاد است.
- با افزایش میدان مغناطیسی خارجی در مادهٔ فرومغناطیسی خاصیت مغناطیسی افزایش می‌یابد و در نهایت به مقدار بیشینه‌ای می‌رسد به طوری که درصد بالایی از حوزه‌های مغناطیسی به موازات یک دیگر هم‌خط و هم‌سو می‌شوند.

- برای مشاهدهٔ انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبرو را اسکن نمایید.

تمرین‌ها ● ● ●

۱۰۷ در جدول مفهومی زیر، جای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.

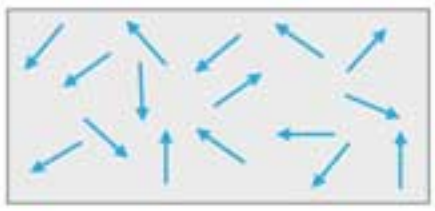


۱۰۸ با توجه به جمله‌های ستون A، گزینهٔ مناسب را از ستون B انتخاب کنید.

ستون A	ستون B
الف) برای ساخت آهن‌رباهای الکتریکی (غیر دائمی) از این مواد استفاده می‌شود.	a) فرومغناطیسی نرم
ب) این مواد پس از برداشتن میدان مغناطیسی خارجی، خاصیت مغناطیسی خود را تا اندازهٔ قابل توجهی حفظ می‌کنند.	b) فرومغناطیسی سخت
پ) اورانیم، پلاتین، آلومینیم از جمله این مواد هستند.	c) پارامغناطیسی
ت) اتم‌های آن به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند.	d) مس
	e) سدیم

۱۰۹ با توجه به سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی

الف) شکل زیر نشان‌گر چه نوع ماده‌ای است؟



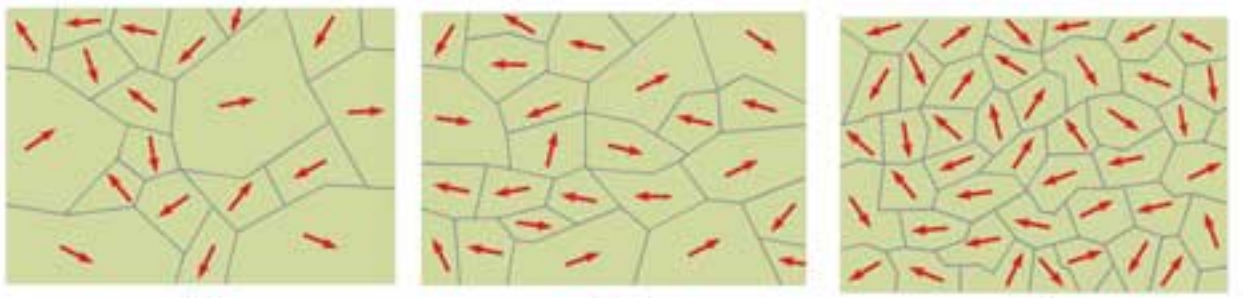
ب) دو نمونه برای این ماده بنویسید.

پ) تحت چه شرایطی این ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند؟

۱۱۰ عبارت‌های ستون A به کدام‌یک از عبارت‌های ستون B مربوط است؟

ستون A	ستون B
الف) دوقطبی‌های مغناطیسی این ماده سمت‌گیری مشخص و منظمی ندارند.	دوقطبی مغناطیسیی
ب) با حذف میدان مغناطیسی خارجی خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.	فرومغناطیسی
پ) دوقطبی‌های مغناطیسی به طور خود به خود با دوقطبی‌های مجاور، هم‌خط می‌شوند.	فرومغناطیسی نرم
ت) کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ مواد مغناطیسی (اتم‌ها و مولکول‌ها) را می‌نامند.	فرومغناطیسی سخت
ث) برای ساختن آهن‌رباهای دائمی مناسب‌اند.	پارامغناطیسی

(۱۱۱) شکل‌های زیر طرح‌واره‌هایی از یک مادهٔ فرومغناطیسی‌اند. هر کدام از عبارت‌های زیر مربوط به کدام شکل است؟



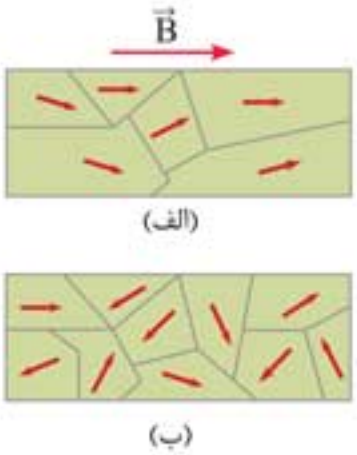
(a) (b) (c)

الف در غیاب میدان مغناطیسی

ب در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف

پ در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی

(۱۱۲) 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)

(۱۱۳) با توجه به جدول زیر، نوع مادهٔ مغناطیسی را مشخص کنید.

ویژگی مغناطیسی / نوع ماده	پارامغناطیسی	فرومغناطیسی	فرومغناطیسی سخت
الف پلاتین			
ب فولاد			
پ کبالت خالص			

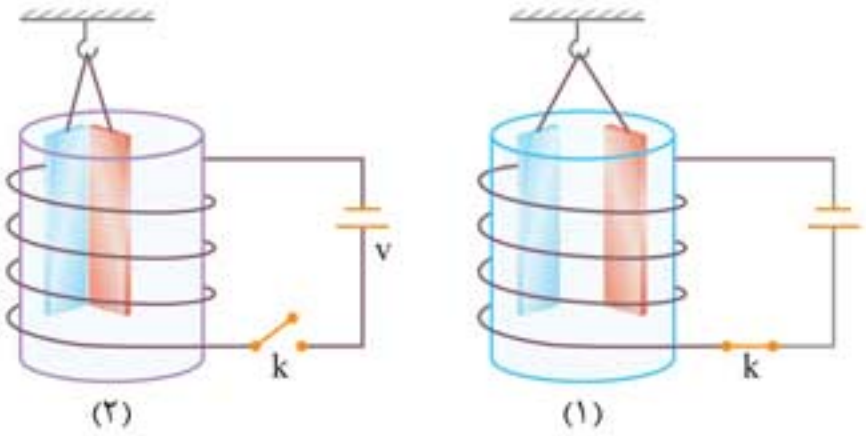
(۱۱۴) اگر یک قطعهٔ آهن‌ربا را حرارت دهیم. کدام گزینهٔ زیر در مورد خاصیت آهن‌ربایی آن درست است؟

۱ زیاد می‌شود ☐ ۲ تغییر نمی‌کند ☐ ۳ ضعیف‌تر می‌شود ☐

(۱۱۵) برای خاصیت آهن‌ربایی هر مادهٔ فرومغناطیسی، مقدار اشباع یا بیشینه‌ای وجود دارد. این وضعیت چه موقع به‌وجود می‌آید؟

(۱۱۶) چرا در ساختن آهن‌ربای دائمی از مواد فرومغناطیسی سخت استفاده می‌شود؟

۱۲۰ شکل (۱) وضعیت قرارگیری دو تیغهٔ فلزی آویخته شده توسط نخ‌های سبک و عایق را در داخل یک سیملوله، بعد از بستن کلید، و شکل (۲) وضعیت این دو تیغه را بلافاصله پس از باز کردن کلید نشان می‌دهد.



الف چرا پس از وصل کلید، تیغه‌ها از هم دور می‌شوند؟

ب تیغه‌های فلزی چه نوع مادهٔ مغناطیسی‌اند؟

پ جنس تیغه‌ها می‌تواند کدام‌یک از فلزهای سدیم، نیکل یا فولاد باشد؟

یادداشت

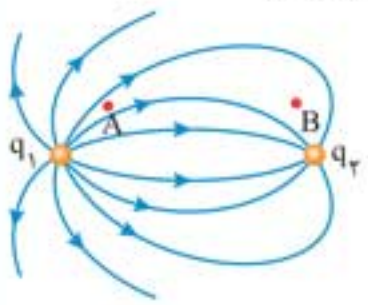
آزمون نیم‌سال

درس: فیزیک (۲)	رشته: ریاضی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ امتحان: دی‌ماه

ردیف	سؤالات	نمره
1	**در جمله‌های زیر عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.** الف) در مالش شانهٔ پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبهٔ (میلی - نانو) کولن هستند. ب) بار الکتریکی موجود در اجسام، کمیتی (کوانتیده – پیوسته) است. پ) نیرویی که مانع از فروپاشی هسته‌ها در اتم می‌شود، نیروی (الکتریکی – هسته‌ای) است. ت) میدان الکتریکی در اطراف یک بار نقطه‌ای با مربع فاصله از بار نسبت (عکس – مستقیم) دارد.	1
2	**درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت (د) یا (ن) تعیین کنید.** الف) طبق اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی، میدان الکتریکی بارهای نقطه‌ای در یک مکان مشخص، بر روی هم اثر می‌گذارند. ب) بردار میدان الکتریکی درهر نقطه، به صورت مماس بر خط میدان در آن نقطه و هم‌جهت با آن رسم می‌شود. پ) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه، به نوع و اندازهٔ بار الکتریکی که بین دو نقطه جابه‌جا می‌شود، بستگی دارد. ت) کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی بر یک بار منفی، زمانی که در خلاف جهت میدان حرکت کند، مثبت است. ث) یکای دیگر میدان الکتریکی که معادل با نیوتون بر کولن است را می‌توان به صورت ولت – متر تعریف نمود. ج) خازن وسیله‌ای است که می‌تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.	1/5
3	**در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.** الف) به نسبت بار الکتریکی شارش یافته از هر مقطع مدار در زمان، جریان الکتریکی ..... می‌گوییم. ب) در رساناهای اهمی، جریان عبوری از رسانا با اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها رابطهٔ ..... دارد. پ) موادی مانند ژرمانیم و ..... که مقاومت ویژه‌شان بین رسانا و نارساناها است، نیم‌رسانا نامیده می‌شوند. ت) رئوستا، یکی از معروف‌ترین نوع مقاومت‌های ..... است. ث) مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق یک مقاومت را برحسب درصد ..... مشخص می‌کند. ج) مقاومت یک لامپ در حالت روشن ..... از مقاومت الکتریکی آن در حالت خاموش است.	1/5
4	**الف) آزمایشی را توضیح دهید که به کمک آن محل توزیع بارهای الکتریکی موجود در یک جسم رسانا را بتوانیم نمایش دهیم.** **ب) برای این آزمایش مثالی ذکر کنید.**	1/5
5	الف) برق‌گیر از کدام قسمت بار الکتریکی ابر را تخلیه می‌کند؟ ب) در چه هنگامی یک اتم قطبیده می‌شود؟ پ) فروریزش الکتریکی به چه معناست؟ ت) هنگام محاسبهٔ انرژی ذخیره شده در خازن، چرا از اختلاف پتانسیل متوسط $(\bar{V})$ استفاده می‌کنیم؟	2
6	**مطابق شکل، دو میلهٔ رسانای هم‌جنس با سطح مقطع یکسان را به ترتیب در مداری قرار می‌دهیم و به دو سر آن‌ها اختلاف پتانسیلی برقرار می‌کنیم. توسط آمپرسنج جریان عبوری از آن‌ها را می‌خوانیم. در هر دو حالت نسبت $\frac{V}{I}$ را برای هر دو رسانا به‌دست می‌آوریم.** الف) این نسبت برای کدام‌یک از این دو رسانا، بزرگ‌تر است؟ چرا؟ ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟	1

آزمون پایان سال

درس: فیزیک(۲)	رشته: ریاضی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ امتحان: خردادماه

ردیف	سؤالات	نمره
1	**در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.** الف) در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی (کاهش می‌یابد – ثابت می‌ماند – افزایش می‌یابد) ب) اغلب از (ترمیستور – مقاومت نوری – دیود) به عنوان حسگر، استفاده می‌شود. پ) اگر جریان در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرد، نیروی بین آن‌ها (رانشی – ربایشی) است. ت) ضریب القاوری با طول القاگر نسبت (مستقیم – وارون) دارد.	1
2	**درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت (د) یا (ن) تعیین کنید.** الف) اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای با فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد. ب) دیود نورگسیل از قانون اهم پیروی می‌کند. پ) فولاد نوعی مادهٔ فرومغناطیسی سخت است. ت) یکای ضریب القاوری، هانری است.	1
3	**خازنی را به‌وسیلهٔ یک مولد پر نموده و پس از این‌که خازن کاملاً پر شد، آن را از مولد جدا نموده و یک دی‌الکتریک بین صفحه‌های آن قرار می‌دهیم. برای این خازن خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمه‌های (ثابت – افزایش – کاهش) کامل کنید.** | بار الکتریکی | ظرفیت | اختلاف پتانسیل | انرژی | | ..... | ..... | ..... | ..... |	1
4	**مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی $۰/۹cm^۲$ و فاصلهٔ دو صفحه از هم $۰/۹mm$ است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۱۰ بین دو صفحه قرار داده شده است.** الف) ظرفیت خازن را تعیین کنید. ب) اگر خازن را به اختلاف پتانسیل $۲۰V$ وصل کنیم چه مقدار بار الکتریکی در آن ذخیره می‌شود؟	0/5 0/5
5	**خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است.**  الف) نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آن‌ها را مقایسه کنید. ب) اندازهٔ میدان الکتریکی را در نقطه‌های A و B با هم مقایسه کنید. پ) پتانسیل الکتریکی نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.	0/75 0/25 0/25
6	**در شکل زیر، بارهای $q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = ۶۴\mu C$ در فاصلهٔ $۱۵cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. در چه مکانی میدان الکتریکی برایند صفر است؟** 	1

۱۰۵ Á¶T¶ S²le Áloll $\Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = \frac{1}{3}A$

Ápl¼¶ S²le Áloll $\Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = 1A$

۱۰۶

الف $I_1 = 1A\ ,\ I_2 = 2A$ ب $\varepsilon = 9V$

۱۰۷ $\frac{P}{P'} = \frac{1}{9}$

۱۰۸

الف لامپ (۲) خاموش و لامپ (۱) پرنورتر می‌شود

ب آمپرسنج افزایش و ولت‌سنج کاهش می‌یابد.

۱۰۹

الف نادرست ب نادرست

پ درست ت درست

۱۱۰

الف $\varepsilon_2 = 6V$ ب $P_1 = 10W$

۱۱۱

الف $R_{AC} = 5\Omega$

ب $\varepsilon = 12\,V$

پ $V_A - V_B = 5\,V$

۱۱۲ $R_2 = 112/8\Omega\ ,\ R_1 = 880\Omega$

۱۱۳ $R_{eq} = 12\Omega$ (۲) ®§{ ، $R_{eq} = 10\Omega$ (۱) ®§{

۱۱۴

الف $R_{eq} = 1/5\Omega$ ب $R_{eq} = \frac{15}{8}\Omega$

۱۱۵ $R_{eq} = 36\,\Omega$

۱۱۶ $I_1 = 2A, I_2 = 1A, I_3 = 3A$

۱۱۷

الف $R_{eq} = 5\Omega$ ب $I = 6A$

۱۱۸ $V_2 = 8V$

۱۱۹

الف $I = 2\,A$ ب افزایش می‌یابد.

۱۲۰ $(I_2 = 0)$

$I_1 = I_3 = 2A$

۱۳۱ $I = 2A$

$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 0/5A$

۱۳۲

الف $I_1 = 2\,A\ ,\ I_2 = 1A$ ب $R_2 = 6\Omega$

۱۳۳ $R_1 = 600\Omega$

۱۳۴

الف $R_{eq} = 4\Omega$

ب $I_1 = 2A\ ,\ I_2 = 2A\ ,\ I_3 = 1A\ ,\ I_4 = 1A$

پ $V_M - V_N = -2\,V$

فصل سوم: مغناطیس

۱

الف جنوب ب مقداری برادهٔ آهن

پ پدیدهٔ القای مغناطیسی ت N به S

ث عقربهٔ مغناطیسی ج ربایشی

۲

الف خطوط ب مماس

پ هم‌سو ت بزرگی

۳

الف قطب‌های ب غیر هم‌نام ـ هم‌نام

پ جذب ت S – N

ث شیب ج بسته

چ قطب‌ها ح یکنواخت

۴

الف نادرست ب درست پ درست

ت درست ث نادرست ج نادرست

۵ میله را از وسط می‌آویزیم، قسمتی که به طرف شمال بایستد قطب N بر قسمت دیگر که رو به جنوب قرار می‌گیرد قطب S خواهد بود.

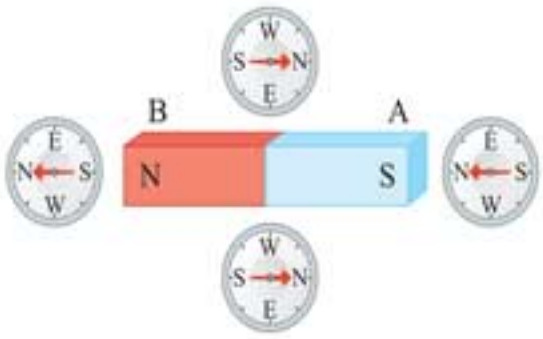
۶ به پاسخ تشریحی رجوع کنید.

۷ به پاسخ تشریحی رجوع کنید.

۸

الف B قطب N و A قطب S

ب



۹ به پاسخ تشریحی رجوع کنید.

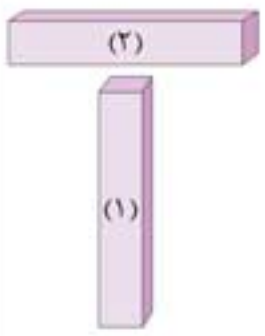
۱۰ خیر

ب مقاومت R_1 و R_2 با هم موازی‌اند، بنابراین داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$
$$\Rightarrow 3 \times 2 = R_2 \times 1 \Rightarrow R_2 = 6\,\Omega$$

فصل سوم: مغناطیس

۶ مطابق شکل، سر میلهٔ (۱) را به وسط میلهٔ (۲) نزدیک می‌کنیم. با توجه به این که خاصیت مغناطیسی در دو سر آهن ربا قوی‌تر از وسط آن است، اگر میلهٔ (۱) آهن‌ربا باشد، در میلهٔ (۲) القای مغناطیسی ایجاد می‌شود و به شدت میلهٔ (۲) را جذب می‌کند.



۷

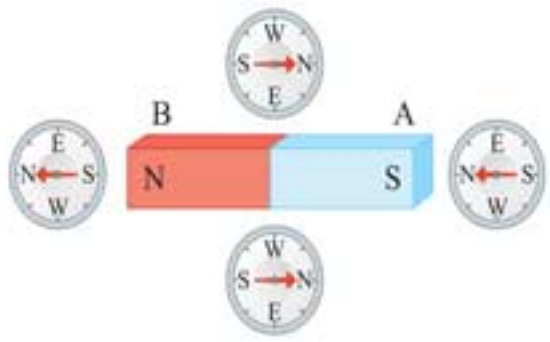
الف پدیدهٔ القای مغناطیسی

ب در ابتدا و انتهای آهن‌ربای میله‌ای نیروی ربایشی قوی و در وسط آن نیروی ربایشی ضعیف احساس خواهیم کرد.

۸

الف B قطب N و A قطب S

ب

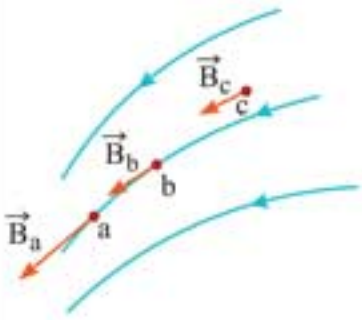


۹ اگر آهن‌ربایی را به دو یا چند قطعه بشکنیم، هر قطعه خود نیز یک آهن‌ربا با دو قطب N و S است.

نتیجه می‌گیریم تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد. یعنی قطب N و S از هم جداشدنی نیستند.

۱۰ خیر، زیرا بردارهای میدان مغناطیسی در نقاط مختلف هم‌جهت نیستند.

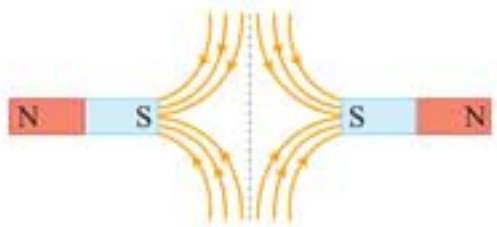
۱۱ می‌دانیم بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان آن نقطه و هم‌جهت با آن است. از طرف دیگر، در ناحیه‌هایی که خط‌های میدان متراکم‌تر است، میدان مغناطیسی قوی‌تر است. بنابراین باید طول بردار که نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان است، بزرگ‌تر رسم شود.



۱۲ الف عقربهٔ مغناطیسی مماس بر خطوط میدان مغناطیسی طوری قرار می‌گیرد که خطوط میدان به قطب S آن وارد و از قطب N آن خارج شوند. بنابراین C و A قطب N ، B و D قطب S می‌باشند.

ب آهن‌ربای (۱) قوی‌تر است. زیرا خطوط میدان مغناطیسی آن، خطوط میدان مغناطیسی آهن‌ربای (۲) را بیشتر رانده و خود فضای بیشتری را پوشش داده است. در ضمن در مجاور آهن‌ربای (۱) خطوط میدان متراکم‌ترند.

۱۳ الف



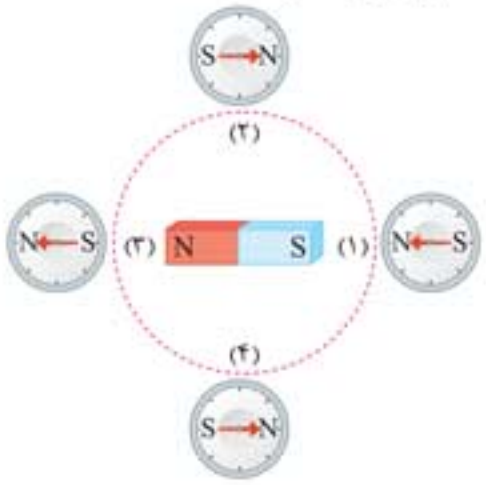
ب بله، زیرا صفحهٔ شیشه‌ای خطوط میدان مغناطیسی را از خود عبور می‌دهد و باعث می‌شود براده‌های آهنی خود مغناطیس شده و جذب آهن‌ربا شوند.

۱۴

الف القای مغناطیسی

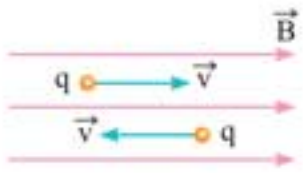
ب خیر، زیرا تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد.

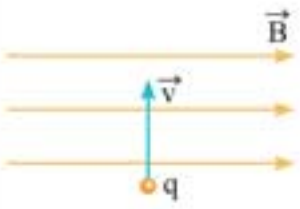
۱۵ با توجه به شکل زیر، وقتی عقربه از مکان (۱) به مکان (۲) می‌رود ۱۸۰ درجه تغییر جهت می‌دهد. با انتقال از مکان (۲) به مکان (۳)، عقربه نسبت به مکان (۲) 180° و نسبت به مکان (۱) 360° تغییر جهت می‌دهد. هم‌چنین با انتقال از مکان (۳) به (۴) 180° درجه تغییر جهت می‌دهد که نسبت به مکان (۱)، 540° تغییر جهت داده است و در آخر با انتقال از مکان (۴) به مکان (۱)، 180° تغییر جهت می‌دهد که نسبت به مکان اولیه، 720° تغییر جهت خواهد داد.



۱۸

الف در صورتی که بار الکتریکی در راستای میدان مغناطیسی حرکت کند، یعنی $\theta = 0^\circ$ یا 180° باشد، طبق رابطهٔ $F = |q| v B \sin\theta$، نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی صفر می‌شود.





ب وقتی که بار الکتریکی $|q|$ عمود بر راستای میدان مغناطیسی حرکت کند $(\sin\theta=\sin۹۰=۱)$، اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، بیشینه می‌شود.

(۱۹) خیر، زیرا ممکن است میدان مغناطیسی وجود داشته باشد، اما بار الکتریکی در راستای (هم‌جهت یا خلاف جهت) میدان مغناطیسی حرکت کند.

(۲۰)

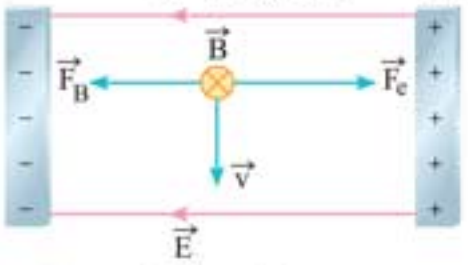
الف ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

ب خیر، اگر بار الکتریکی در راستای میدان مغناطیسی حرکت کند، زاویهٔ بین $\vec{V}$ و $\vec{B}$ برابر ۱۸۰° یا $\theta=۰$ است، در نتیجه طبق رابطهٔ $F=|q|VB\sin\theta$ اندازهٔ نیرو صفر می‌شود.

پ نیروی وارد بر بار الکتریکی، در میدان الکتریکی هم‌راستا با میدان و در میدان مغناطیسی عمود بر میدان است.

(۲۳)

الف در میدان الکتریکی بر الکترون در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود. برای جلوگیری از انحراف الکترون باید نیروی مغناطیسی در خلاف جهت نیروی الکتریکی و هم‌اندازه با آن باشد. بنابراین با توجه به شکل زیر، باید میدان مغناطیسی درون‌سو باشد.



ب چون ذره منحرف نمی‌شود $F_E=F_B$ است. بنابراین داریم:

$$F_B=F_E \xrightarrow[F_E=|q|E]{F_B=|q|VB\sin۹۰} |q|VB\sin۹۰=|q|E$$

$$\Rightarrow V\times B=E \xrightarrow[B=۰/۲T]{E=۲۰۰\frac{N}{C}} V\times ۰/۲=۲۰۰ \Rightarrow V=۱۰۰۰\frac{m}{s}$$

(۲۵) برای ذرهٔ (۱) زاویهٔ بین بردار سرعت و میدان مغناطیسی ۱۲۰° است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$F_۱=|q|VB\sin\theta_۱ \xrightarrow[|q|=۶\times۱۰^{-۶}C,\ V=۵۰\sqrt{۳}\frac{m}{s}]{\theta_۱=۱۲۰^\circ,\ B=۰/۲T}$$

$$F_۱=۶\times۱۰^{-۶}\times۵۰\sqrt{۳}\times۰/۲\times\sin۱۲۰ \xrightarrow{\sin۱۲۰=\sin۶۰=\frac{\sqrt{۳}}{۲}}$$

$$F_۲=۶\sqrt{۳}\times۱۰^{-۵}\times\frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow F_۱=۹\times۱۰^{-۵}N$$

برای ذرهٔ (۲) زاویه $\theta_۲=۹۰$ است.

$$F_۲=|q|VB\sin\theta \xrightarrow{\theta_۲=۹۰^\circ}$$

$$F_۲=۶\times۱۰^{-۶}\times۵۰\sqrt{۳}\times۰/۲\times۱ \Rightarrow F_۲=۶\sqrt{۳}\times۱۰^{-۵}N$$

برای ذرهٔ (۳) زاویه $\theta_۳=۶۰^\circ$ است.

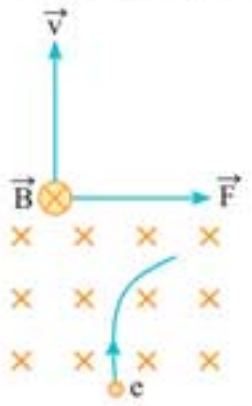
$$F_۳=|q|VB\sin\theta_۳ \xrightarrow[\sin۶۰=\frac{\sqrt{۳}}{۲}]{\theta_۳=۶۰^\circ}$$

$$F_۳=۶\times۱۰^{-۶}\times۵۰\sqrt{۳}\times۰/۲\times\frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow F_۳=۹\times۱۰^{-۵}N$$

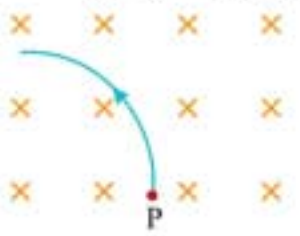
(۲۸)

الف

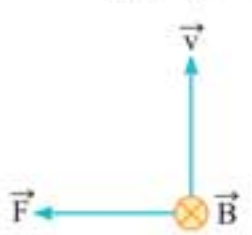
$$F=|q|vB\sin۹۰=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۶}\times۵۰۰\times۱۰^{-۴}\times۱$$
$$\Rightarrow F=۱/۶\times۱۰^{-۱۴}N$$



ب

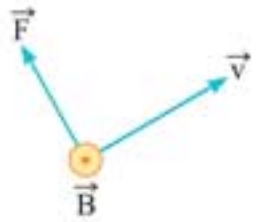


پ بزرگی نیرو تغییر نمی‌کند، اما جهت نیرو برعکس می‌شود.



(۲۹) الف جهت $\vec{V}$ با راستای افقی زاویهٔ ۳۰° می‌سازد، اما با جهت $\vec{B}$ زاویهٔ ۹۰° می‌سازد.

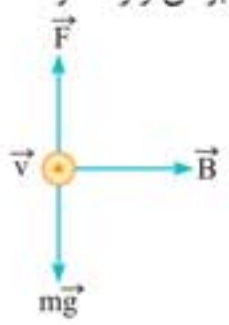
$$F=|q|vB\sin\theta=۰/۵\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{۳}\times۱۰۰\times۱۰^{-۴}\times۱$$
$$\Rightarrow F=۲\times۱۰^{-۵}N$$



ب چون m و F معلوم‌اند با استفاده از قانون دوم نیوتون شتاب را حساب می‌کنیم.

$$F=ma \xrightarrow{m=۵\times۱۰^{-۷}kg} ۲\times۱۰^{-۵}=۵\times۱۰^{-۶}a \Rightarrow a=۴\frac{m}{s^۲}$$

(۳۰) چون بر ذره، نیروی وزن رو به پایین وارد می‌شود، برای این‌که ذره بدون انحراف از میدان مغناطیسی خارج شود باید نیروی مغناطیسی در خلاف جهت نیروی وزن و رو به بالا بر آن وارد شود تا اثر نیروی وزن را خنثی کند.



بنابراین با توجه به قاعدهٔ دست راست، باید جهت میدان مغناطیسی به طرف راست باشد.

در ضمن باید بزرگی نیروی مغناطیسی با بزرگی نیروی وزن برابر باشد.