



فیزیک ۳ رشته ریاضی؛ هفته اول

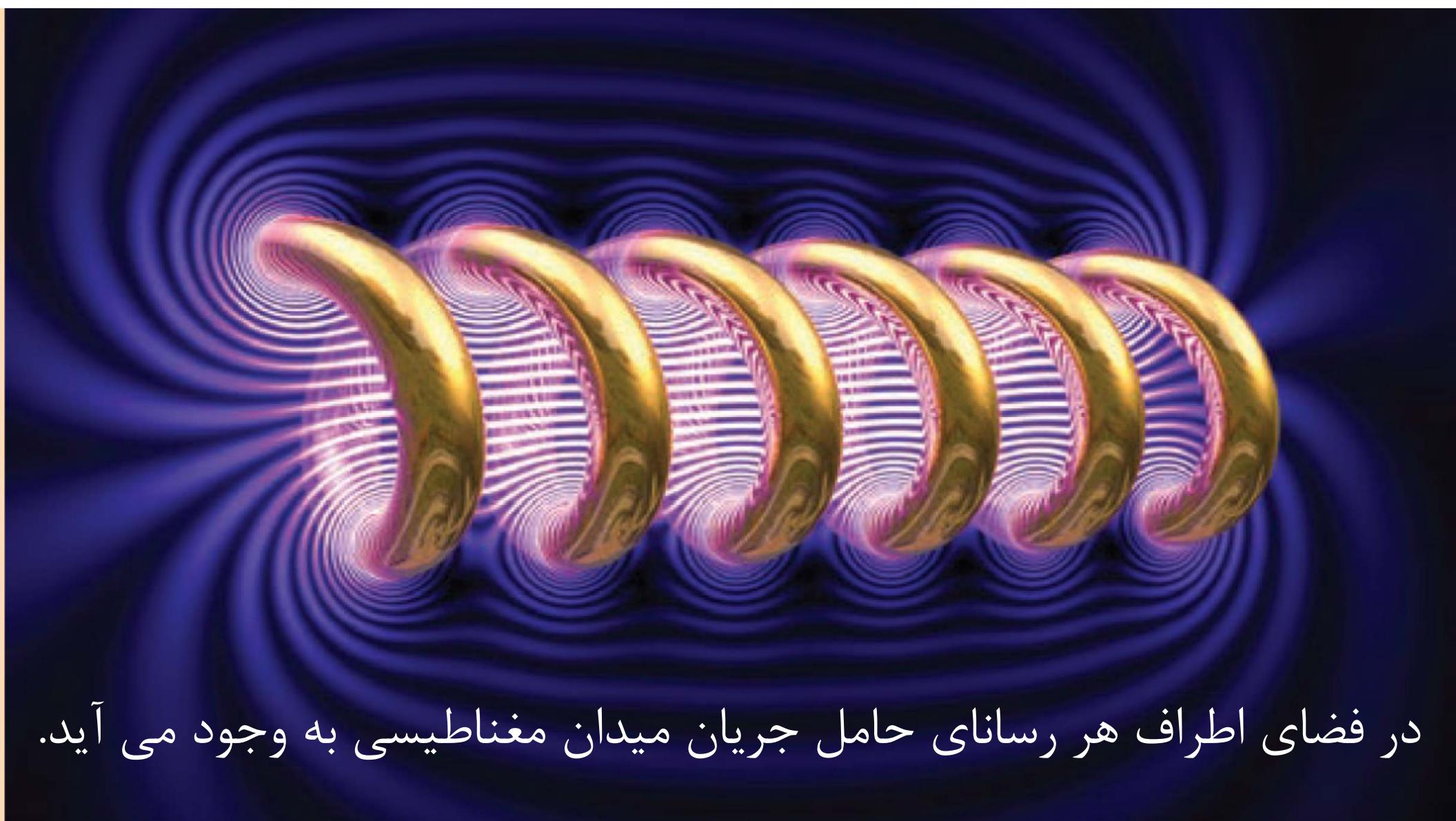
میدان مغناطیسی

و

نیروهای مغناطیسی

سال تحصیلی ۹۵ - ۱۳۹۴

تهریه و تنظیم: رضا اخلاقی



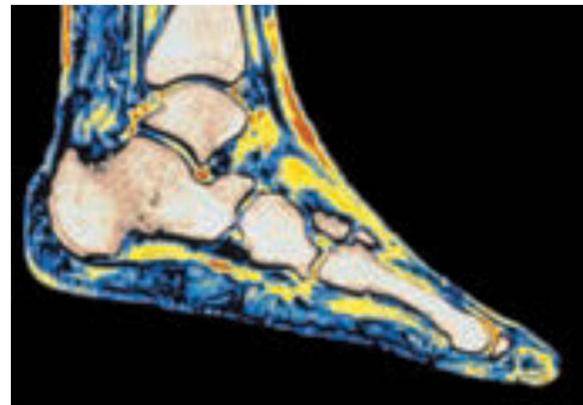
در فضای اطراف هر رسانای حامل جریان میدان مغناطیسی به وجود می آید.

مثال‌هایی از مغناطیس

یک اسباب بازی مغناطیسی یا یک قطب‌نما یا آهن‌ربایی را برای نگهداشتن یک ورق کاغذ روی بدن‌هی یخچال کاربردهای مغناطیس در جنبه‌های مختلف زندگی بشر رشدی روزافزون دارد. برای بیش از یک قرن ضبط صدا و تصویر روی صفحه‌ها و نوارهایی صورت می‌گرفت که مغناطیس نقش اصلی را در آن‌ها ایفا می‌کرد. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه‌های سنتی شده است، با وجود این، ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک هنوز هم به محیط‌های مغناطیسی وابسته است. مغناطیس و آهن‌رباهای همچنین در بلندگوی گوشی‌ها، تلویزیون‌ها، رایانه‌ها و اغلب سامانه‌های هشدار ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها و جراحی‌های مختلف بهره فراوانی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال‌هایی از مغناطیس



با بهره‌گیری از دستگاه‌های *MRI* می‌توان جزئیات بافت نرم (مانند تصویر پایی که در اینجا نشان داده شده است) را دید که در تصویربرداری پرتو *X* قابل مشاهده نیست.

Magnetic Resonance Imaging

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال‌هایی از مغناطیس

پدیده‌های مغناطیسی حدود ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی در نزدیکی شهر **مگنسیا** (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروز آهن‌ربای دائمی خوانده می‌شود.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال‌هایی از مغناطیس



- ▶ چینی‌ها در قرن ۱۲ نخستین کسانی بودند که آهن‌ربا را به صورت قطب‌نما درآوردند و برای جهت‌یابی به کار بردند.
- ▶ در قرن ۱۶ ویلیام گیلبرت با مالش دادن قطعه‌های آهن به آهن‌ربای طبیعی (Fe_3O_4) آهن‌ربای مصنوعی ($M.Fe_2O_4$) که M می‌تواند منگنز یا روی با ظرفیت ۲ باشد یا $M.Fe_2O_3$ که M می‌تواند اکسید منگنز یا اکسید روی باشد) ساخت و اظهار کرد که عقربه از این رو همواره در جهت شمال و جنوب قرار می‌گیرد که زمین ویژگی‌های مغناطیسی دارد.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

هدف‌های فصل چهارم

- آشنایی با **مفهوم خاصیت مغناطیسی** و **میدان مغناطیسی**، **رسم** و **تعیین جهت خطوط** **میدان مغناطیسی**.
- **تعريف** **میدان مغناطیسی** با استفاده از **نیروی وارد بر سیم حامل جریان** در **میدان** و **حل مسائل مربوط به آن**.
- آشنایی با **نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک** در **میدان مغناطیسی** و **حل مسائل مربوط به آن**.
- بررسی آثار مغناطیسی ناشی از **جریان الکتریکی** در **خط راست**، **پیچه**، **سیم‌لوله**، و **حل مسائل مربوط به آن**.
- آشنایی با **نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان** و **تعیین جهت آن**.
- بررسی **خاصیت مغناطیسی مواد** و **طبقه‌بندی** و **شناخت کاربردهای آن**.
- آشنایی با **مفهوم میدان مغناطیسی** در **اطراف کرهی زمین** و **پدیده‌های مربوط به آن**.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

قطب‌های مغناطیسی



► هرگاه آهنربایی را درون ظرف محتوی براده‌ی آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را **قطب‌های مغناطیسی** یا **قطب‌های آهنربا** می‌نامند.

► قطب‌های مغناطیسی خاصیت مغناطیسی **قوى تری** دارند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

قطب‌های مغناطیسی



➢ هرگاه یک آهنربای میله‌ای را با ریسمان از مرکزش طوری بیاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن به سوی شمال قرار می‌گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب **N** و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب **S** می‌نامند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

قطب‌های مغناطیسی

- ▶ زمین خود یک آهنربای **دائمی** بزرگی است که درون آن قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین طوری است که قطب **S** آن در سمت **شمال جغرافیایی** و قطب **N** آن در سمت **جنوب جغرافیایی** قرار دارد.
- ▶ آهنربا موادی چون **آهن، فولاد، نیکل، کبالت** را به شدت جذب می‌کند.

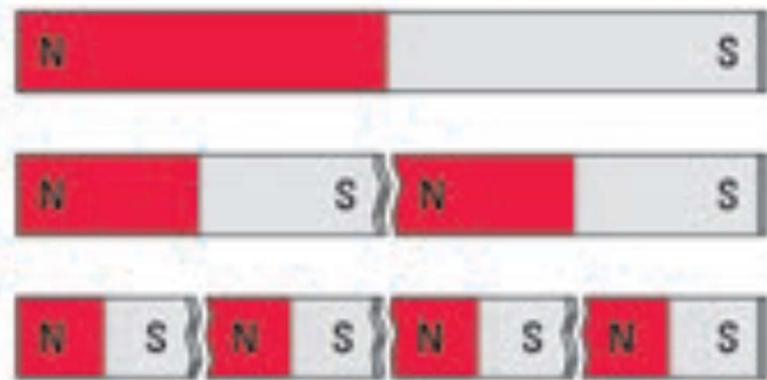
تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

قطب‌های مغناطیسی

- آهنرباهای به کار رفته در دریچه‌ال یخچال **تیغه‌ای** است که قطب N آن یک سمت و قطب S آن سمت دیگر است. این آهنرباهای کافی **قوی‌اند** اما **برداشان کوتاه** است زیرا قطب‌های شمال و جنوب آن‌ها یک‌دیگر را **خنثی** می‌سازند.
- آهنرباهای نعلی‌شکل معمولی صرفاً آهنربایی میله‌ای است که به شکل U خم شده است. قطب‌های آن هم در دو سرش قرار دارند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

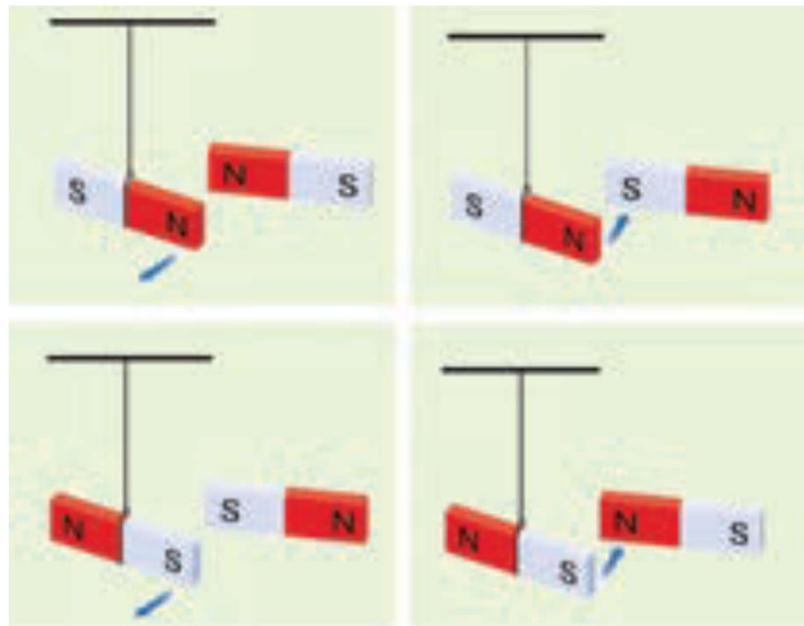
دوقطبی مغناطیسی



► 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، ولی هرگز یک قطب تنها یا به عبارتی دیگر **تک قطبی مغناطیسی** نخواهید داشت. حتی وقتی قطعه‌ی شما به اندازه‌ی یک اتم برسد، دو قطب دارد که نشان می‌دهد خود اتم نیز می‌تواند یک آهنربا باشد! (**نظریه وبر**)

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

پرسش



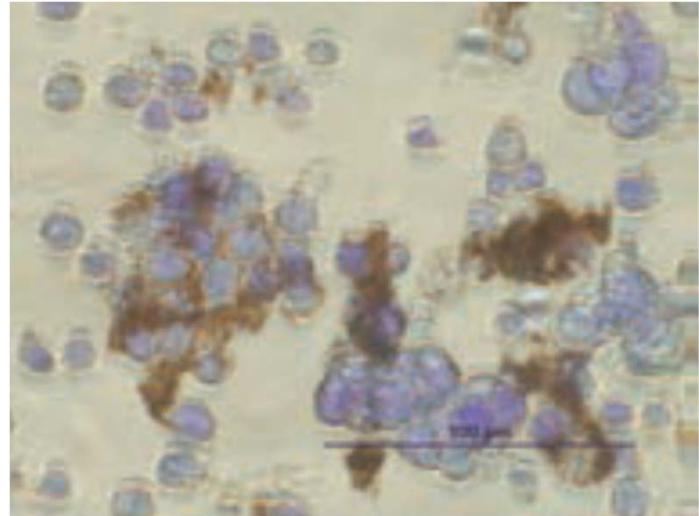
با توجه به شکل روبرو عبارت زیر را با کلمه‌های مناسب
کامل کنید. وقتی قطب‌های **هم‌نام** دو آهنربا را به یکدیگر
نزدیک می‌کنیم، یکدیگر را اما اگر قطب‌های
ناهم‌نام آنها را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر
.....

فعالیت



(الف) چند آهنربا به شکل‌های مختلف انتخاب کنید. به کمک مقداری برآده‌ی آهن یا تعدادی سوزن ته‌گرد، محل قطب‌های هر یک از آهنرباها را تعیین کنید.
(ب) قطب‌نماهایی که دریانوردان و کوهنوردان برای تعیین جهت به کار می‌برند، در واقع یک آهنربای میله‌ای نازک است که روی پایه‌ای سوار شده است و می‌تواند آزادانه بچرخد و جهت‌های تقریبی شمال و جنوب جغرافیایی را نشان دهد. آزمایشی طراحی کنید و به کمک آن، یک قطب‌نمای ساده بسازید و جهت تقریبی شمال و جنوب مکانی را که در آن زندگی می‌کنید تعیین کنید.

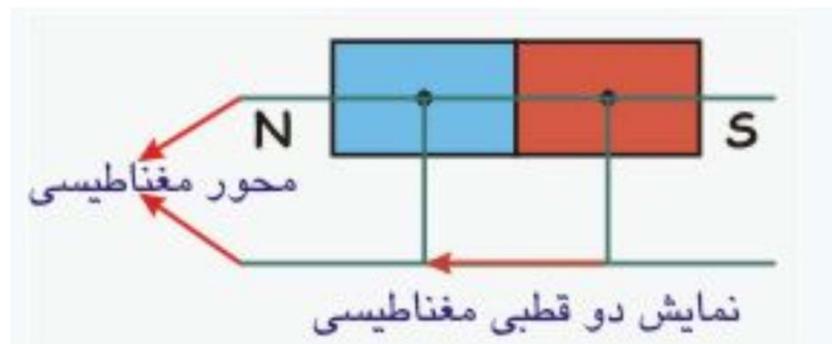
نانو ذرّه های مغناطیسی برای درمان



لکه های تیره در تصویر میکروسکوپی روبه رو، یاخته (سلول) های سرطانی هستند که از توموری جدا شده اند و خطر پخش آنها در سرتاسر بدن بیمار وجود دارد. در یک روش تجربی برای مبارزه با این یاخته ها از ذرّه های یک ماده مغناطیسی استفاده می شود که به بدن تزریق می شوند. این ذرّه ها با ماده شیمیایی خاصی پوشیده شده اند که به طور ترجیحی به سلول های سرطانی متصل می شوند. سپس با استفاده از یک آهن ربا در بیرون از بدن بیمار، این ذرّه ها بیرون «رانده» می شوند و سلول های سرطانی را با خود می برنند.

محور مغناطیسی

➤ خطی که دو قطبی مغناطیسی را به هم متصل می‌کند، محور مغناطیسی نام دارد.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

روش‌های ساختن آهنربا

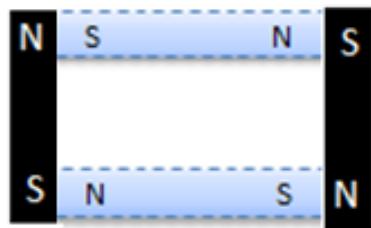
► از طریق مالش

► از طریق القأ

► از طریق جریان الکتریکی

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مالش

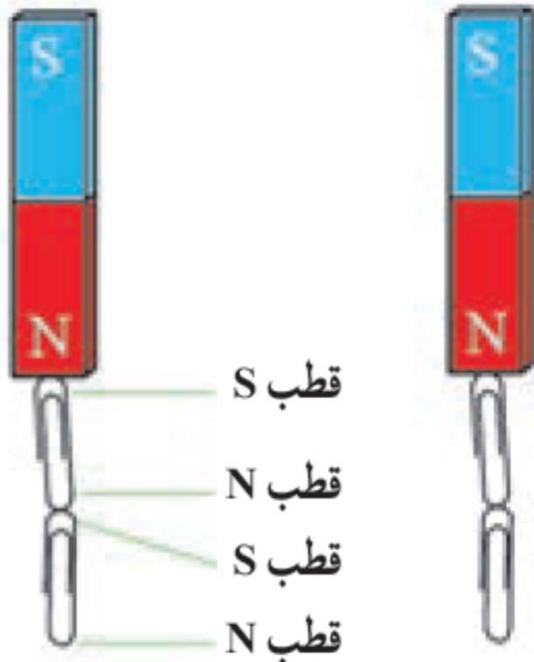


▶ برای آهنربا نمودن یک قطعه آهن یا فولاد کافی است که قطب **N** آهنربا را چندین بار در یک جهت بر روی میله‌ی فولادی مالش دهیم این قطعه آهنربا خواهد شد. در شکل مقابل سمت y قطب **N** و سمت x قطب **S** است.

▶ اگر آهنرباهای را به صورت جفت در کنار هم قرار دهیم و دو قطعه آهن به دو سر آن‌ها متصل کنیم خاصیت آهنربایی خود را برای مدت طولانی حفظ می‌کنند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

القا

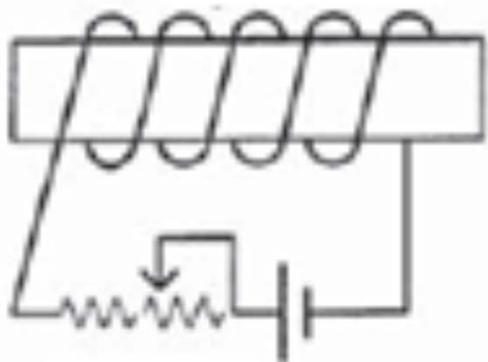


► اگر یک قطعه آهنی وارد میدان مغناطیسی آهنربا گردد تا زمانی که در میدان مغناطیسی آهنربا قرار دارد تبدیل به آهنربا گردیده و اگر از این میدان خارج شود خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهد.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

جريان الکتریسیته

► در این روش یک هسته‌ی آهنی در داخل سیم‌لوله قرار گرفته و با قرار دادن آن در راستای شمال-جنوب و برقراری جریان در سیم‌لوله، هسته‌ی آهنی تبدیل به آهنربا می‌گردد.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

پرسش

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

روش‌های از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن‌ربا

► برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن‌ربا می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

□ حرارت دادن

□ چکش‌خواری

□ قرار دادن آن در یک سیم‌لوله به طوری که راستای آن در جهت شرق - غرب باشد و از آن جریان الکتریسیته

عبور کند، استفاده نمود.

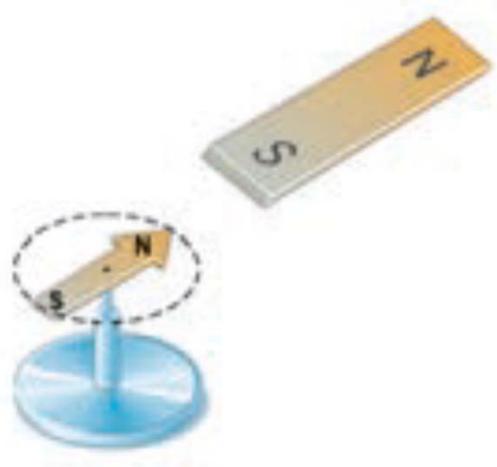
تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

میدان مغناطیسی

- ▶ در فضای اطراف هر آهنربا خاصیتی وجود دارد که **میدان مغناطیسی** می‌نامند.
- ▶ میدان مغناطیسی یک کمیت **برداری** است و آن را با نماد \vec{B} نشان می‌دهند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

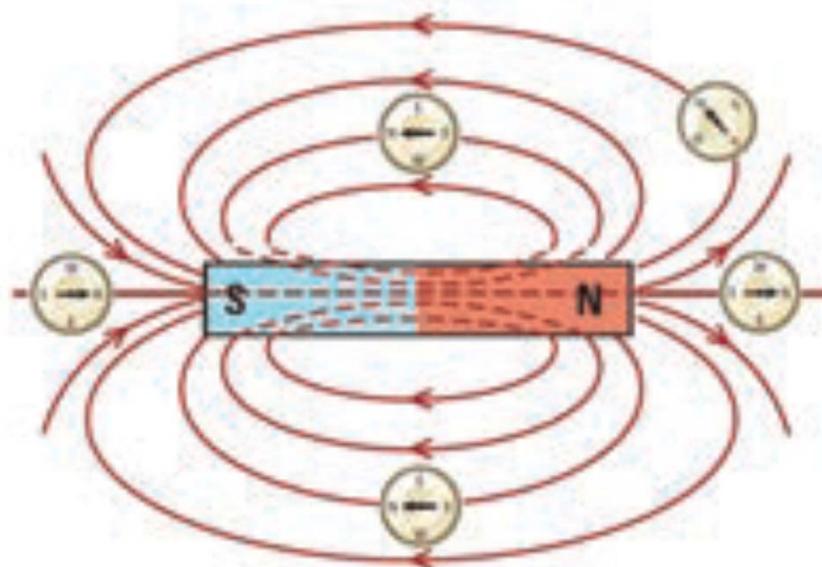
فعالیت



یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به یک عقربهٔ مغناطیسی که روی پایه‌ای قرار دارد، نزدیک کنید. آن‌چه را می‌بینید بیان کنید. با دور کردن آهنربا از عقربهٔ مغناطیسی چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟ (در صورتی که عقربهٔ مغناطیسی در اختیار ندارید، سوزن ته‌گردی را از یک طرف، چند بار به آهنربایی مالش دهید و آن را روی سطح آب شناور سازید. به این ترتیب سوزن ته‌گرد مانند یک عقربهٔ مغناطیسی رفتار می‌کند!)

ویژگی میدان مغناطیسی

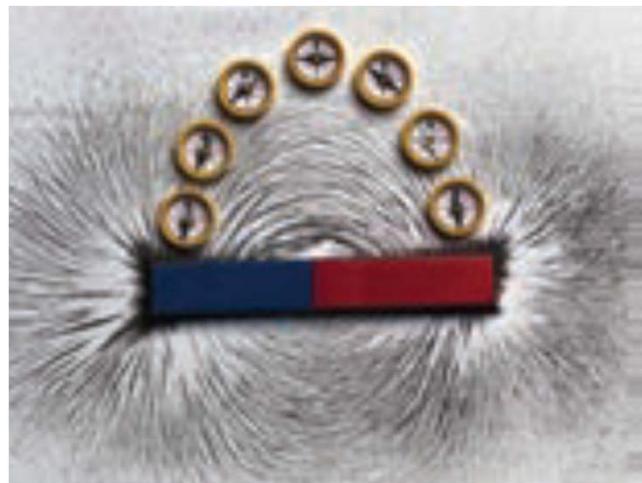
➤ جهت میدان در بیرون آهنربا از قطب N به قطب S است.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

ویژگی میدان مغناطیسی

➢ هر جا که خطها به هم **نزدیک‌تر** باشند، میدان قوی‌تر است. (تراکم براده‌های آهن در قطب‌های آهن‌ربا بیش‌تر است)



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

ویژگی میدان مغناطیسی

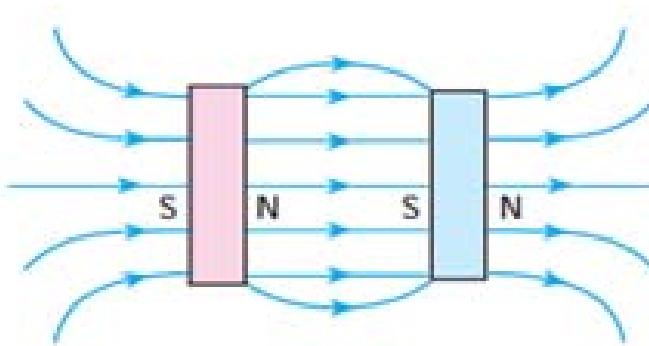
► اگر آهنربای دیگر یا قطب‌نماهای کوچکی را هر کجای میدان قرار دهیم، قطب‌های آن در **امتداد** میدان قرار می‌گیرند.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

میدان مغناطیسی یکنواخت

▶ هرگاه خطهای میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر **موازی** و هم فاصله باشند و بردار میدان مغناطیسی در همهی نقطه‌ها **بزرگی** و **جهت ثابتی** داشته باشد، آن را **میدان مغناطیسی یکنواخت** می‌گویند.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱

عقربه‌ی مغناطیسی چیست؟

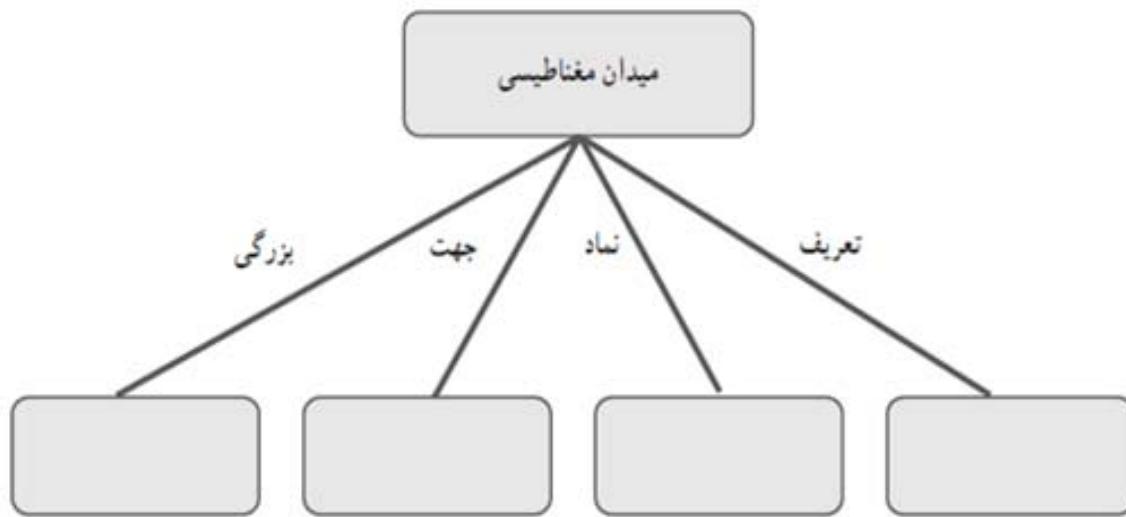
عقربه‌ی مغناطیسی یا قطب‌نما یک آهن‌ربای میله‌ای نسبتاً نازک و بلندی می‌باشد که بر روی پایه‌ای سوار است و می‌تواند آزادانه بر روی آن بچرخد و جهت تقریبی شمال را نشان می‌دهد (ناحیه‌ی خنثی نسبتاً بلندی دارد). هنگامی که عقربه‌ی مغناطیسی را در میدان مغناطیسی زمین قرار دهیم، یک قطب آن به طرف شمال و قطب دیگر آن به طرف جنوب قرار می‌گیرد قطبی که به سوی شمال تمایل دارد، (شمال‌گرا) قطب N و قطبی که به سوی جنوب تمایل دارد (جنوب‌گرا) قطب S می‌نامند. چنان‌چه یک عقربه‌ی مغناطیسی را در کنار یکی از قطب‌های آهن‌ربا قرار دهیم، قطب‌های ناهم‌نام آهن‌ربا و عقربه‌ی مغناطیسی در کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند.

مثال ۱؛ جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۲

نقشه‌ی مفهومی زیر را کامل کنید.



مثال ۲؛ جزوه فصل چهارم

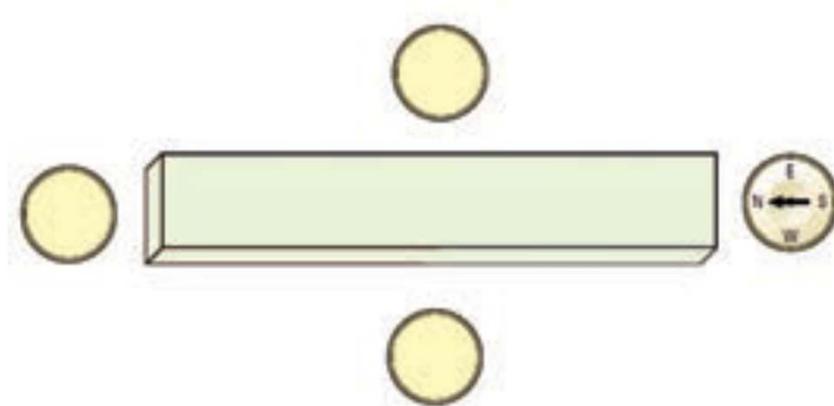
تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

پرسش

شکل رو به رو یک آهنربای میله‌ای و چهار عقربه‌ی مغناطیسی را نشان می‌دهد که جهت‌گیری یکی از آن‌ها مشخص شده است.

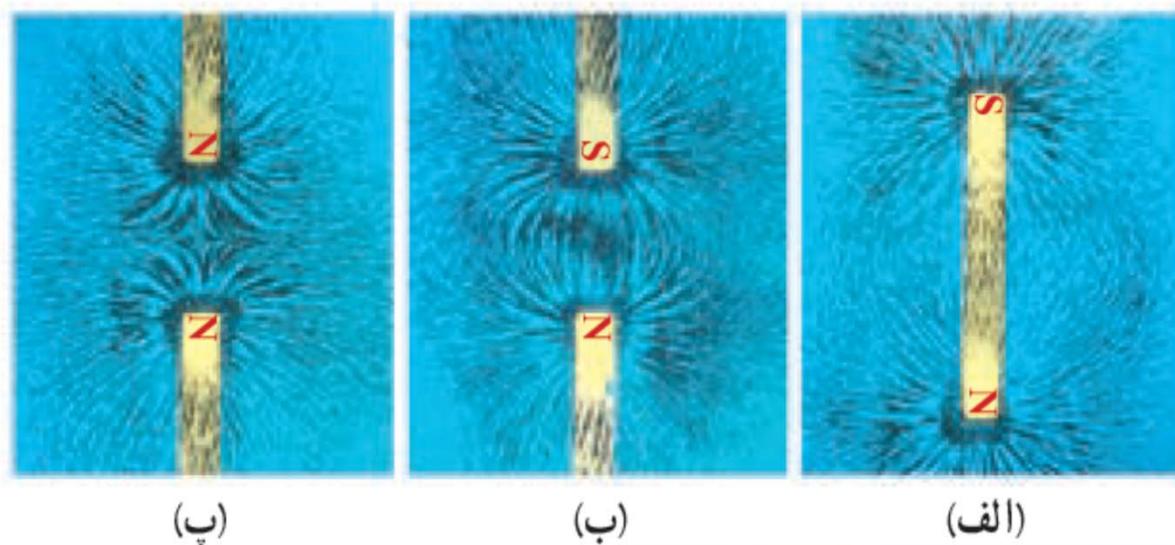
الف) کدام سر آهنربا قطب S و کدام سر قطب N است؟

ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در نقطه‌های A ؛ B و C تعیین کنید.



آزمایش(مشاهدهی طرح خط های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهی آهن)

وسیله‌های آزمایش: آهنربای میله‌ای (دو عدد)، برادهی آهن، یک ورقه‌ی شیشه‌ای یا مقوایی، نمکپاش (یا وسیله‌ی دیگری برای پاشیدن برادهی آهن)



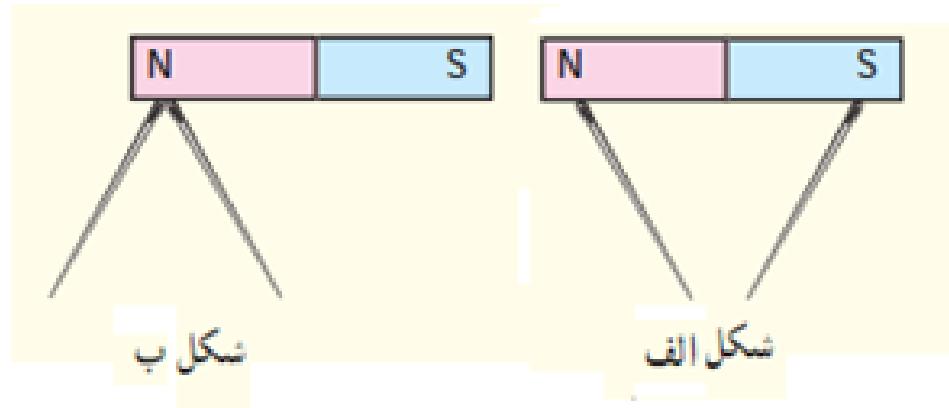
آزمایش(مشاهدهی طرح خط های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهی آهن)

شرح آزمایش:

- ۱- یکی از آهنرباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحه‌ی شیشه‌ای (یا مقوای) را روی آن بگذارید.
- ۲- به کمک نمکپاش برادهی آهن را به‌طور یکنواخت به ضخامت خیلی کم روی شیشه بپاشید.
- ۳- چند ضربه‌ی آرام به صفحه‌ی شیشه‌ای بزنید تا براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند.
طرحی که روی صفحه‌ی شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).
- ۴- مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به ترتیب: قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آن‌ها به یک‌دیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).

مثال ۳

علت قرار گرفتن سوزن‌ها در شکل‌های زیر را توضیح دهید.

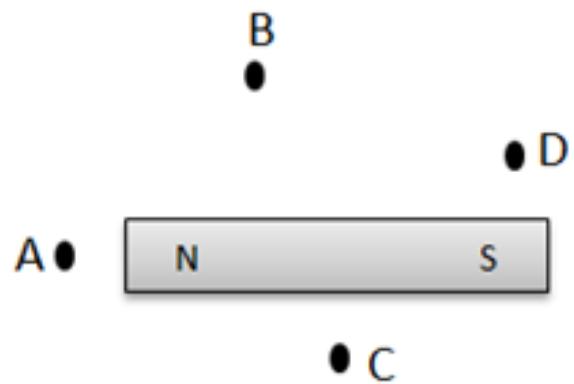


مثال ۳؛ جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۴

جهت عقربه‌ی مغناطیسی را نقاط داده شده رسم کنید.

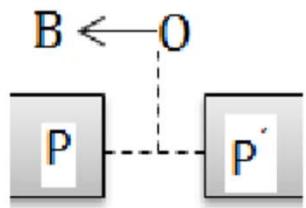


مثال ۴؛ جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۵

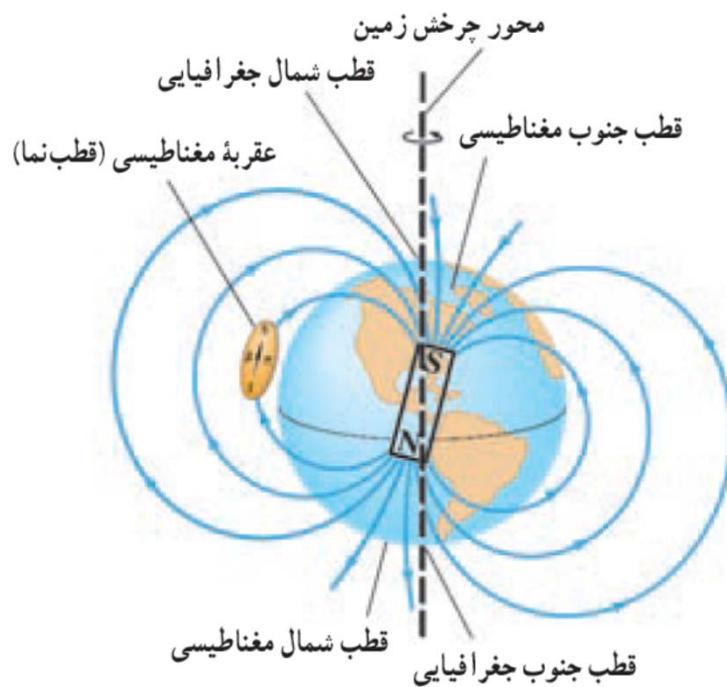
دو قطب از دو آهنربای تیغه‌ای هستند. اگر میدان مغناطیسی در نقطه‌ی O روی عمود منصف P و P' صورت بردار \overrightarrow{OB} باشد، تعیین کنید P و P' چه قطب‌هایی از آهنرباهای می‌باشد.



مثال ۵؛ جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

زاویه میل مغناطیسی



► قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. در واقع، قطب‌های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله‌ی نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند. مثلًاً قطب جنوب مغناطیسی تقریباً در فاصله‌ی ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که عقربه‌ی مغناطیسی درجهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد. این انحراف وابسته به مکان را **میل مغناطیسی** می‌نامند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثالی از قطب‌نما



خرچنگ خاردار کارائیب در برابر میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است. این جاندار یک «**قطب‌نما**» مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال، جنوب، شرق و غرب را برایش امکان‌پذیر می‌کند. این خرچنگ همچنین می‌تواند تفاوت اندک در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت، در یافتن مسیر خود بهره بگیرد.



فیزیک ۳ رشته ریاضی؛ هفته دوم

میدان مغناطیسی

و

نیروهای مغناطیسی

سال تحصیلی ۹۵ - ۱۳۹۴

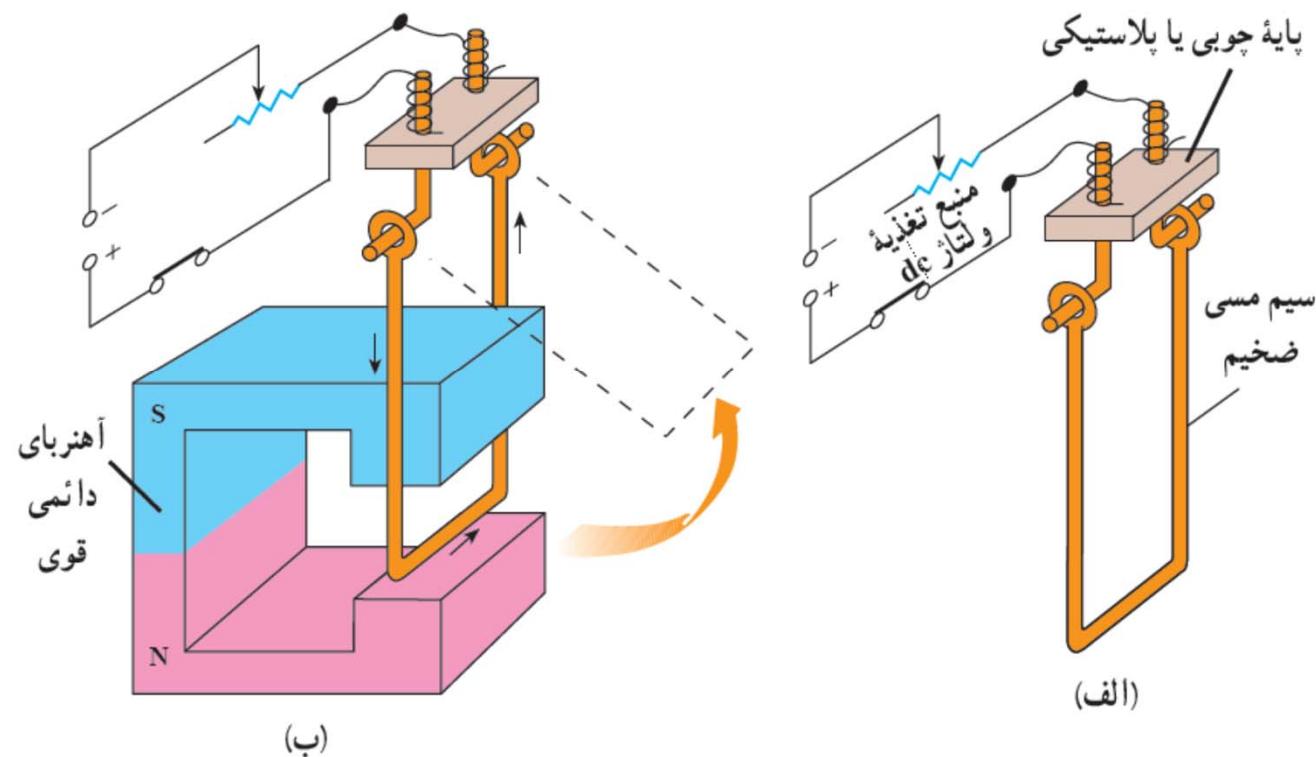
تهریه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

► بر سیمهای حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود، اندازه‌ی میدان مغناطیسی و یکای آن را می‌توان با استفاده از این اثر تعریف کرد.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

آزمایش



آزمایش ۴-۲، فصل چهارم؛ صفحه ۱۲۱

تهریه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

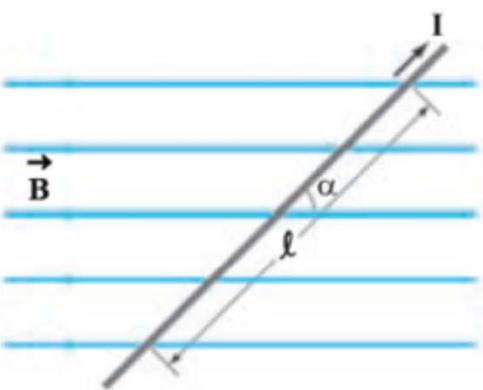
► اورستد (فیزیکدان دانمارکی) با انجام آزمایش‌هایی شبیه آزمایش قبل و اندازه‌گیری دقیق نیرویی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی وارد می‌شود، نشان داد:

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم
حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر
راستای سیم و نیز بر راستای میدان
مغناطیسی عمود است.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

در صورتی که یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی قرار گیرد از طرف میدان مغناطیسی بر سیم نیروی وارد می شود که با 4 عامل زیر نسبت مستقیم دارد:



✓ جریانی (برحسب آمپر) که از سیم می گذرد. ($F \propto I$)
✓ میدان مغناطیسی (برحسب تsla «T»). ($F \propto B$)

✓ سینوس زاویه‌ای که جریان با میدان مغناطیسی می‌سازد. ($F \propto \sin \alpha$)

✓ طول (برحسب متر) قسمتی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. ($F \propto l$)

با توجه به عوامل بالا برای محاسبه‌ی اندازه‌ی نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$F = ILB \sin \alpha$$

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

- ▶ هرگاه سیم به **موازات** میدان مغناطیسی باشد. راستای میدان مغناطیسی و جریان **یکسان** بوده ($\alpha = 0^\circ$) و به سیم حامل جریان نیرویی وارد **نمی‌شود**.
- ▶ هرگاه سیم **عمود** بر میدان مغناطیسی باشد. راستای میدان مغناطیسی **عمود** بر راستای جریان می‌باشد ($\alpha = 90^\circ$) به سیم حامل جریان **بیشترین** نیرو وارد می‌شود ($\sin \alpha = 1$) می‌باشد.

$$F_{max} = IlB$$

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

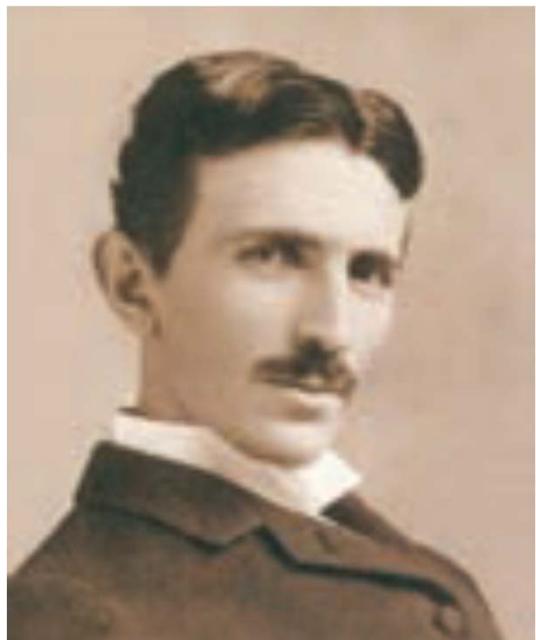
تعريف تсла، يکای میدان مغناطیسی

- ▶ برای تعريف يکای میدان مغناطیسی از رابطه‌ی $B = \frac{F_{max}}{IL}$ استفاده نام دارد.
- ▶ بنا بر تعريف:

يک تsla بزرگی میدان مغناطیسی است که در آن بر يک متر از سیمی که حامل جریان الکتریکی به شدت يک آمپر است و در راستای عمود بر میدان قرار دارد نیرویی به بزرگی يک نیوتون وارد شود.

$$\frac{\text{نيوتون}}{(\text{امتار})(\text{آمپر})} = \text{تسلا}$$

نیکلا تsla

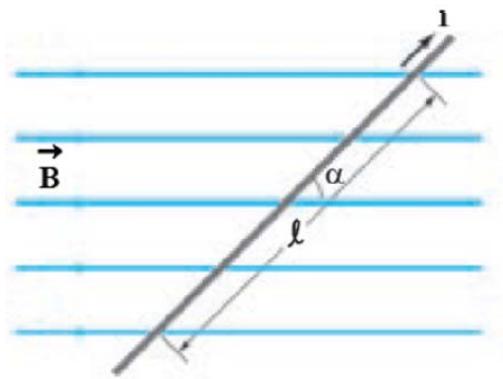


▶ نیکلا تsla (۱۸۵۶ - ۱۹۴۳) در کرواسی به دنیا آمد. بعداً او به آمریکا مهاجرت و مدتی با ادیسون همکاری کرد. ادیسون همواره با جریان مستقیم dc کار می‌کرد، با این وجود وی کار کردن با جریان متناوب ac و با ولتاژهای بسیار بالا را عملی ساخت. تsla از این‌که جریان متناوب برای اولین بار در صندلی الکتریکی به منظور اعدام مورد استفاده قرار گرفت شدیداً ناراحت بود. وی همچنین طراح تولید برق در آبشار نیاگارا بود. به پاس خدمات وی، یکای میدان مغناطیسی در SI را با تsla نشان می‌دهند.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

پرسش

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



گاؤس، یکای دیگر میدان مغناطیسی

▶ تsla یکای بزرگی است در کاربردهای عملی از یکای کوچکتری استفاده می‌کنند که گاؤس نام دارد و با نماد G نمایش داده می‌شود.

$$1 T = 10^4 G$$

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

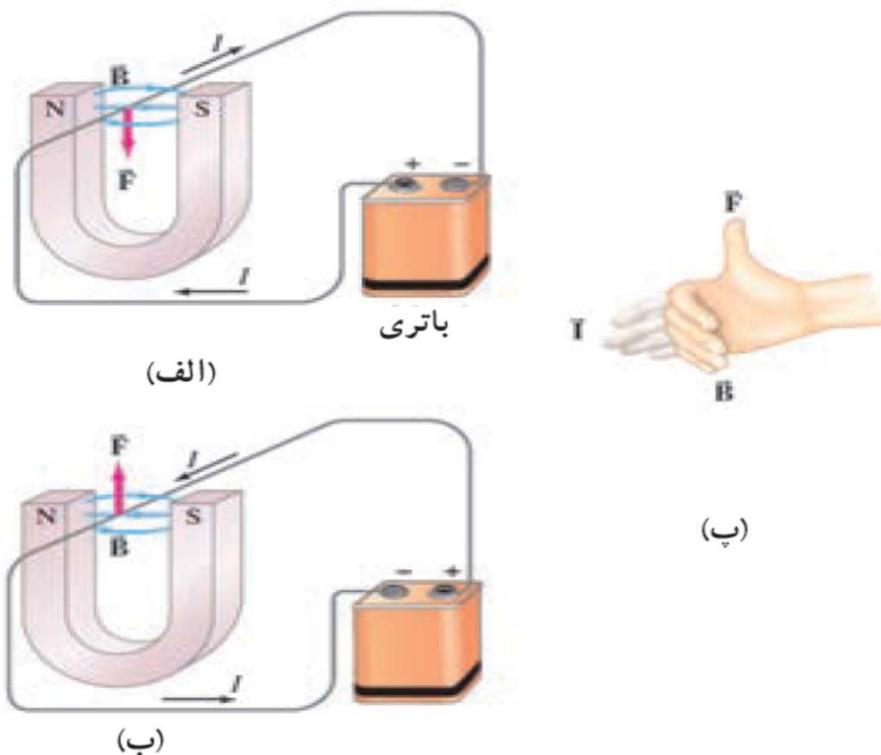
کارل فریدریش گاؤس



▶ کارل فریدریش گاؤس (۱۷۷۷ - ۱۸۵۵)، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدیر رصدخانه‌ی گوتینگن بوده است. گاؤس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریه‌ی اعداد است. او به انجام محاسبه‌های بی‌اندازه بفرنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازه‌ای برای محاسبه در مکانیک سماوی به‌دست آورد. گاؤس روی پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در مبحث الکتریسیته وجود دارد.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی



برای تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان از **قاعده‌ی دست راست** استفاده می‌کنیم. بر طبق این قاعده، اگر دست راست خود را باز نگه داریم و چهار انگشت دست راست خود را در جهت جریان بگیریم به‌طوری‌که اگر انگشتان خود را خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد در این صورت، انگشت شست شما جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان را نشان خواهد داد (و یا کف دست راست به سمت میدان خواهد رفت).

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

► اگر برداری از صفحه به بیرون حرکت کند می‌گویند بردار برون‌سو می‌باشد و آن را با علامت زیر نشان می‌دهند.



► در صورتی که بردار به طرف درون صفحه حرکت کند می‌گویند بردار درون‌سو است. آن را با علامت زیر نشان می‌دهند.



تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی به بزرگی $4mT / ۰$ در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویه ۳۰° می‌سازد. اگر جریان در سیم پنج آمپر باشد، **نیروی مغناطیسی** وارد بر یک متر از این سیم را محاسبه کنید.

مثال ۱-۴، فصل چهارم؛ صفحه ۱۲۳

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

پرسش

سیم افقی مستقیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن از شمال به جنوب است، قرار دارد. جهت **نیروی مغناطیسی** وارد بر سیم را تعیین کنید:

الف) اگر سیم در راستای **شمال** **جنوب** و **جریان** آن از شمال به جنوب باشد.

ب) اگر سیم در راستای **شرق** **غرب** و **جریان** آن از غرب به شرق باشد.

تمرین

در قسمتی از دیوار خانه‌ای، یک سیم مستقیم $2/5$ متری قرار دارد که در لحظه‌های معینی، حامل جریان $1/5A$ از شرق به غرب است. بزرگی میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $55/0$ گاوس و جهت آن از جنوب به شمال است. **نیروی مغناطیسی** وارد بر این سیم، با توجه به شرایط ذکر شده، چه قدر است؟

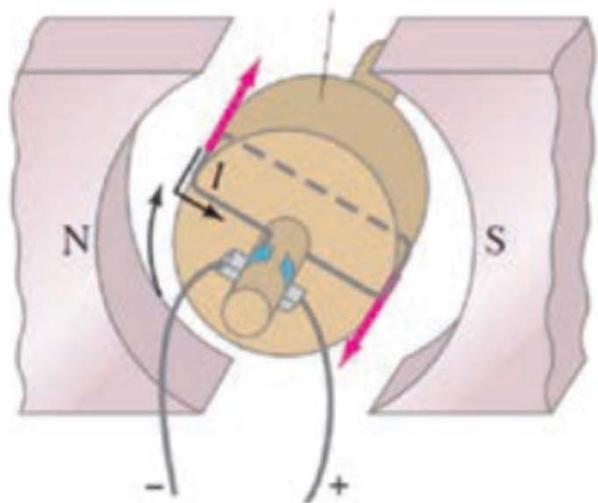
تمرین ۱-۴، فصل چهارم؛ صفحه ۱۲۴

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

فعالیت

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان **نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی** را اندازه‌گیری کرد.

طرز کار گالوانومتر



- گالوانومتر وسیله‌ای است که با آن جریان‌های الکتریکی بسیار کوچک را اندازه می‌گیرند.
- امروزه وسیله‌های اندازه‌گیری معمولاً عقربه‌ای یا رقمی (دیجیتالی) هستند.
- هر گالوانومتر قابی دارد که دور آن سیم پیچیده شده است. این قاب در یک میدان مغناطیسی دائمی قوی قرار دارد. وقتی جریان از این پیچه می‌گذرد، میدان مغناطیسی با وارد کردن نیرو به قاب، آن را می‌چرخاند و عقربه‌ی متصل به قاب منحرف می‌شود.
- هر قدر جریان **بزرگ‌تر** شود، چرخش پیچه و انحراف عقربه **بیشتر** خواهد شد.
- اگر جهت جریان **وارون** شود، جهت چرخش پیچه و انحراف عقربه **نیز وارون** خواهد شد.

میدان‌های مغناطیسی بدن



- تمام یاخته‌های زنده بدن انسان به‌طور الکتریکی فعال‌اند. جریان‌های الکتریکی ضعیف در بدن، **میدان‌های مغناطیسی ضعیف** ولی قابل اندازه‌گیری تولید می‌کنند.
- اندازه میدان‌های حاصل از **عضله‌های اسکلتی** کوچک‌تر از $10^{-10} T$ ، یعنی در حدود یک میلیونیم میدان مغناطیسی زمین است. میدان‌های مغناطیسی حاصل از **مغز** بسیار ضعیفتر و در حدود $10^{-12} T$ هستند.
- برای اندازه‌گیری آن‌ها باید **مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس** به کار برد.
- در حال حاضر، چنین مغناطیس‌سنج‌هایی به نام **اسکویید** ساخته شده‌اند.

Superconducting Quantum Interference Devie

مثال ۲

از سیمی به طول ۱ متر جریانی به شدت ۸ آمپر می‌گذرد این سیم در میدان مغناطیسی به بزرگی ۲ تесلا قرار دارد و به آن نیرویی برابر ۸ نیوتون وارد می‌شود. **زاویه‌ی** بین سیم و امتداد خط‌های میدان چند درجه است.

مثال ۶، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۳

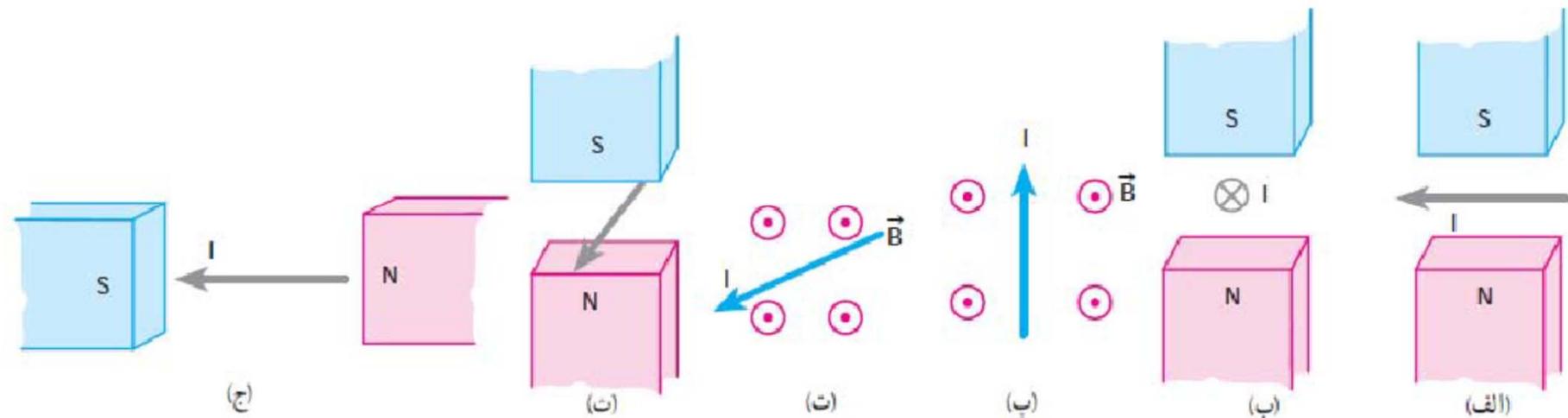
سیم راستی به طول 50 سانتی‌متری در یک میدان مغناطیسی یکنواخت تحت زاویه‌ی 30 درجه نسبت به خط‌های میدان قرار داده شده است. وقتی از سیم جریانی به شدت 2 آمپر می‌گذرد، نیرویی برابر $N = 10 \times 4$ آن می‌شود. تعیین کنید شدت میدان مغناطیسی چه قدر است.

مثال ۷، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۴

در هر یک از شکل‌های زیر **جهت نیروی** وارد بر سیم حامل جریان را رسم کنید.



مثال ۸، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۵

سیمی عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B} = \frac{3}{4}\hat{i} + \frac{1}{4}\hat{j}$ تسلای قرار دارد. اگر از سیم شدت جریان ۵ آمپر عبور کند، نیروی وارد بر 10 cm آن چند نیوتون خواهد بود.

مثال ۹، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

► اگر سیمی به جرم m در میدان مغناطیسی به بزرگی B قرار داشته باشد و بخواهیم جریان I از آن عبور کند به گونه‌ای که برآیند نیروهای وارد بر آن **صفر** شود باید نیروی میدان مغناطیسی **هماندازه** و **خلف جهت نیروی وزن (روبه بالا)** باشد

$$F = W = ILB \sin \alpha = mg$$

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

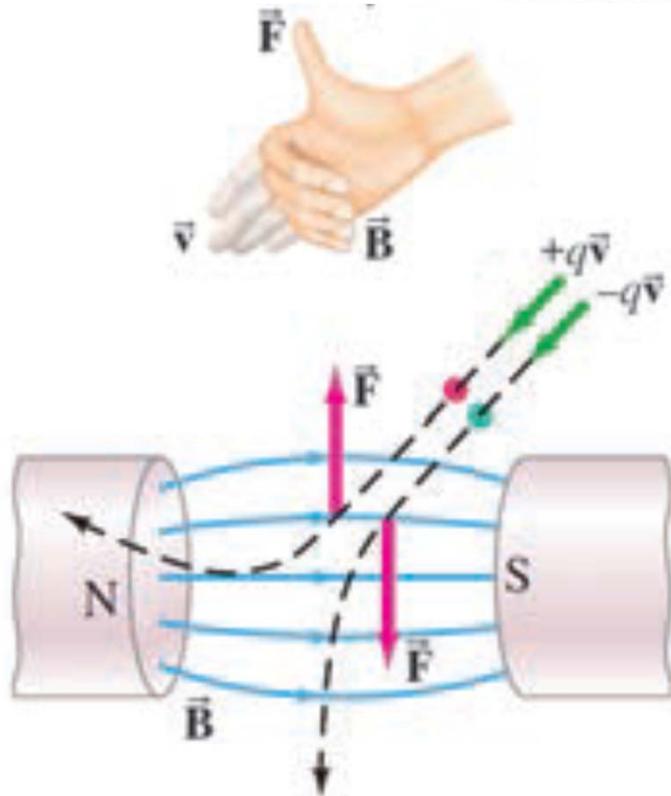
مثال ۶ (شهریور ۹۰)

سیم رسانای CD به طول 20 cm و 20 g به صورت افقی و عمود بر میدان مغناطیسی طوری قرار گرفته است که نیروی وزن آن با نیروی الکترومغناطیسی طوری قرار گرفته است که نیروی وزن آن با نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم خنشی می‌شود. اگر بزرگی میدان مغناطیسی $5/0$ تсла باشد، **جهت و اندازهٔ جریان عبوری** را تعیین کنید.

مثال ۱۰، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی



▶ نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی، در واقع بر بارهای متحرکی وارد می‌شود که در سیم جریان الکتریکی را به وجود می‌آورند. آزمایش نشان می‌دهد که اگر ذرهی باردار q با سرعت \vec{v} در میدان مغناطیسی \vec{B} حرکت کند، (به شرط آن که جهت 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.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی

- نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی با α^4 عامل زیر نسبت مستقیم دارد:
 - ✓ بار الکتریکی. ($F \alpha q$)
 - ✓ سرعت حرکت بار الکتریکی. ($F \alpha V$)
 - ✓ میدان مغناطیسی. ($F \alpha B$)
 - ✓ سینوس زاویه‌ای که جهت حرکت بار الکتریکی (یعنی بردار ∇ با میدان مغناطیسی می‌سازد). ($F \alpha \sin \alpha$)

با توجه به عوامل بالا برای محاسبه اندازه‌ی نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$F = qVB \sin \alpha$$

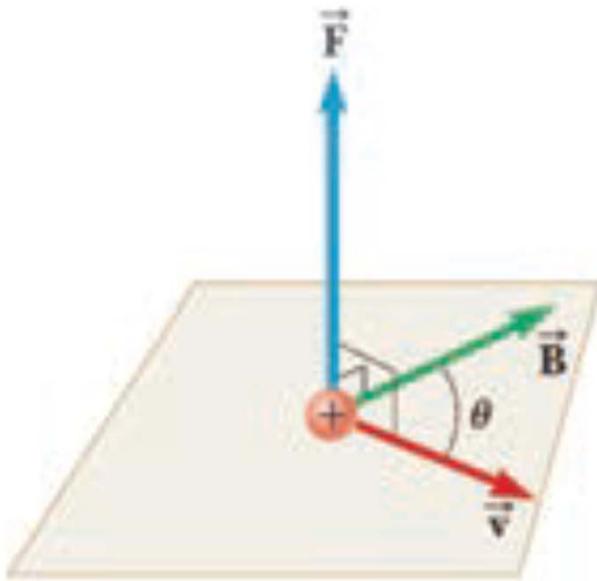
تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی

- ▶ هرگاه ذرهی باردار به **موازات** میدان مغناطیسی حرکت کند. راستای میدان مغناطیسی و جهت حرکت بار **یکسان** بوده ($\alpha = 0^\circ$) و به ذرهی باردار نیرویی وارد **نمی‌شود**.
- ▶ هرگاه جهت حرکت ذرهی باردار **عمود** بر میدان مغناطیسی باشد. ($\alpha = 90^\circ$) به ذرهی باردار **بیشترین** نیرو وارد می‌شود ($\sin \alpha = 1$).

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

تعیین جهت نیروی وارد بر ذرهی باردار مثبت متحرک در میدان مغناطیسی



▶ برای تعیین جهت نیروی وارد بر ذرهی باردار مثبت متحرک از **قاعدهی دست راست** استفاده می‌کنیم. بر طبق این قاعده، اگر دست راست خود را باز نگه داریم و **چهار انگشت دست راست** خود را در جهت حرکت ذره بگیریم به‌طوری‌که اگر انگشتان خود را خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد در این صورت، **انگشت شست شما** جهت نیروی وارد بر ذرهی باردار مثبت را نشان خواهد داد (و یا کف دست راست به سمت میدان خواهد رفت).

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی

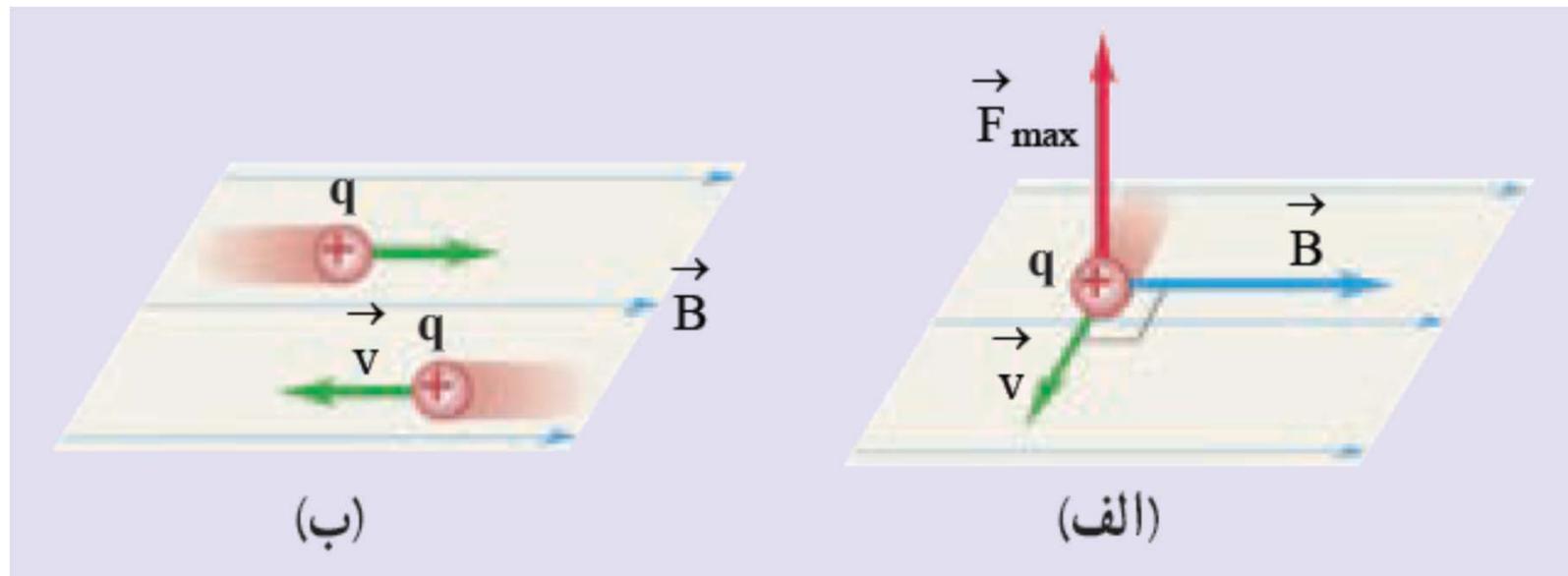
► اگر بار الکتریکی **منفی** باشد نیرو در **خلاف جهت** نیروی وارد بر بار مثبت خواهد بود.

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی



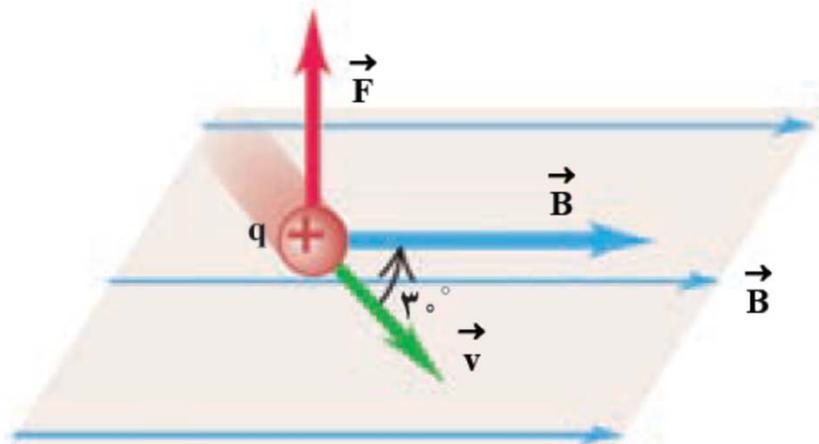
پرسش

با توجه به رابطه‌ی $F = qVB \sin \theta$ دریافت خود را از شکل‌های الف و ب به‌طور جداگانه بیان کنید.



مثال ۷

ذرهای با بار $4\mu C^+$ و با سرعت $10^3 \times 2 m/s$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $100 G$ زاویه 30° می‌سازد. **بزرگی نیروی مغناطیسی** وارد بر این ذره را محاسبه کنید.



مثال ۲-۴، فصل چهارم؛ صفحه ۱۲۷

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

تمرین

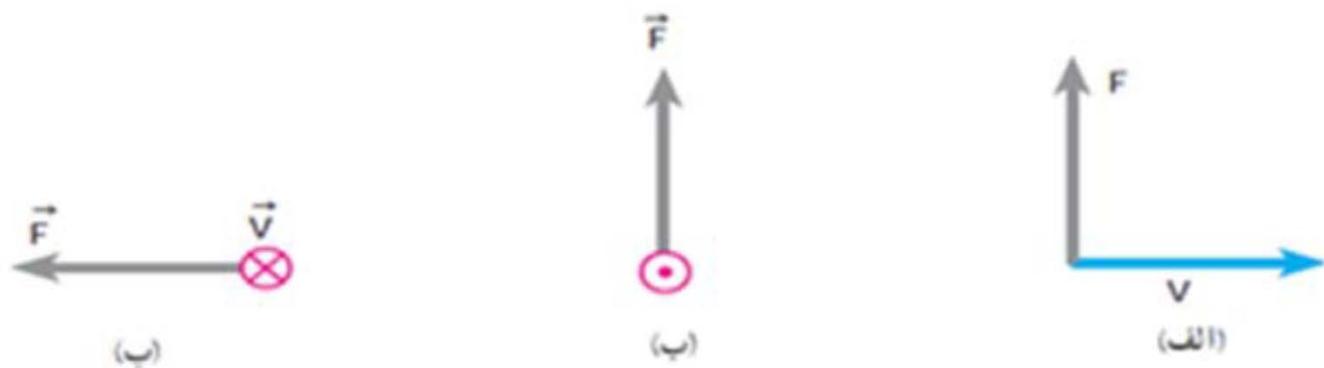
بر الکترونی $10^{-19} \times 1/6$ - که با زاویهی 60° نسبت به یک میدان مغناطیسی به بزرگی $35G$ حرکت می‌کند، نیروی مغناطیسی به بزرگی $10^{-15} \times 4/6$ وارد می‌شود. **بزرگی سرعت** این الکترون چه قدر است؟

تمرین ۴-۲، فصل چهارم؛ صفحه ۱۲۷

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۷

در شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر الکترون را نشان می‌دهد. **جهت میدان مغناطیسی** را تعیین کنید.

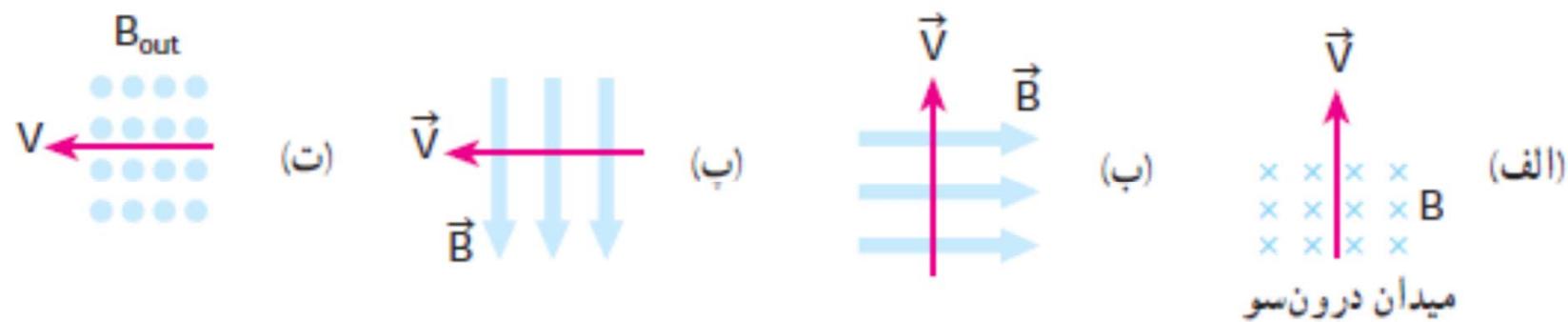


مثال ۱۱، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۸

نیروی الکترومغناطیسی وارد بر پروتونی که در میدان مغناطیسی عبور می‌کند را در شکل‌های زیر تعیین کنید.



مثال ۱۲، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۹

ذره‌ای با بار الکتریکی $C = 10^{-15}$ و جرم $kg = 2 \times 10^{-2}$ با سرعت $m/s = 2 \times 10^6$ وارد میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $T = 10^{-15}$ می‌شود. در صورتی که تنها نیروی وارد بر ذره، از طرف میدان مغناطیسی باشد:

الف) بیشترین نیروی وارد بر ذره را حساب کنید.

ب) شتاب ذره را به دست آورید.

مثال ۱۳، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱۰

ذره‌ای باردار متحرکی که راستای حرکت آن با راستای خطهای میدان زاویه‌ی α را می‌سازد با سرعت 100 m/s و بار $2 \times 10^{-6} \text{ کولن}$ وارد میدانی به بزرگی $mT/8$ می‌شود. اگر نیروی وارد بر آن برابر باشد α چه قدر است.

مثال ۱۴، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱۱

الکترونی با سرعت V وارد میدان الکتریکی یکنواخت به شدت E و میدان مغناطیسی B می‌شود که بر هم عمودند. در چه صورتی الکترون می‌تواند مستقیم حرکت کند.

مثال ۱۵، جزوه فصل چهارم

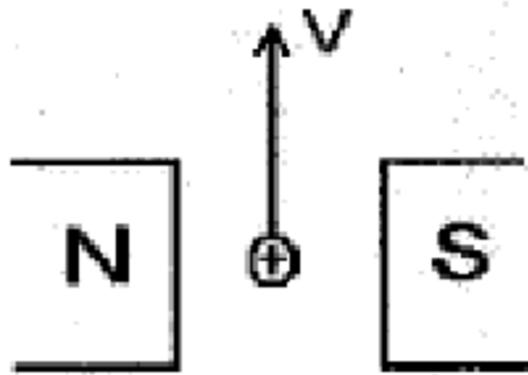
تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱۲ (شهریور ۹۰)

مطابق شکل ذره‌ای با بار الکتریکی $4\mu C$ و با سرعت $10^2 m/s$ در راستای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت G در حرکت است.

(الف) بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره چند نیوتون است.

(ب) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را با رسم شکل نشان دهید.

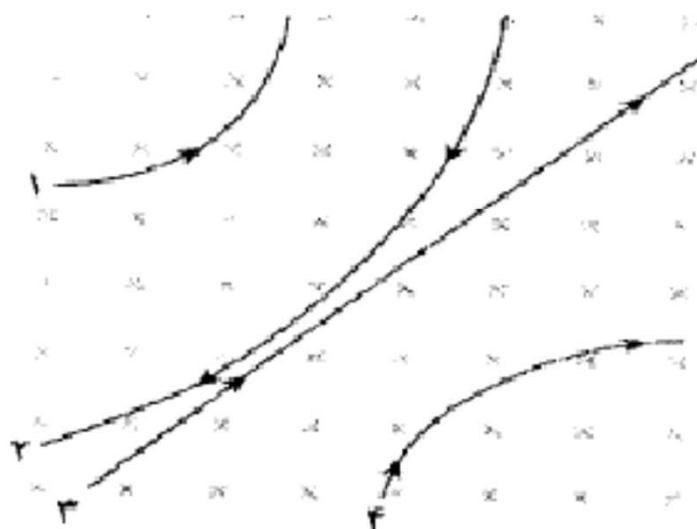


مثال ۱۶، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

مثال ۱۳ (خرداد ۹۰)

چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو، مسیرهایی مطابق شکل را می‌پیمایند، **نوع** بار هر ذره را مشخص کنید.



مثال ۱۷، جزوه فصل چهارم

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

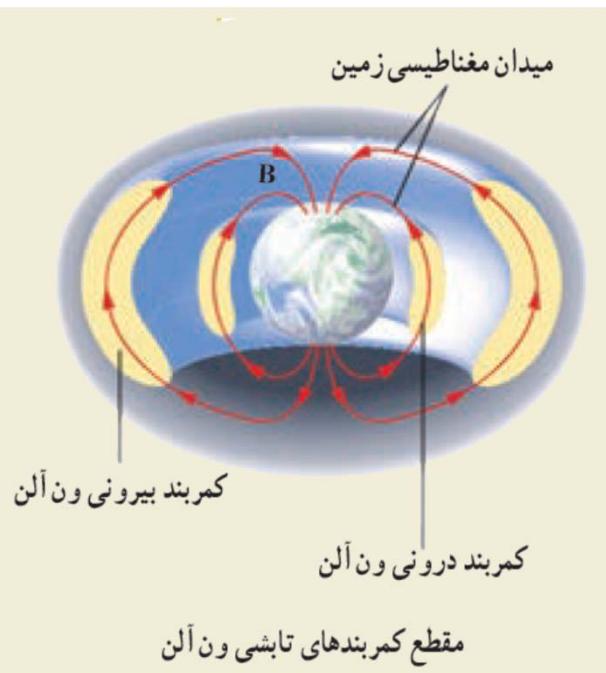
نیروی وارد بر ذرهی باردار متحرک در میدان مغناطیسی

► اگر یک ذرهی باردار به جرم m در میدان مغناطیسی به بزرگی B بدون انحراف عبور کند به گونه‌ای که برآیند نیروهای وارد بر آن **صفر** شود باید نیروی میدان مغناطیسی **هماندازه** و **خلاف جهت نیروی وزن (روبه بالا)** باشد.

$$F = W = qVB \sin \alpha = mg$$

تهیه و تنظیم: رضا اخلاقی

کمربند ون آلن



► در بیرون از جو زمین، ذره‌های باردار بسیاری با سرعت‌های فوق العاده زیادی در حرکت‌اند. این ذره‌های سریع را که معمولاً از جنس پروتون، هسته‌ی اتم هلیوم (ذره‌ی آلفا) و الکترون هستند **پرتوهای کیهانی** می‌نامند. این پرتوها علاوه بر فضانوردان، برای سامانه‌های الکترونیکی واقع در فضا نیز خطرناک‌اند. خوشبختانه بیشتر این پرتوهای باردار توسط میدان مغناطیسی زمین منحرف می‌شوند و مانع از آسیب‌رسانی به موجودات و سامانه‌های روی زمین می‌شود. ذرات بارداری که در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتد، **کمربندهای تابشی ون آلن** را تشکیل می‌دهند. این کمربندها که دو حلقه‌ی کلوچه مانند میان تهی را در اطراف زمین تشکیل می‌دهند، ون آلن در سال ۱۹۵۸ میلادی از داده‌های گردآوری شده توسط ماهواره‌ی اکسپلور I کشف کرد و به افتخار او نام‌گذاری شده‌اند. فضانوردان در فاصله‌های ایمن بسیار پایین‌تر از این کمربندهای تابشی دور زمین می‌گردند.

شفق قطبی



▶ توفان‌های خورشیدی، ذره‌های باردار را به صورت فواره‌های عظیمی پرتاب می‌کنند که بسیاری از آن‌ها از نزدیکی زمین می‌گذرند و در میدان مغناطیسی آن به دام می‌افتدند. **شفق قطبی**(نورهای شمالی) پدیده‌ی زیبایی است که براثر برخورد ذره‌های باردار موجود در کمربند ون آلن با مولکول‌های جو زمین به وجود می‌آید. در نیمکره‌ی جنوبی این پدیده **شفق جنوبی** نامیده می‌شود.