



۳

مغناطیس و
القای الکترومغناطیسی

وقتی کارت بانکی درون دستگاه کارت خوان «کشیده» می‌شود، اطلاعات رمزینده شده در نواری مغناطیسی پشت کارت، به مرکز اطلاعات بانک ارسال می‌شود. چرا به جای ثابت نگه داشتن کارت در شکاف دستگاه کارت خوان، لازم است آن را بکشیم؟ پاسخ در همین فصل.



مبحث ۱:

مقدمات مغناطیس و یادآوری های گذشته

امید برزوئی

تاریخچه ای سریع از روند پیشرفت الکتریسیته و مغناطیس

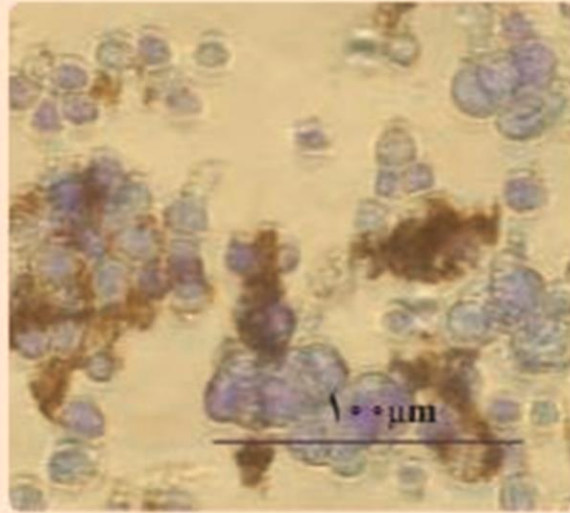
فصل ۳

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه های مختلف زندگی بشر، رشدی روزافزون دارد. فراتر از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط هایی انجام می گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه های سنتی شده است، با وجود این، ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش ها به محیط های مغناطیسی وابسته است. مغناطیس و آهنرباها همچنین در بلندگوها، گوشی های تلفن همراه، رایانه ها، کارت های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال ها، و اغلب سامانه های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری ها به کمک دستگاه هایی از قبیل ام آر آی (MRI)، بهره فراوانی از مغناطیس و آثار آن می برد.



شکل ۳-۱ سنگ آهنربای طبیعی. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می شود، ماده کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که ویژگی آهنربایی دارد می شناخت.

فناوری و کاربرد: نانو ذره های مغناطیسی برای درمان



لکه های تیره در تصویر میکروسکوپی روبه رو، یاخته های سرطانی اند 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 ذره های یک ماده مغناطیسی استفاده می شود که به بدن تزریق می شوند. این ذره ها با ماده شیمیایی خاصی پوشیده شده اند که به طور هدفمند به یاخته های سرطانی متصل می شوند. سپس با استفاده از یک آهنربا در بیرون از بدن بیمار، این ذره ها (که در شکل به رنگ قهوه ای نشان داده شده است) بیرون «رانده» می شوند و یاخته های سرطانی را با خود می برند.

شناوری مغناطیسی



۳-۱ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آثار مغناطیسی دست کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانيسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهنربای دائمی خوانده می‌شود (شکل ۳-۱). چینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳-۲).

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهنربایی را درون ظرف محتوی براده آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۲ از گذشته‌های دور، برای جهت‌یابی در دریانوردی از قطب‌نما استفاده می‌شده است.



مبحث ۲:

قطب های آهنربا و میدان مغناطیسی

امید برزوئی



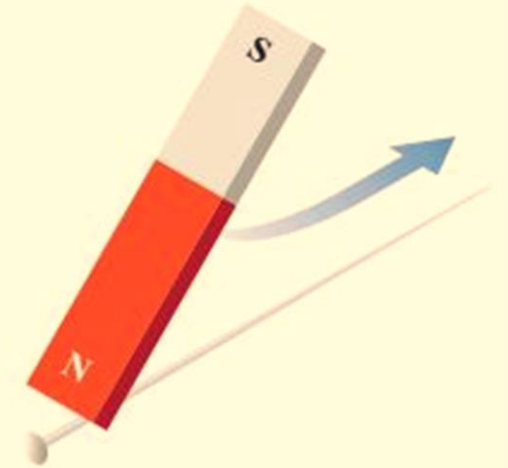
پیش ۳-۱

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



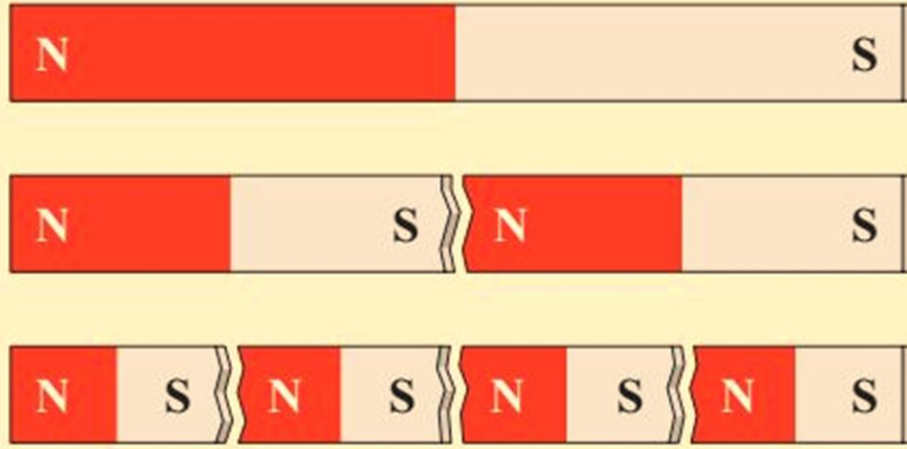
شکل ۳-۳ در آهنربا، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.

هنگامی که یک آهنربای دائمی برای چندین بار و در یک جهت به یک سوزن خیاطی یا سوزن ته‌گرد کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود (شکل ۳-۴). اگر این سوزن را به آرامی روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، یا آن را توسط ریسمانی از وسط آن بیاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب N و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند.



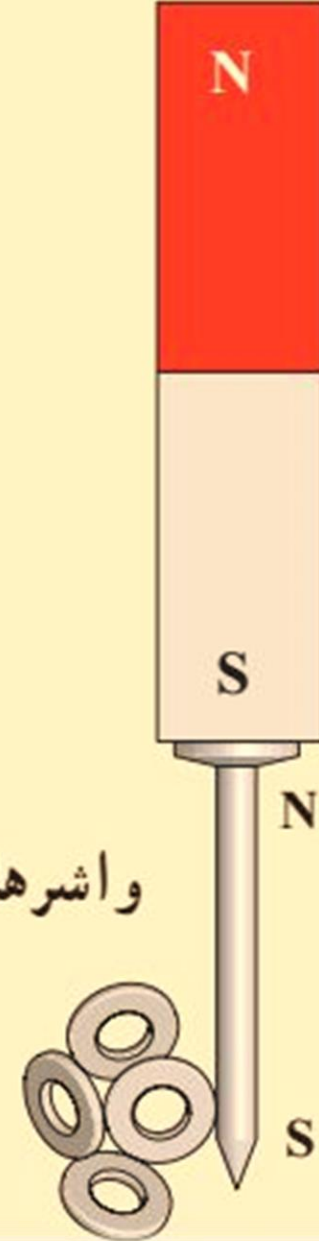
شکل ۳-۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهنربای دائمی را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد بکشید، سوزن برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

ممکن است مفهوم قطب‌های مغناطیسی به نظر، مشابه مفهوم بارهای الکتریکی باشد و قطب‌های شمال و جنوب، مشابه بارهای مثبت و منفی به نظر بیاید؛ ولی این مشابهت می‌تواند گمراه کننده باشد. بارهای مثبت و منفی مجزا وجود دارند، در حالی که هیچ گواه تجربی بر وجود تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد؛ قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.



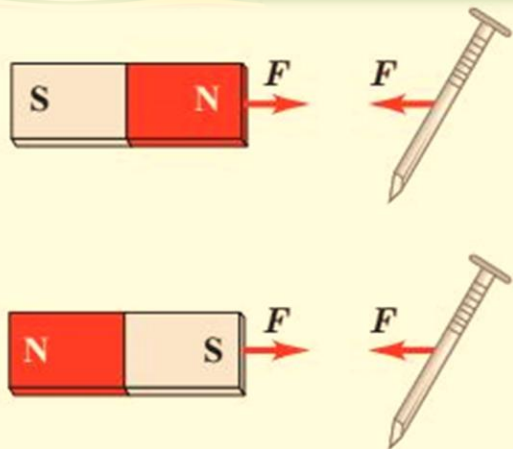
شکل (الف)

واشرهای آهنی



شکل (ب)

۲-۳ میدان مغناطیسی



هرگاه آهنربایی را به یک میخ آهنی نزدیک کنید می بینید که میخ به طرف آهنربا حرکت می کند و به سمت آن جذب می شود (شکل ۳-۵). مشابه آنچه درباره اجسام باردار دیدید، برای توجیه این پدیده می گوییم در فضای اطراف آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد که سبب جذب میخ شده است. میدان مغناطیسی نیز مانند میدان الکتریکی که در فصل ۱ با آن آشنا شدید، کمیتی برداری است و آن را با نماد $\vec{B}$ نمایش می دهیم.

شکل ۳-۵ در فضای اطراف آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد به طوری که هر جسم آهنی مانند میخ را به سوی خود جذب می کند.

در فصل اول علت جذب یا دفع بارهای الکتریکی ((از فاصله دور و بدون تماس)) را به خاصیتی که بارها در اطراف خود پراکنده اند با نام میدان الکتریکی نسبت دادیم که ویژگیهایی داشت و با خطوطی به نام خطهای میدان تجسم مناسبی را از آن ایجاد می کردیم.

اینجا نیز به علت ((جذب و دفع فاصله دار آهنرباها)) میدانی به نام میدان مغناطیسی در اطراف ((هر آهنربا)) یا ((هر جریان الکتریکی)) تصور میکنیم.

میدان مغناطیسی خاصیتی در ((اطراف آهنرباها)) یا ((جریانهای الکتریکی)) است که به خاطر این خاصیت می تواند بر آهنرباها یا سیمهای حامل جریان دیگر، نیرو وارد کند ((تعریف_کیفی میدان مغناطیسی))

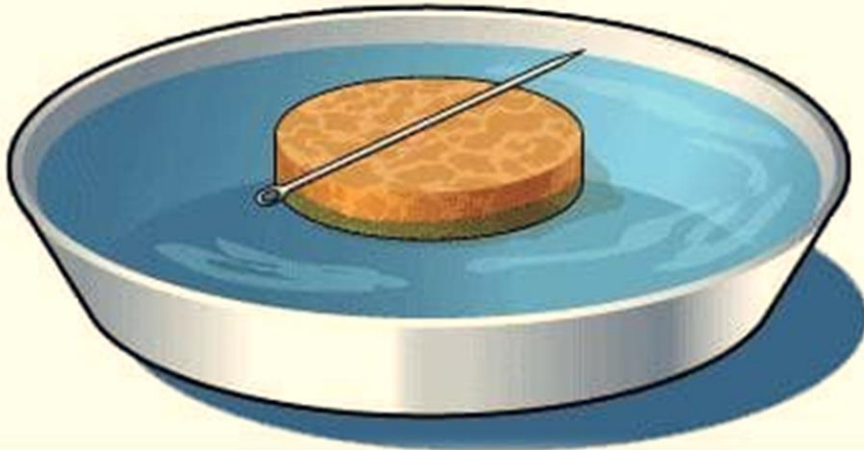


مبحث ۳: خطوط میدان مغناطیسی

امید برزوئی



جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا ، جهت عقربه مغناطیسی در آن نقطه است



انیمیشن ۱

انیمیشن ۲

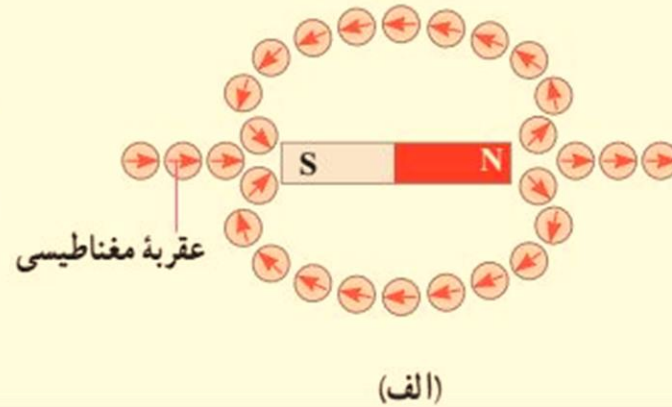
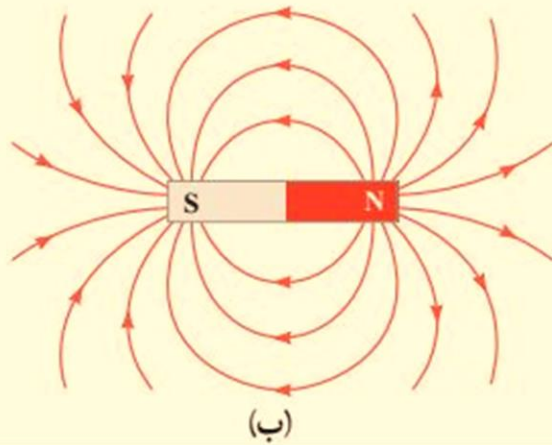
انیمیشن ۳

انیمیشن ۴

انیمیشن ۵



به کمک عقربه مغناطیسی می توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۳-۶ الف). بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار می گیرد، قطب N عقربه، آن جهت را نشان می دهد. با تعیین جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهنربا، می توان همان گونه که برای میدان الکتریکی انجام دادیم، خط های میدان مغناطیسی را رسم کنیم. شکل ۳-۶ ب خط های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله ای نشان می دهد. این خط ها از آهنربا می گذرند و هریک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می دهند. افزون بر اینها، خط های میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب ها به یکدیگر نزدیک ترند.



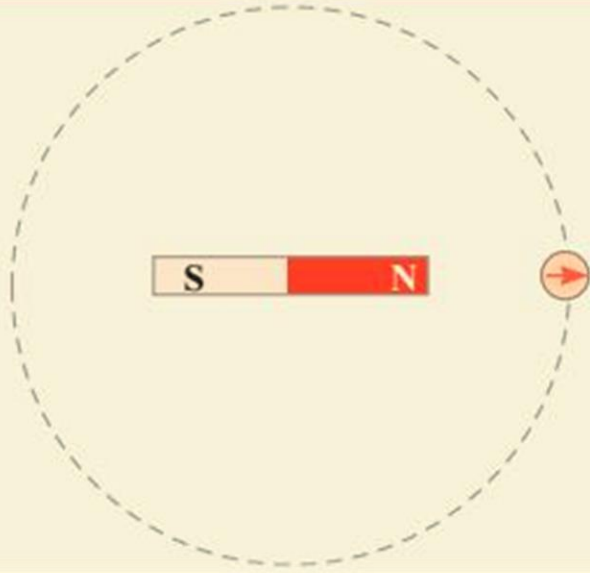
شکل ۳-۶ (الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی.
(ب) خط های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربه مغناطیسی اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می شوند. (در این شکل، خط های درون آهنربا نشان داده نشده است.)



مبحث ۴:

ویژگی های خطوط میدان مغناطیسی

امید برزوئی



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



خطهای میدان مغناطیسی تمام ویژگیهای خطهای میدان الکتریکی را دارند یعنی:

👉 در نواحی قوی تر میدان ، فشرده ترند.

👉 از N به S هستند.

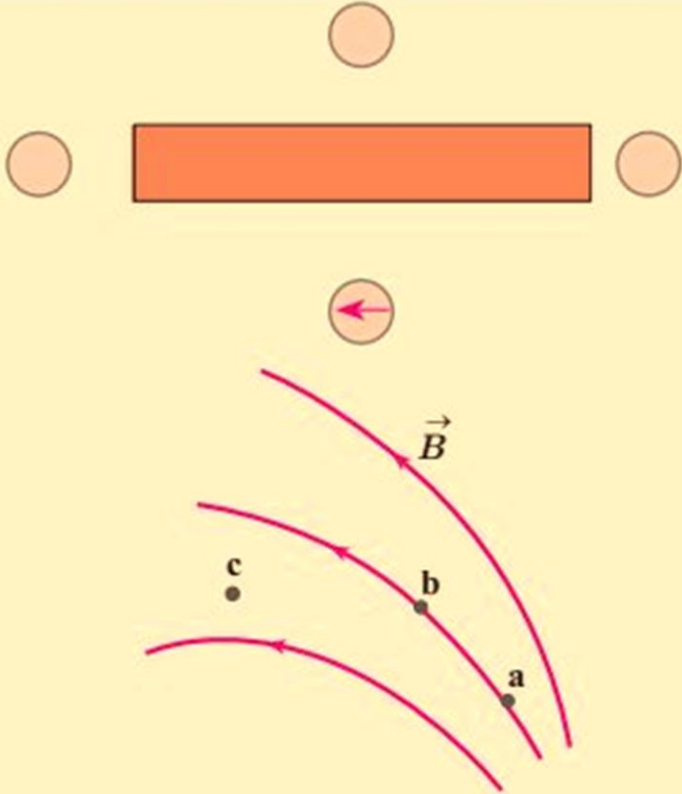
👉 در هر نقطه از این خطها ، بردار میدان مغناطیسی بر خط میدان گذرنده از آن محل مماس است.

👉 خطوط میدان مغناطیسی برآیند ، هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند

بعلاوه ی اینک:

👉 خطهای میدان مغناطیسی همواره مسیری بسته را تشکیل می دهند یعنی در بیرون آهنربا از N به S هستند و در درون آهنربا هم از S به N تداوم داشته و مسیری بسته دارند.

علت و دلیل مورد اخیر که در خطوط میدان الکتریکی الزامی نیست جدا نبودن قطبهای N و S در هیچ شرایطی است یعنی بر خلاف بارهای الکتریکی مثبت و منفی که جداگانه یافت می شوند ، قطبهای N و S هرگز جدا یافت نشده اند و اگر یک آهنربا را تا حد یک اتم هم خرد کنیم باز به اتمی می رسیم که یک سر N و یک سر S دارد یعنی تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد بنابراین خطهای میدان مغناطیسی مسیری بسته دارند که از N تا S در بیرون و در ادامه از S تا N در درون آهنربا تداوم دارد.



۱- شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربه مغناطیسی را نشان می‌دهد.

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

(ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.

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



آزمایش ۳-۱

هدف: مشاهده طرغ فطهای میدان مغناطیسی با استفاده از براده آهن

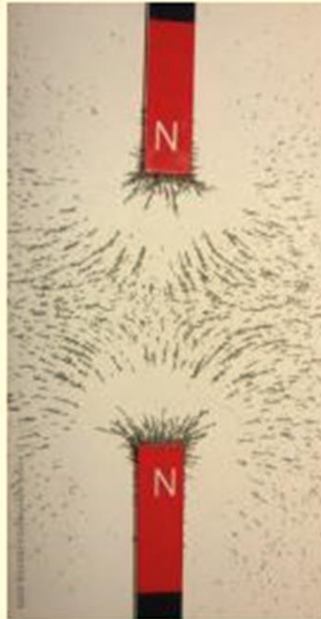
وسیلله‌های مورد نیاز: آهنربای میله‌ای (دو عدد)، براده آهن، یک ورقه شیشه‌ای یا مقوایی، نمک پاش (یا وسیله دیگری برای پاشیدن براده آهن) و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری)

شرح آزمایش:

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

• چند ضربه آرام به صفحه شیشه‌ای بزنید تا براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرخی که روی صفحه شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).

• مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به ترتیب: قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).



(الف)



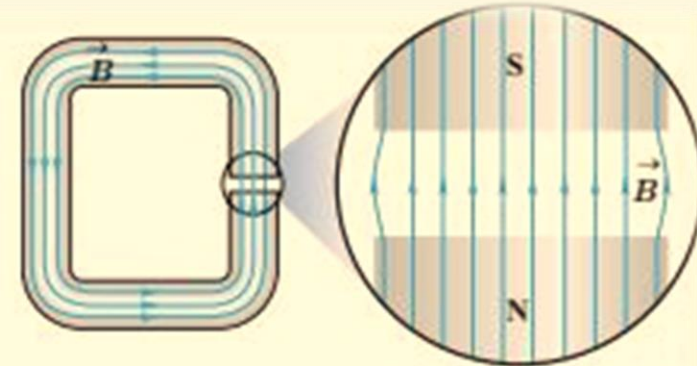
(ب)



(پ)

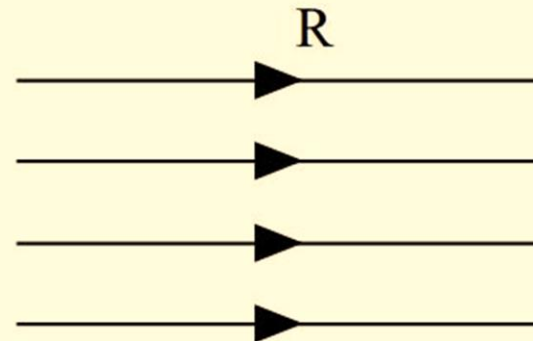


میدان مغناطیسی یکنواخت: هرگاه در نقاط مختلف ناحیه‌ای از فضا جهت و اندازه میدان مغناطیسی یکسان باشد، در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه یکنواخت می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت در ناحیه بزرگی از فضا بسیار دشوار و در عمل امکان‌ناپذیر است. با این وجود، می‌توان در ناحیه کوچکی از فضا، مانند ناحیه بین قطب‌های یک آهنربای C شکل^۱، میدان مغناطیسی یکنواخت ایجاد کرد (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸ میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل با تقریب خوبی یکنواخت است.

* میدان مغناطیسی یکنواخت میدانی است که خطوط میدانی موازی و هم فاصله دارد. در چنین میدانی نقاط مختلف اندازه و جهت یکسانی دارد.



میدان مغناطیسی یکنواخت

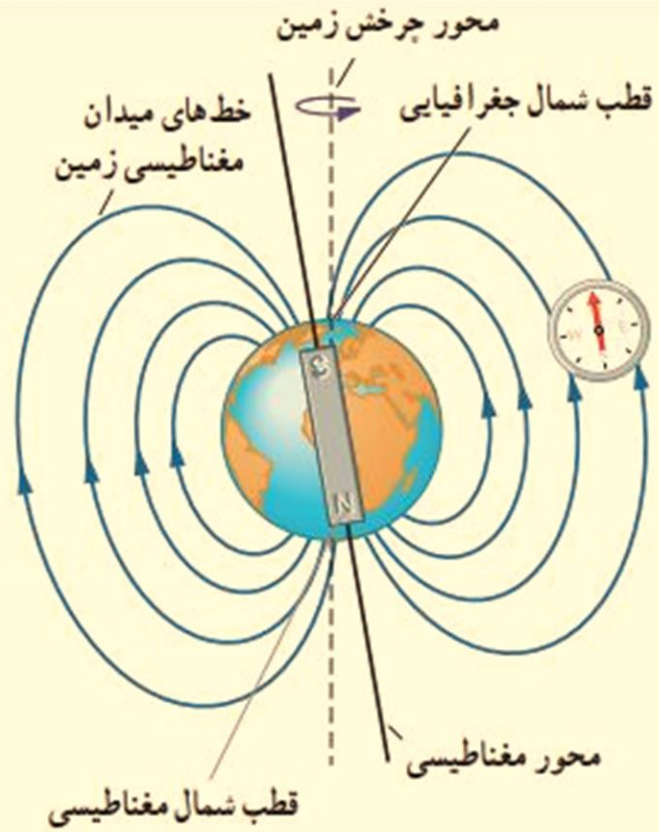
در عمل همانطور که از خازن تخت برای تولید میدان الکتریکی یکنواخت استفاده می‌شود برای تولید میدان مغناطیسی یکنواخت از سیملوله‌ها استفاده می‌شود.



مبحث ۵:

گُرهِ زمین ، یک آهنربای بزرگ

امید برزوئی



شکل ۳-۷ طرح ساده‌ای از میدان مغناطیسی زمین. عقربه مغناطیسی قطب‌نما در هر نقطه در امتداد خط‌های این میدان قرار می‌گیرد.

میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می‌کند و طرح خط‌های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط‌های آهنربای میله‌ای بزرگی است که در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است (شکل ۳-۷). نشان دادن خط‌های میدان مغناطیسی زمین به صورت خط‌های میدان یک آهنربای میله‌ای، تنها یک مدل ساده از ساختار پیچیده و ناشناخته عوامل ایجاد میدان مغناطیسی زمین است. شواهد زمین‌شناختی نشان می‌دهند که جهت این میدان در بازه‌های زمانی نامنظم از ده هزار تا یک میلیون سال به طور کامل وارون می‌شود. قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. در واقع، قطب‌های مغناطیسی جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند؛ مثلاً قطب جنوب مغناطیسی تقریباً در فاصله ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که عقربه مغناطیسی قطب‌نما در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.



⚡ اینکه آهنرباهای آویخته ، در امتداد تقریبی شمال و جنوب سمت گیری می کنند ، بهترین دلیل است که خود کره ی زمین را هم یک آهنربای بزرگ پنداشت....

📌 **منشاء خاصیت مغناطیسی زمین** احتمال می رود به دلیل الکترونهاى آزاد فراوانی است که در مواد مذاب درون زمین وجود دارند.

⚡ این مواد حامل الکترونها ، در پی میلیونها سال ، گردش زمین به نظمی نسبی در چرخش رسیده اند و مانند سیم پیچی غول پیکر و حامل جریان در درون زمین که فضای اطراف خود را مملو از میدان مغناطیسی نموده است عمل می کند.

👉 اینکه آهنرباها سمت گیری شمال-جنوب دارند نشان می دهد کره ی زمین مانند آهنربایی بزرگی است که ((قطب جنوب مغناطیسی آن)) در ((حوالی شمال جغرافیایی کره ی زمین)) و ((قطب شمال مغناطیسی آن)) برعکس در حوالی ((جنوب جغرافیایی کره ی زمین)) قرار گرفته اند.

👉 قطبهای جغرافیایی و مغناطیسی کره زمین بر هم منطبق نبوده و امتداد N-S آهنربای زمین ، با امتداد شمال-جنوب جغرافیایی آن زاویه ای به اندازه ی تقریبی ۱۱ درجه می سازند (تصویر 📍) و فاصله ی شمال جغرافیایی با جنوب مغناطیسی در همسایگی اش حدود ۱۸۰۰ Km است.



👉 بنا به استدلال و نظریه ای که در باره ی ریشه میدان مغناطیسی زمین بیان شد می توان پذیرفت و

قانع شد که چرا میدان مغناطیسی زمین همیشه عددی ثابت نیست و یا قطبهای کاملاً ثابت در مکانی

مشخص را ندارند و اندازه گیریها در بازه های زمانی طولانی ، نشان می دهند محل قطبها تغییراتی در طول زمان دارند.

👉 همچنین قابل درک است که هر عامل درونی زمین یا بیرونی مانند برخورد سیارکی عظیم یا ... که بر

نحوه دوران مذاب حاوی الکترونها اثر بگذارد می تواند موتور مغناطیسی زمین را مختل کرده و یا کاملاً

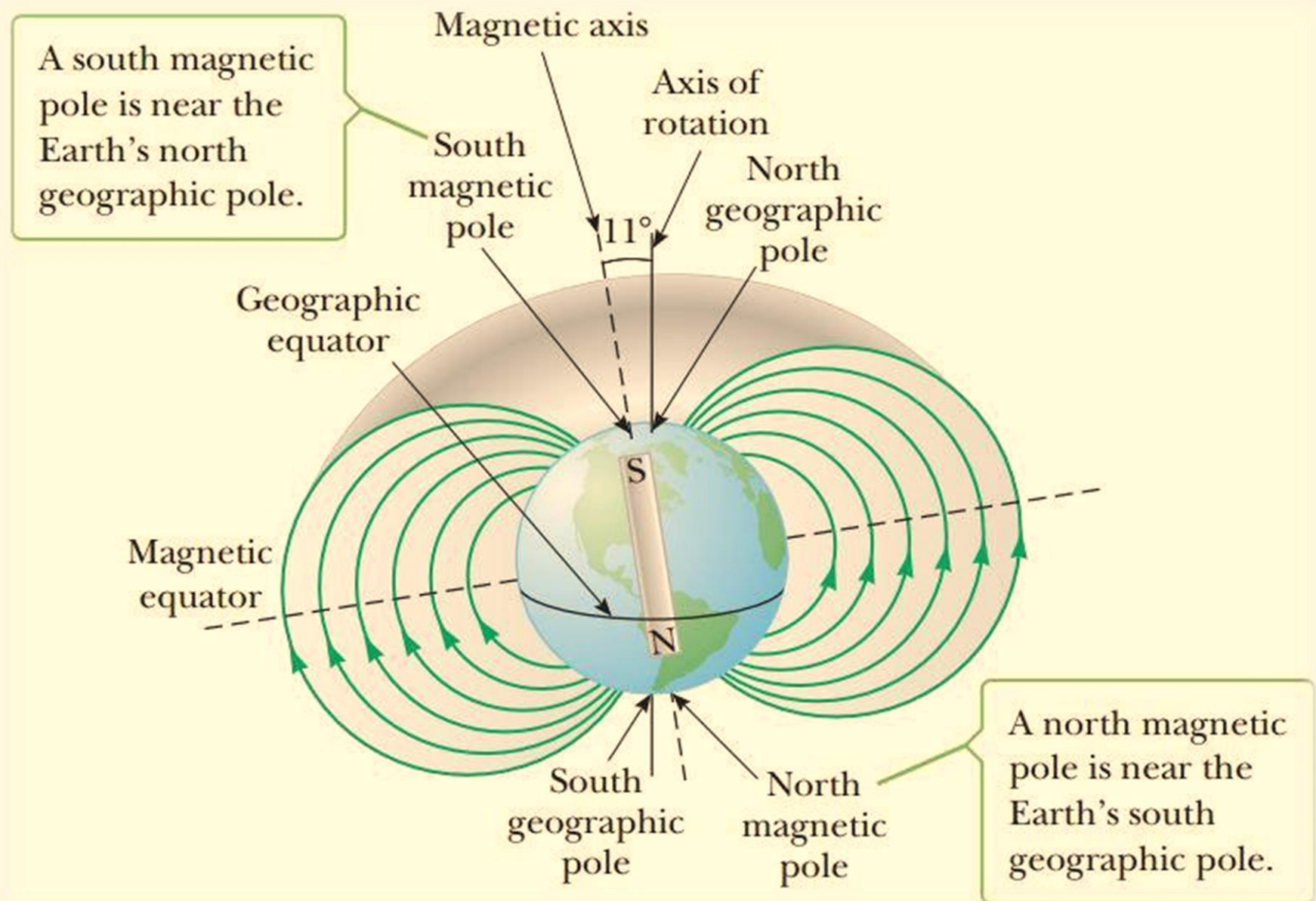
معکوس نماید.....



مبحث ۶:

گُرهِ زمین ، یک آهنربای بزرگ – تکمیل بحث

امید برزوئی





خوب است بدانید: جهت یابی مغناطیسی در جانداران

بسیاری از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت یابی استفاده می کنند. خرچنگ خاردار کارائیب در برابر میدان های مغناطیسی بسیار حساس است (شکل الف). این جاندار یک قطب نمای مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال، جنوب، شرق و غرب را برایش امکان پذیر می کند. این خرچنگ همچنین می تواند تفاوت اندک در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت، در یافتن مسیر خود بهره بگیرد.

در سال ۱۹۷۵ میلادی، دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری های موجود در لجن ته باتلاق ها، متوجه شدند که این باکتری ها دارای قسمت هایی کوچک در بدن خود هستند که خاصیت مغناطیسی دارند. این قسمت ها به صورت زنجیری در یک خط قرار دارند؛ در نتیجه یک عقربه مغناطیسی کوچک را تشکیل می دهند (شکل ب). باکتری ها به کمک این مغناطیس داخلی می توانند از میدان مغناطیسی زمین بهره بگیرند و به طرف مواد غذایی در ته آبگیر هدایت شوند. جالب اینکه باکتری های مربوط به نیمکره جنوبی زمین، برای رسیدن به ته آبگیر در خلاف جهت خط های میدان مغناطیسی زمین قرار می گیرند.



(ب)

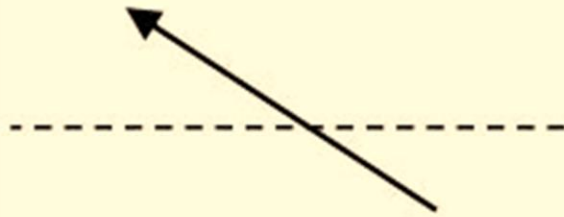


(الف)

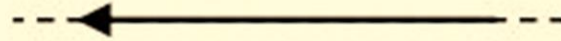


وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربه مغناطیسی را از وسط آن آویزان می‌کنیم در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه، **شیب مغناطیسی** گفته می‌شود.

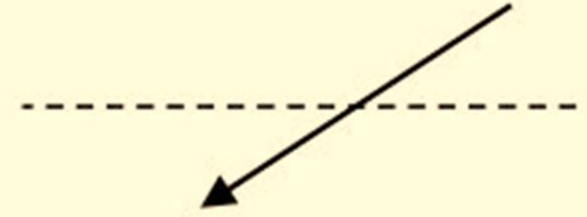
برای یافتن شیب مغناطیسی محلی که در آن زندگی می‌کنید درست به وسط یک سوزن مغناطیسی شده یا عقربه مغناطیسی بزرگ، نخ را ببندید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک نقاله، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که امتداد سوزن یا عقربه مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد به دست آمده، شیب مغناطیسی محل زندگی شماست^۱. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب سنج مغناطیسی موجود باشد می‌توانید از آن نیز استفاده کنید.



در نواحی نیمکره جنوبی



در نواحی نزدیک استوا



در نواحی نیمکره شمالی



مبحث ۷:

ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

امید برزوئی



باید پدیده یا پدیده هایی را یافت که همه کمیت‌های دیگر در آنها شناخته شده باشند و تنها

عامل ناشناس مجموعه ، میدان مغناطیسی باشد و خوشبختانه چنین پدیده هایی را در

طبیعت داریم:

ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی	سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی
<u>آزمایش ۱</u> ----- <u>آزمایش ۲</u> ----- <u>آزمایش ۳</u> ----- در طبیعت (شفق قطبی): <u>A B C</u>	<u>آزمایش ۱</u> ----- <u>آزمایش ۲</u> ----- <u>آزمایش ۳</u> -----



مبحث ۸:

ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی (ادامه)

امید برزوئی



باید پدیده یا پدیده هایی را یافت که همه کمیت‌های دیگر در آنها شناخته شده باشند و تنها عامل ناشناس مجموعه ، میدان مغناطیسی باشد و خوشبختانه چنین پدیده هایی را در طبیعت داریم:

ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی	سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی
<u>آزمایش ۱</u> <u>آزمایش ۲</u> <u>آزمایش ۳</u> در طبیعت (شفق قطبی): <u>A</u> <u>B</u> <u>C</u>	<u>آزمایش ۱</u> <u>آزمایش ۲</u> <u>آزمایش ۳ (شبیه سازی)</u>



مبحث ۹:

عوامل موثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار

امید برزوئی



* آزمایش نشان می‌دهد که بار q با سرعت $\vec{V}$ در میدانی مغناطیسی قرار گیرد و سوی حرکتش با میدان موازی نباشد (زاویه $\theta \neq 0, \theta \neq 180^\circ$) نیروی ($\vec{F}$) دریافت خواهد کرد.

* عواملی که F وابسته به آنهاست عبارتند از:

بار (q): رابطه مستقیم دارد (هرچه بار q بیشتر باشد نیروی بیشتری وارد می‌شود)

سرعت (V): رابطه مستقیم دارد (هرچه سرعت q بیشتر باشد نیروی بیشتری وارد می‌شود)

میدان مغناطیسی (B): رابطه مستقیم دارد (هرچه اندازه میدان قوی تر باشد نیروی بیشتری وارد می‌شود)

$\sin \theta$: چون در حالت موازی $\theta = 0$ و $\theta = 180^\circ$ ، بر q نیرویی وارد نمی‌شود و در $\theta = \frac{\pi}{2}$ بیشترین نیرو وارد می‌آید واضح است که F به خود θ ربط ندارد بلکه به $\sin \theta$ وابسته است.

* به ذره باردار مثبت و منفی نیروهایی در جهت مخالف وارد می‌شود.



* اندازه نیروی وارد بر ذره باردار متحرک q که با سرعت $\vec{V}$ در امتداد زاویه ای برابر θ با میدان $\vec{B}$ در حرکت است بنا به عوامل مذکور از رابطه زیر به دست می آید:

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

* بدیهی است که اکنون می توان نوشت:

$$B = \frac{F}{|q|V\sin\theta} \quad \text{و} \quad B = \frac{F(N)}{|C \times \frac{m}{s} \sin 90^\circ}$$

* از رابطه فوق معلوم می شود که میدان مغناطیسی نیز نوعی نیروست که بر واحد بار هنگامی که با سرعت $\frac{m}{s}$ به طور عمود بر میدان حرکت می کند،

اعمال می شود. (یادآوری: میدان الکتریکی نیز نیرویی بود که بر واحد بار وارد می شد)



* از رابطه فوق معلوم می شود که میدان مغناطیسی نیز نوعی نیروست که بر واحد بار هنگامی که با سرعت $\frac{m}{s}$ به طور عمود بر میدان حرکت می کند،

اعمال می شود. (یادآوری: میدان الکتریکی نیز نیرویی بود که بر واحد بار وارد می شد)

* یکای B طبق رابطه فوق عبارت است از $\frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}}$ که ابه احترام وافتخار نیکلاتسلا به نام او نام گذاری شده است. (T)

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

* اکنون معلوم شد چرا به پدیده ذره باردار در میدان مغناطیسی پرداختیم، به خاطر تعریف B و کشف یکای آن به کمک عواملی که از قبل تعریف شده اند.



مبحث ۱۰:

استفاده از فرمول نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار

امید برزوئی



کارل فریدریش گاوس (۱۷۷۷-۱۸۵۵)

گاوس، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدتی مدیر رصدخانه گوتینگن بوده است. گاوس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریه اعداد است. او به انجام محاسبه‌های بی‌اندازه بفرنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازه‌ای برای محاسبه در مکانیک سماوی به‌دست آورد. گاوس روی پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در مبحث الکتریسیته وجود دارد.



نیکلا تسلا (۱۸۵۶-۱۹۴۳)

تسلا در کرواسی به دنیا آمد. او بعدها به امریکا مهاجرت و مدتی با ادیسون همکاری کرد. ادیسون همواره با جریان مستقیم (dc) کار می‌کرد، با این وجود، وی کارکردن با جریان متناوب (ac) با ولتاژهای بسیار بالا را عملی ساخت. تسلا 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 SI میدان مغناطیسی را با تسلا نشان می‌دهند.



* یک تسلا شدت یا بزرگی میدان مغناطیسی است که اگر باری برابر 1C بطور عمود بر آن با سرعت $1\frac{\text{m}}{\text{s}}$ حرکت کند نیرویی برابر 1N را به آن وارد کند.

* 1T واحد بسیار بزرگی است و اغلب وسایل مغناطیسی که ما با آنها سروکار داریم از مرتبه 10^{-4} و 10^{-5} تسلا هستند.

* هر 10^{-4}T را یک گاوس (با نماد G) می نامند که یکایی غیر SI است ولی در مسائل اغلب از آن نام برده می شود. $1\text{T} = 10^4\text{G}$

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

* میدان مغناطیسی در نزدیکی سطح زمین، در قطبها که بیشترین مقدار را دارد حدود یک 65G و در استوا که کمترین مقدار خود را دارد حدود 25G اندازه گیری شده است.

* در نزدیکی یک آهنربای میله ای کوچک و معمولی آزمایشگاه میدان مغناطیسی حدود 0.1 تا 0.1 تسلا است.

* بزرگترین میدان مغناطیسی مداوم که تاکنون در آزمایشگاه قادر به تولید آن بوده ایم حدود 45T بوده است. و برخی دستگاههای MRI حداکثر تا حدود 3T میدان مغناطیسی می توانند تولید کنند.



۱۶- الکترونی با تندی $\frac{m}{s} \times 10^5$ به سمت شرق در حال حرکت است، این الکترون وارد یک میدان مغناطیسی می‌شود، اگر راستای میدان مغناطیسی

قائم و رو به پایین باشد، جهت و اندازه نیروی وارد بر الکترون را مشخص کنید. ($B = 0.2T$, $e = 1.6 \times 10^{-19}C$)

۱۷- ذره‌ای به جرم ۲ گرم و بار $3\mu C$ با سرعت $\frac{m}{s} \times 10^4$ وارد یک میدان مغناطیسی به اندازه $0.6T$ می‌شود. اگر راستای بردار سرعت بر راستای

میدان عمود باشد:

الف) نیروی وارد بر ذره از طرف میدان چقدر است؟

ب) اگر این نیرو تنها نیروی وارد بر ذره باشد شتاب حرکت ذره چقدر است؟



۱۸- ذره‌ای با بار الکتریکی $q = 6.0 \eta C$ و با تندی $\frac{m}{s} 5 \times 10^4$ وارد یک میدان مغناطیسی می‌شود. بیشینه نیروی که میدان بر این ذره وارد می‌کند

3×10^{-5} است. اندازه میدان چقدر است؟

۱۹- پرتونی با تندی $\frac{m}{s} 4 \times 10^6$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه $18 mT$ در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت $\vec{B}$ ، زاویه 60° می‌سازد.

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

ب) اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون را حساب کنید. (بار الکتریکی پروتون $1.6 \times 10^{-19} C$ و جرم آن را $1.7 \times 10^{-27} kg$ در نظر بگیرید.)



مبحث ۱۱:

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار (قاعده دست راست F ذره)

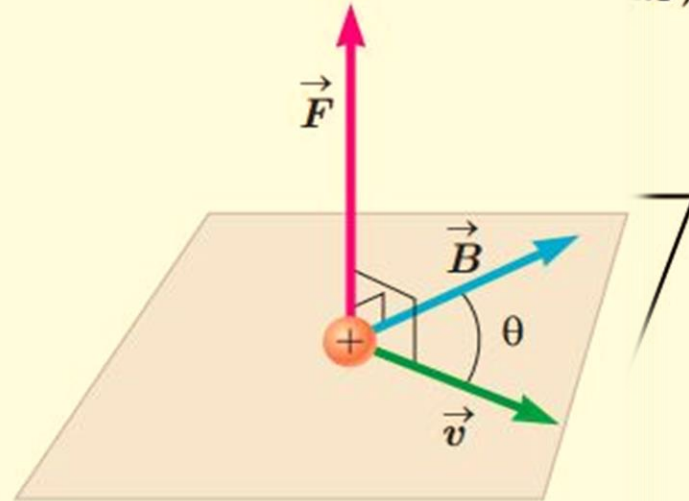
امید برزوئی



* از قاعده دست راست می‌توان جهت $\vec{F}$ وارد بر ذره باردار q را تشخیص داد.

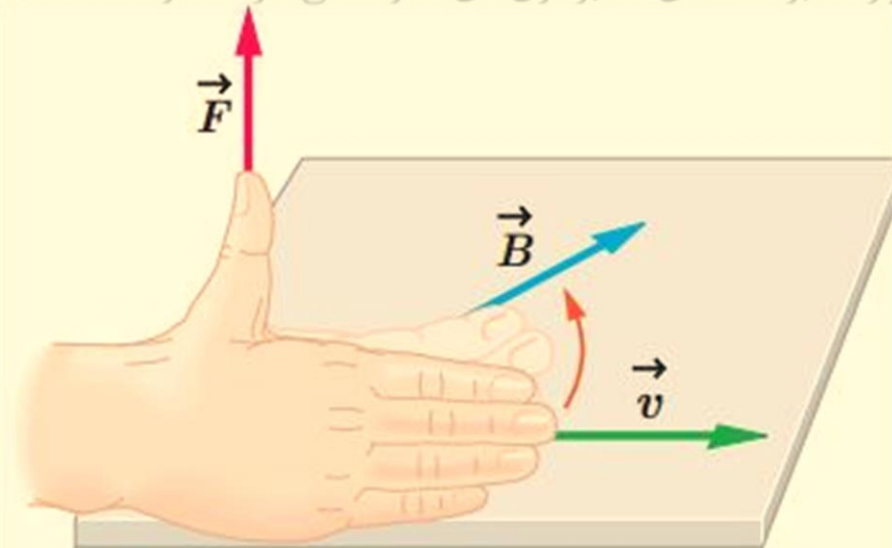
* اگر چهار انگشت دست راست در جهت $\vec{V}$ به گونه‌ای قرار گیرد که بتوان چهار انگشت را به طرف نوک بردار $\vec{B}$ خم نمود در چنین حالتی انگشت شست، جهت F را برای بار $+q$ نشان می‌دهد.

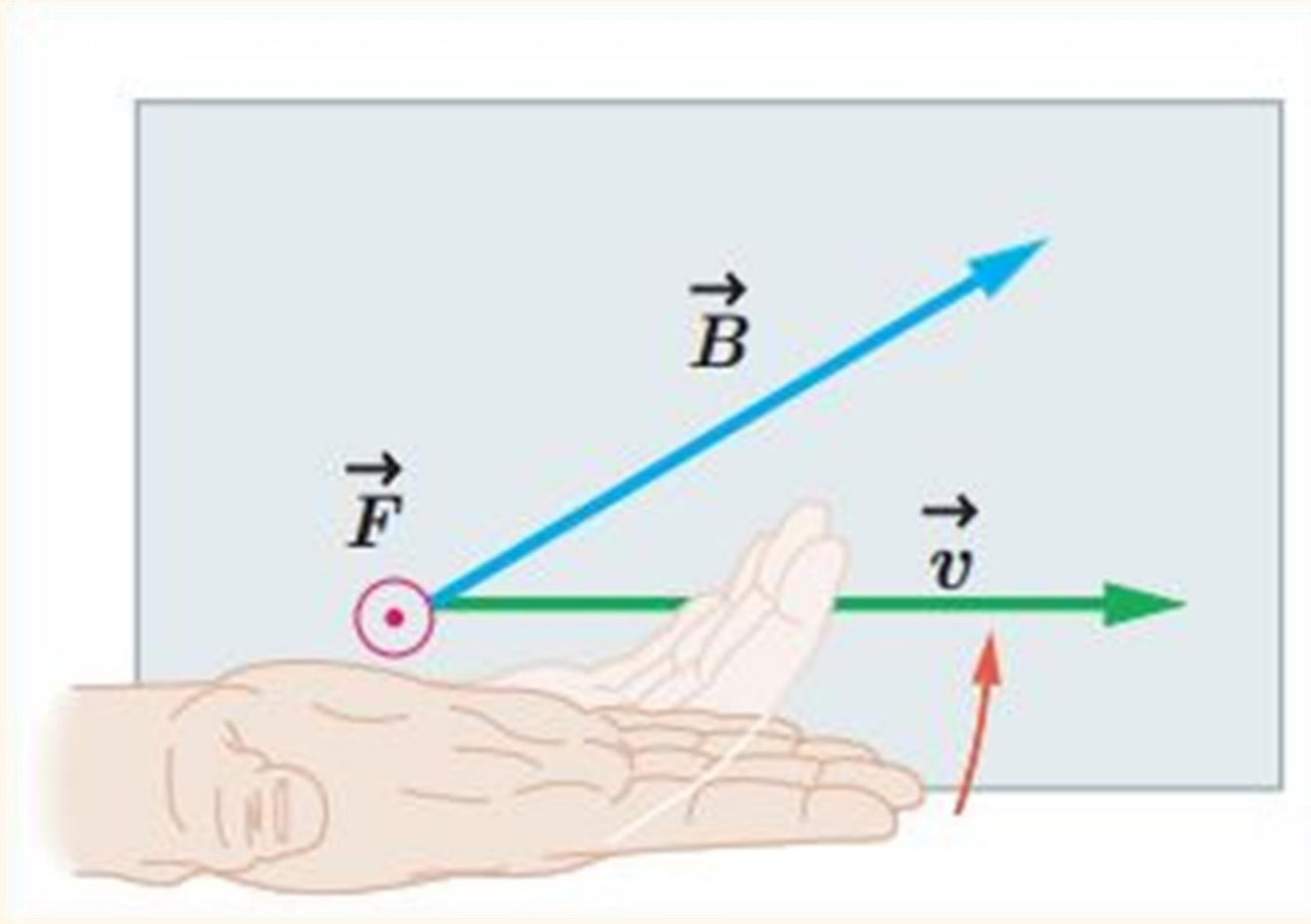
* اگر بار $-q$ باشد بر خلاف انگشت شست (در شرایط فوق) جهت F می‌باشد. (گاه تفاوتی ندارد)



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

* همواره $\vec{F}$ بر صفحه‌ای که برداری‌های $\vec{B}$ و $\vec{V}$ می‌سازند عمود است.





⊙ نماد بردار عمود بر صفحه به طرف

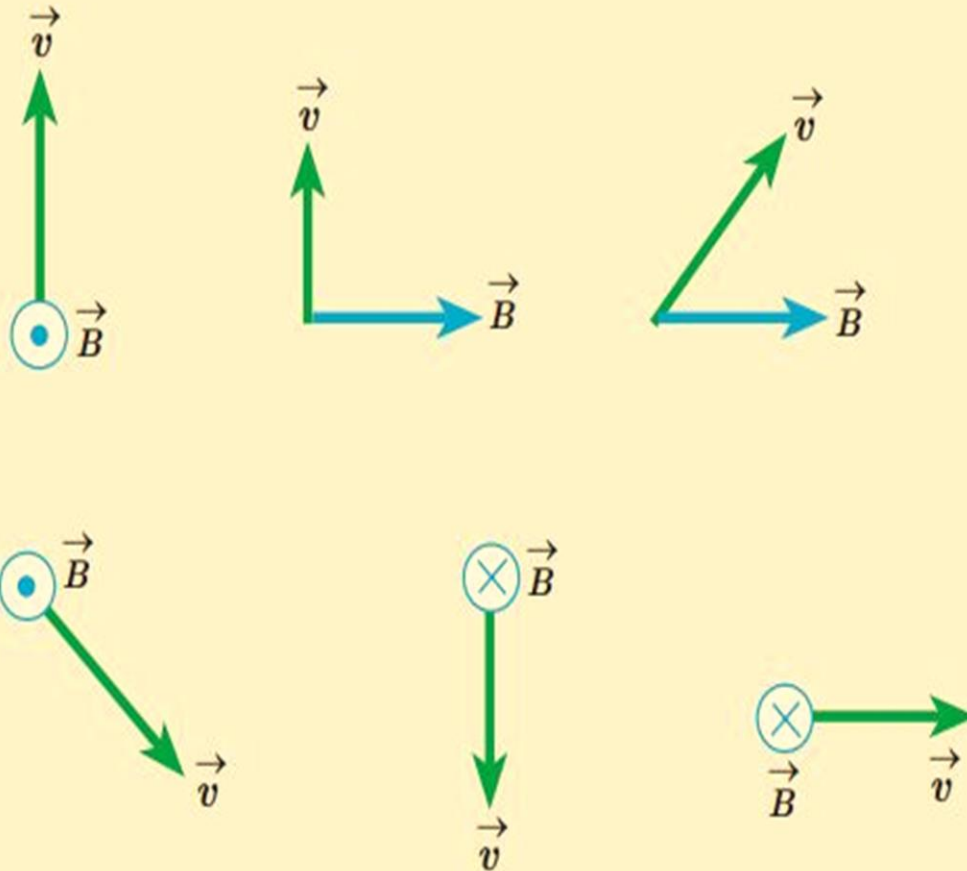
بیرون (برون سو)

⊗ نماد بردار عمود بر صفحه به طرف

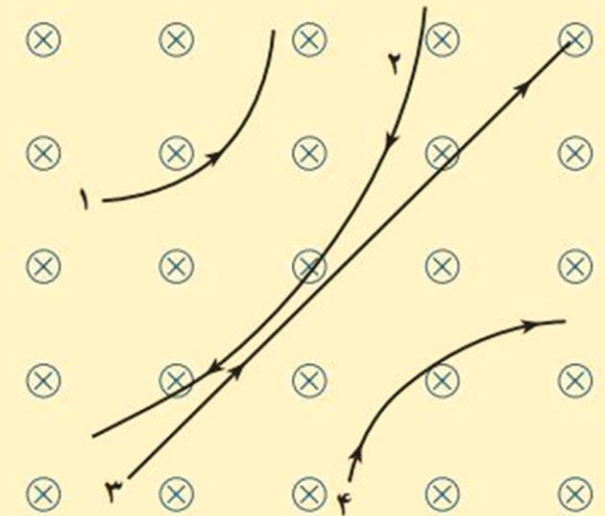
درون (درون سو)



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



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





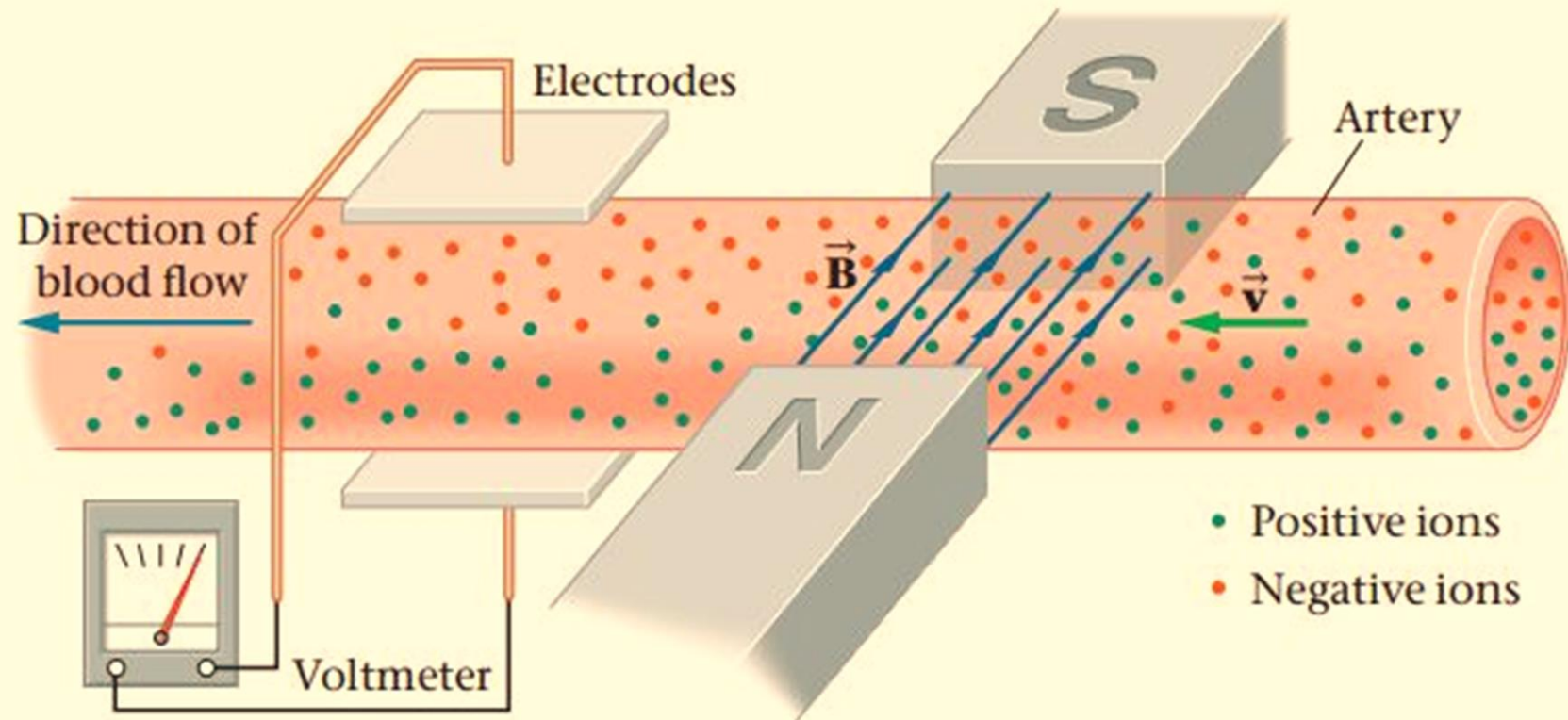
مبحث ۱۲:

استفاده از نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار

امید برزوئی



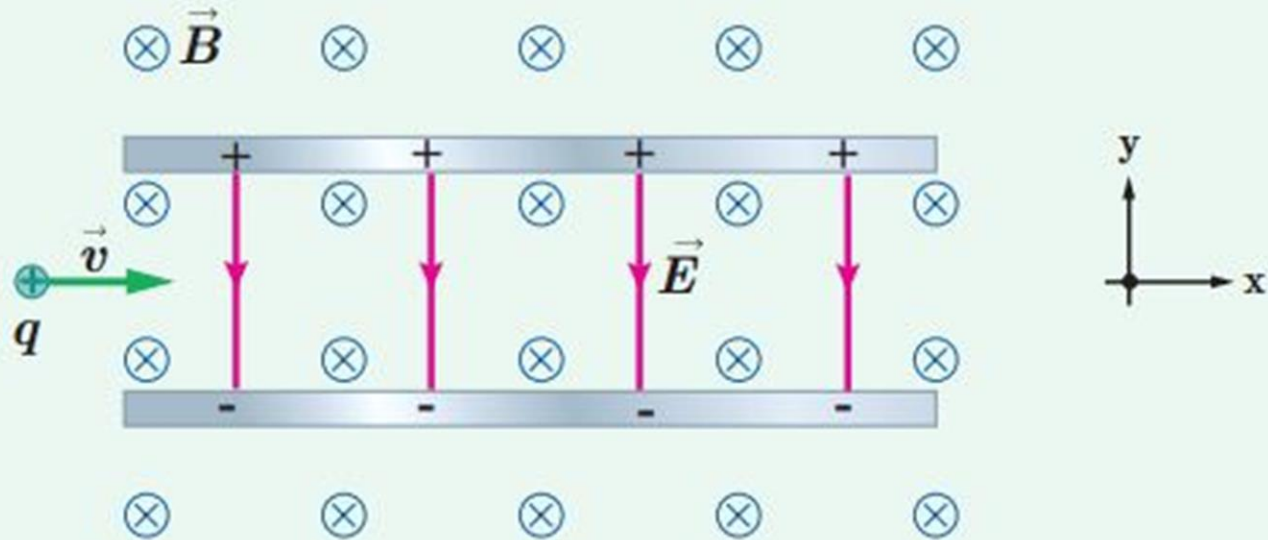
RWP The physical principle illustrated in the velocity selector can be used to measure the **speed of blood** with a device known as an **electromagnetic flowmeter**. Suppose an artery passes between the poles of a magnet, as shown in **FIGURE 22-14**. Charged ions in the blood will be deflected at right angles to the artery by the magnetic field. The resulting charge separation produces an electric field that opposes the magnetic deflection.

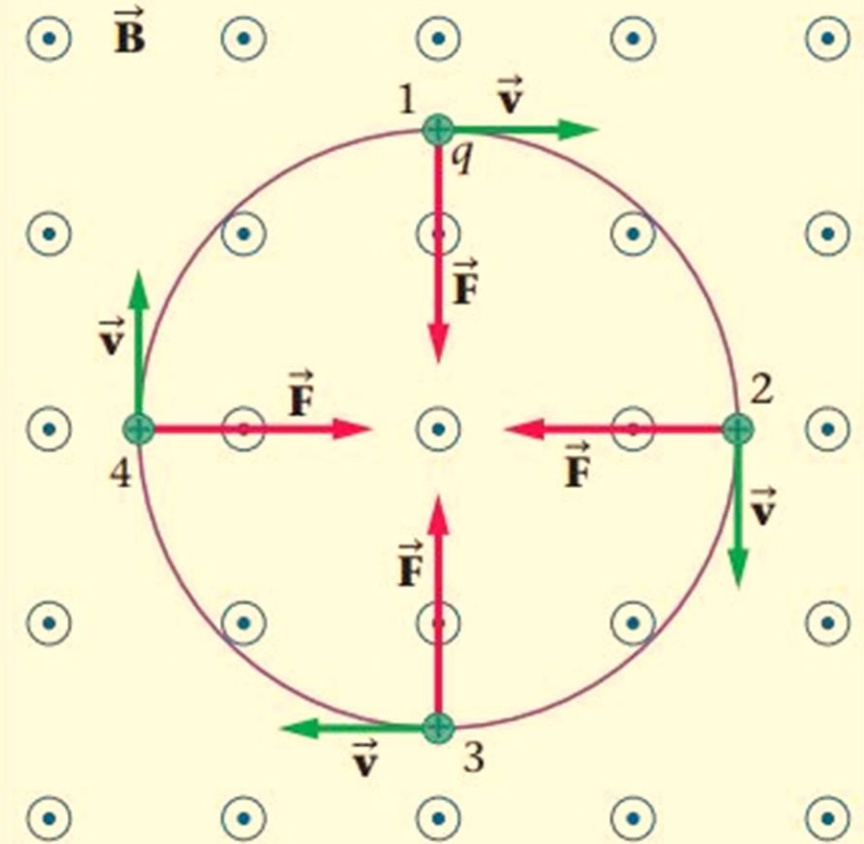
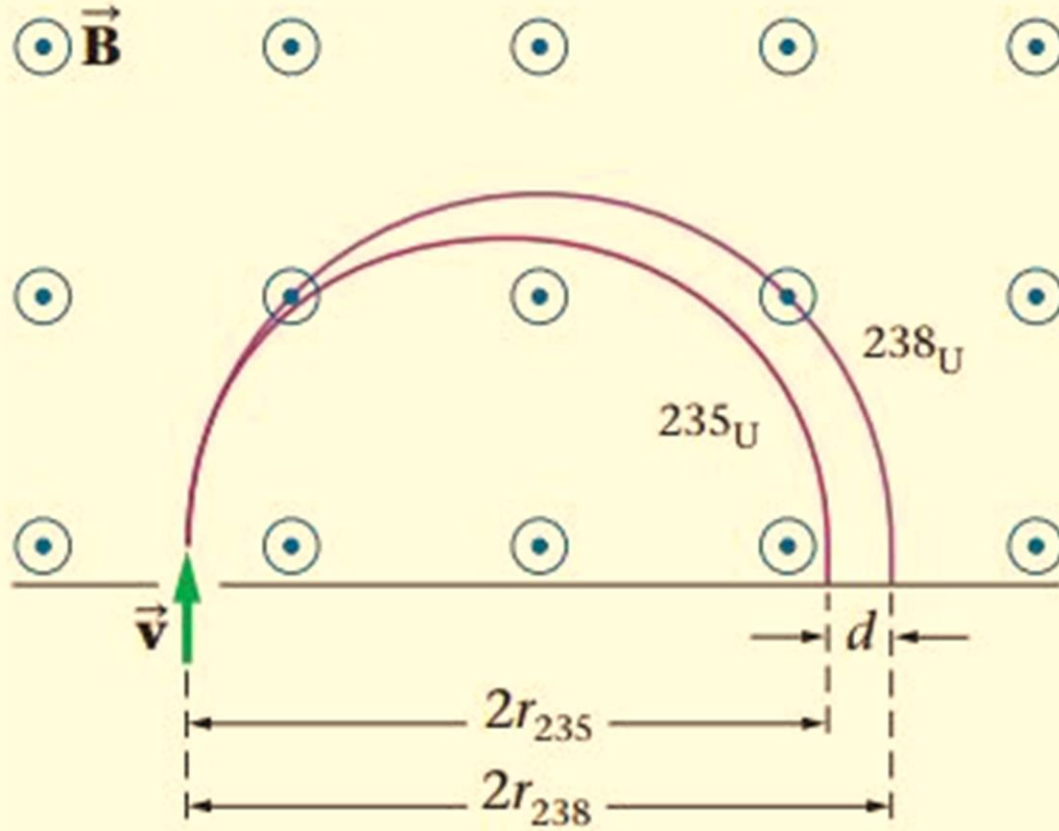




این سوال رو در جلسه بعد حل خواهیم کرد

۸ ذره باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می شود که میدان های یکنواخت $\vec{B}$ و $\vec{E}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازه این میدان ها برابر $E = 450 \text{ N/C}$ و $B = 0.88 \text{ T}$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟





آزمایشی که قبلا هم دیدیم



▲ **FIGURE 22-18** In a synchrotron undulator, a beam of high-speed electrons (1) passes between the poles of a series of alternating magnets (2). This undulates (or wiggles) the beam, causing the electrons to emit X-rays (3).



حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی

نگهداری یلاسمای داغ (ظرف مغناطیسی)

کمربند ون آلن و ماهواره ها

مروری بر حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی



مبحث ۱۳:

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار (قاعده دست راست، F ذره) – مسائل

امید برزوئی

مثال ۳-۱

ذره‌ای با بار $q = -4/0 \text{ nC}$ و با تندی $v = 2/0 \text{ m/s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 12/0 \text{ G}$ زاویه $\theta = 60^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

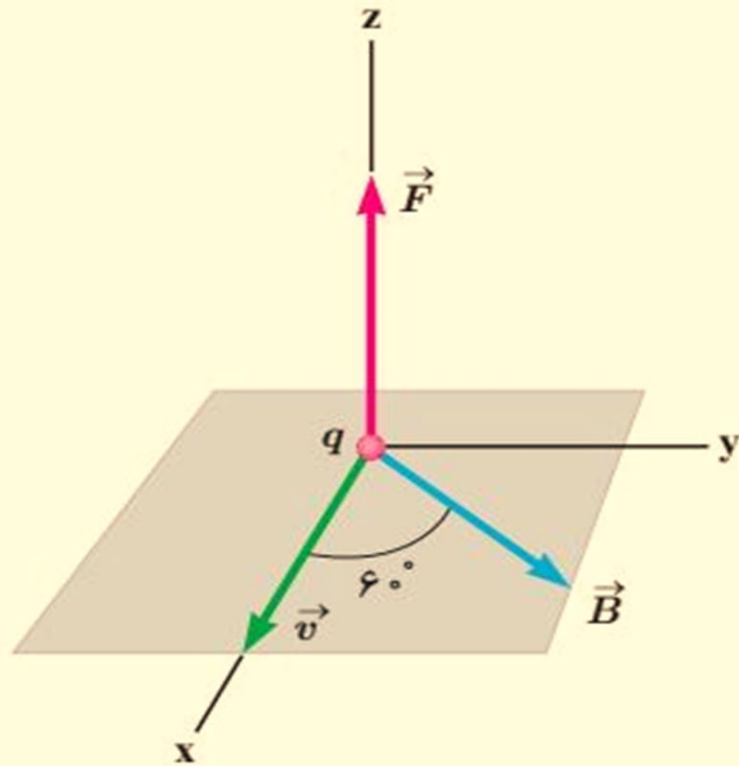
$$|q| = +4/0 \times 10^{-9} \text{ C}, \quad v = 2/0 \text{ m/s},$$

$$B = 12/0 \times 10^{-4} \text{ T} \quad \text{و} \quad \theta = 60^\circ$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۱ داریم:

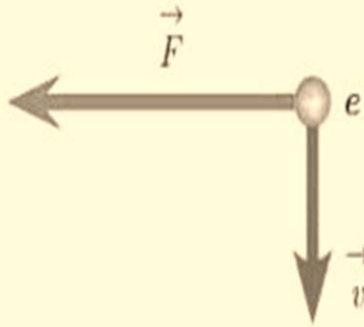
$$F = |q| v B \sin \theta$$

$$= (4/0 \times 10^{-9} \text{ C})(2/0 \text{ m/s})(12/0 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 60^\circ \approx 8/3 \times 10^{-6} \text{ N}$$





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



بالا راست درون سو برون سو

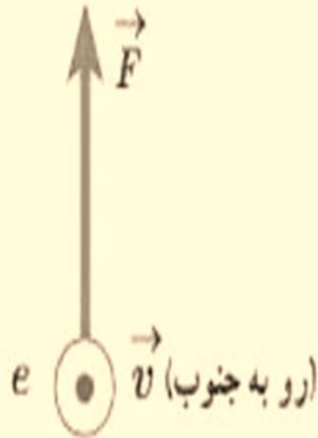
۱۶- الکترونی با تندی $2 \times 10^5 \frac{m}{s}$ به سمت شرق در حال حرکت است، این الکترون وارد یک میدان مغناطیسی می شود، اگر راستای میدان مغناطیسی

قائم و رو به پایین باشد، جهت و اندازه نیروی وارد بر الکترون را مشخص کنید. ($B = 0.2 T$, $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)



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

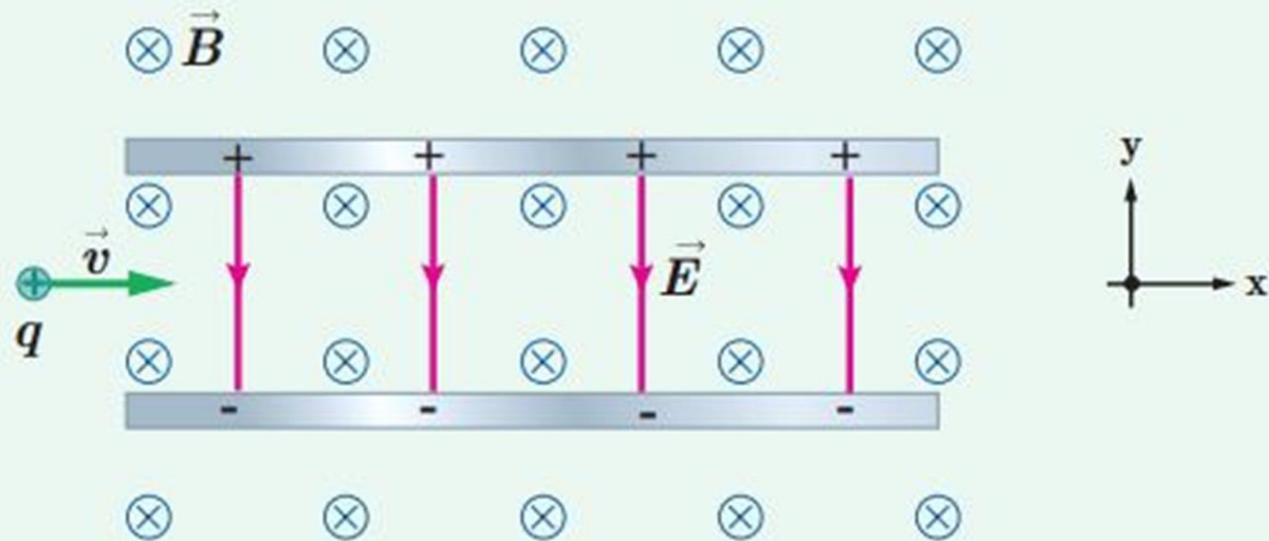
الف) اگر جهت این نیروی بیشینه، روبه‌بالا و اندازه آن برابر $6/8 \times 10^{-14} N$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



ب) اندازه میدان الکتریکی چقدر باشد تا همین نیرو را ایجاد کند؟ (کتاب درسی)



۸ ذره باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{B}$ و $\vec{E}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازه این میدان‌ها برابر $E = 450 \text{ N/C}$ و $B = 0.88 \text{ T}$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



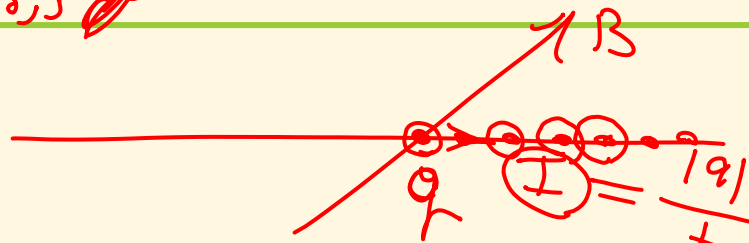


مبحث ۱۴:

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان (قاعده دست راست، F سیم)

$$F = I L B \sin \alpha$$

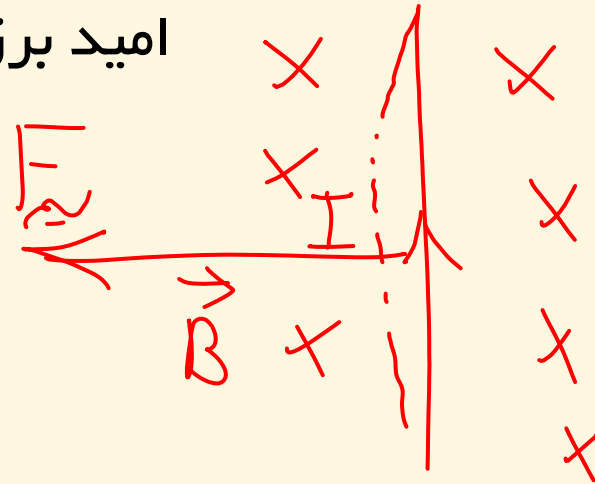
زره



$$F = I L B \sin \alpha$$

$$F = I L B \sin \alpha$$

امید برزوئی





* بر بارهای الکتریکی متحرک و غیر موازی با میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود و سیم حامل جریان الکتریکی نیز مجموعه‌ای از الکترون‌های در حال حرکت هستند.

* بدیهی است اگر سیم حامل جریان در میدانی که با سیم موازی نیست و زاویه θ می‌سازد قرار گیرد، به تک تک این الکترون‌ها نیرویی وارد آمده که برآیند همه آنها را می‌توان گفت نیروی وارد بر سیم. پس می‌توان از $F = qVB \sin \theta$ برای یک سیم به طول l و حاصل جریان I رابطه‌ی زیر را به دست آورد:

اگر کل باری که در طول l قرار دارد را q فرض کنیم:

(V سرعت سوق الکترون‌هاست)

$$F = qVB \sin \theta = (It)VB \sin \theta$$

$$F = I(Vt)B \sin \theta = IlB \sin \theta$$

$$F = IlB \sin \theta$$

بر اساس نیروی وارد بر سیم حامل جریان نیز می توان اندازه میدان مغناطیسی و یکای تسلا را تعریف کرد که اتفاقاً عملیاتی تر و به امکان انجام تجربی، نزدیک تر نیز هست.

$$B = \frac{F}{IL \sin \alpha}$$

$\swarrow \quad \searrow \quad \searrow$
 $1A \rightarrow 1m \rightarrow 1$

$$B = F^*$$

میدان مغناطیسی بنزد وولت که بر یک متر از سیم حامل
جریان ۱A که بطور عمود بر میدان قرار گرفته است،

وارد می آید

$$B = \frac{F}{191V \sin \alpha}$$

$\swarrow \quad \searrow \quad \searrow$
 $1 \rightarrow 1 \rightarrow 1$

$$B = F^* \quad \frac{N}{A \cdot m}$$

$$\frac{V}{A \cdot m}$$

$$\downarrow$$

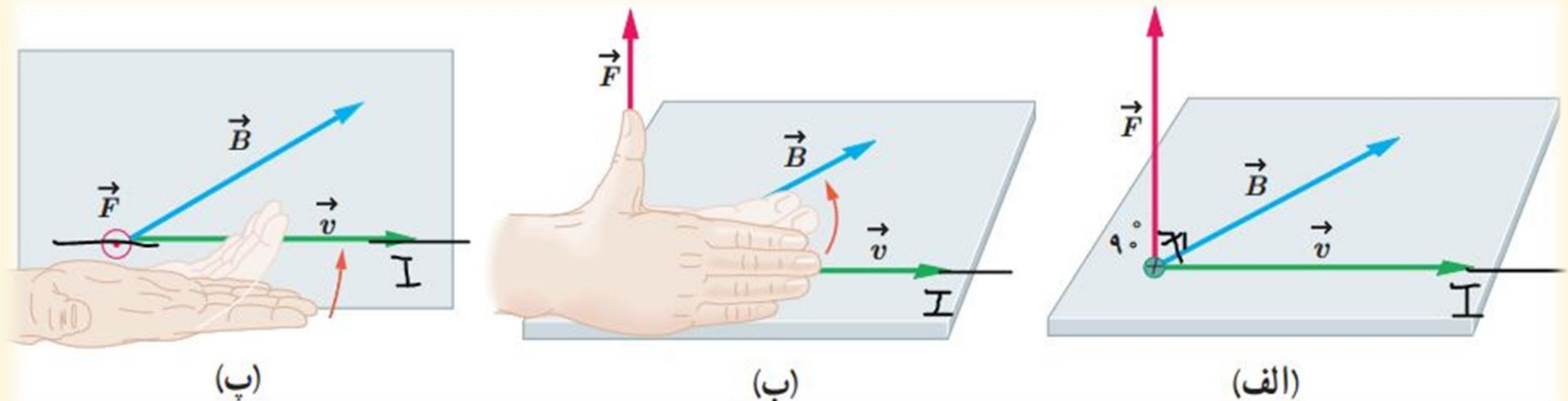
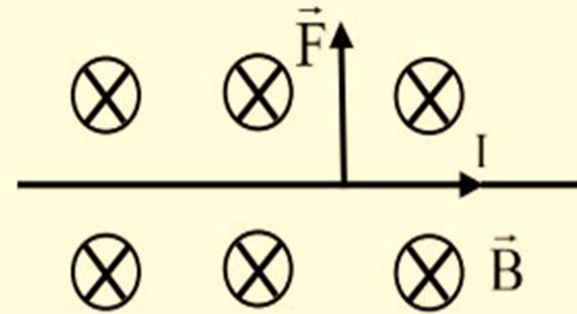
میدان مغناطیسی بنزد وولت که
بر یک بر یک کولن که به تندی
بطور عمود بر میدان حرکت

کند، وارد می آید

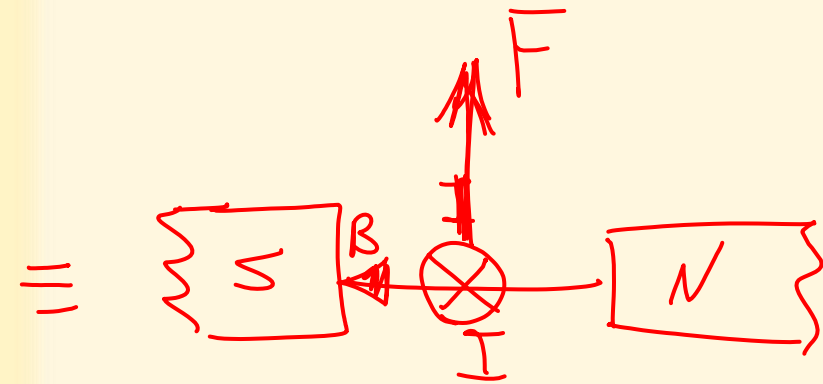
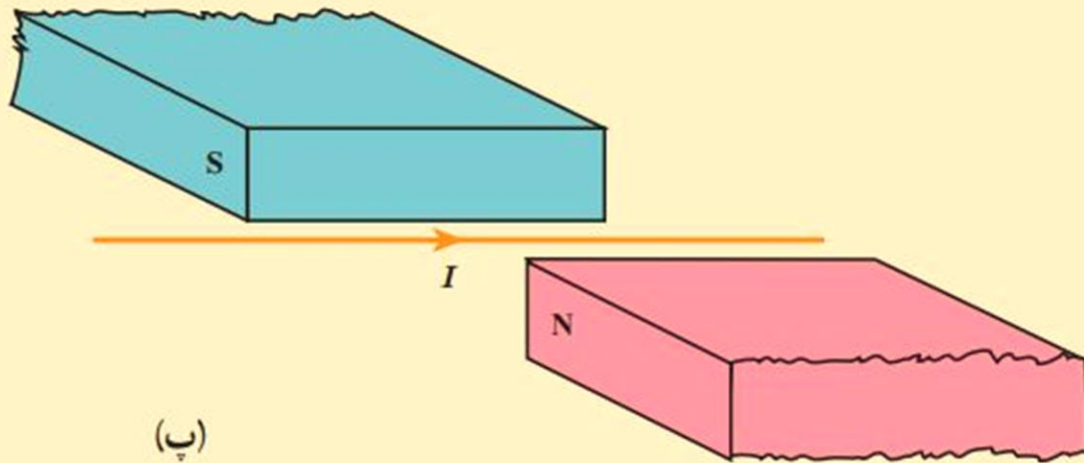
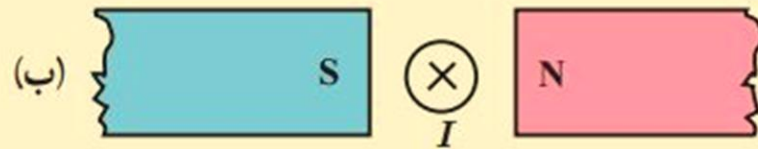
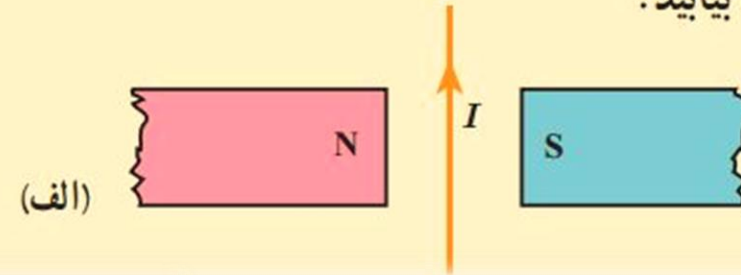


* این نیرو اساس کار موتورهای الکتریکی است که در انواع وسایل الکتریکی نظیر جاروبرقی - دریل - آسیاب برقی و مورد استفاده است.

* از آنجاکه جهت I جهت قراردادی حرکت بارهای مثبت است پس قاعده دست راست را با این تفاوت که چهار انگشت دست راست را در جهت I بگیریم به همان سبک قبل نیروی وارد بر سیم را جهت انگشت شست نشان می‌دهد. مثلاً:



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





مبحث ۱۵:

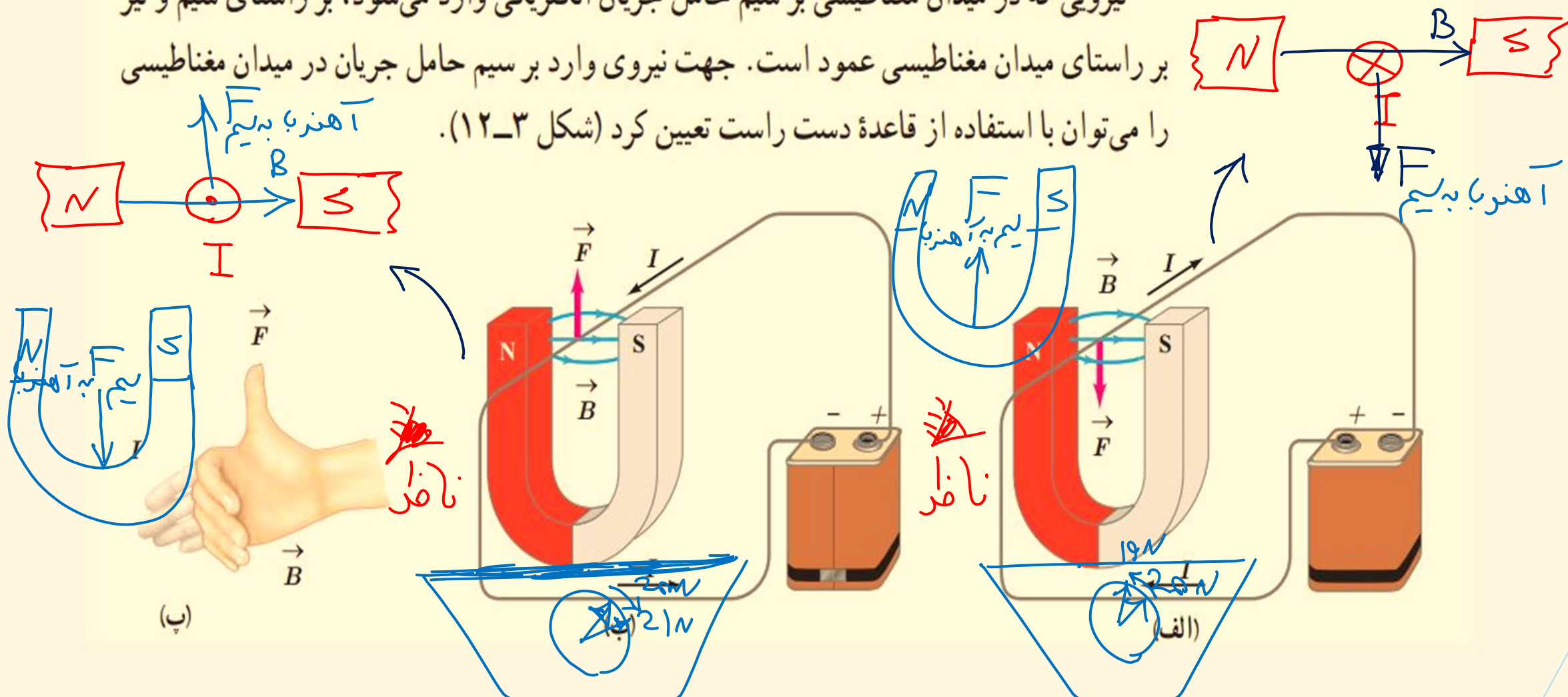
جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (قاعده دست راست، F سیم) – ادامه مثال ها

امید برزوئی



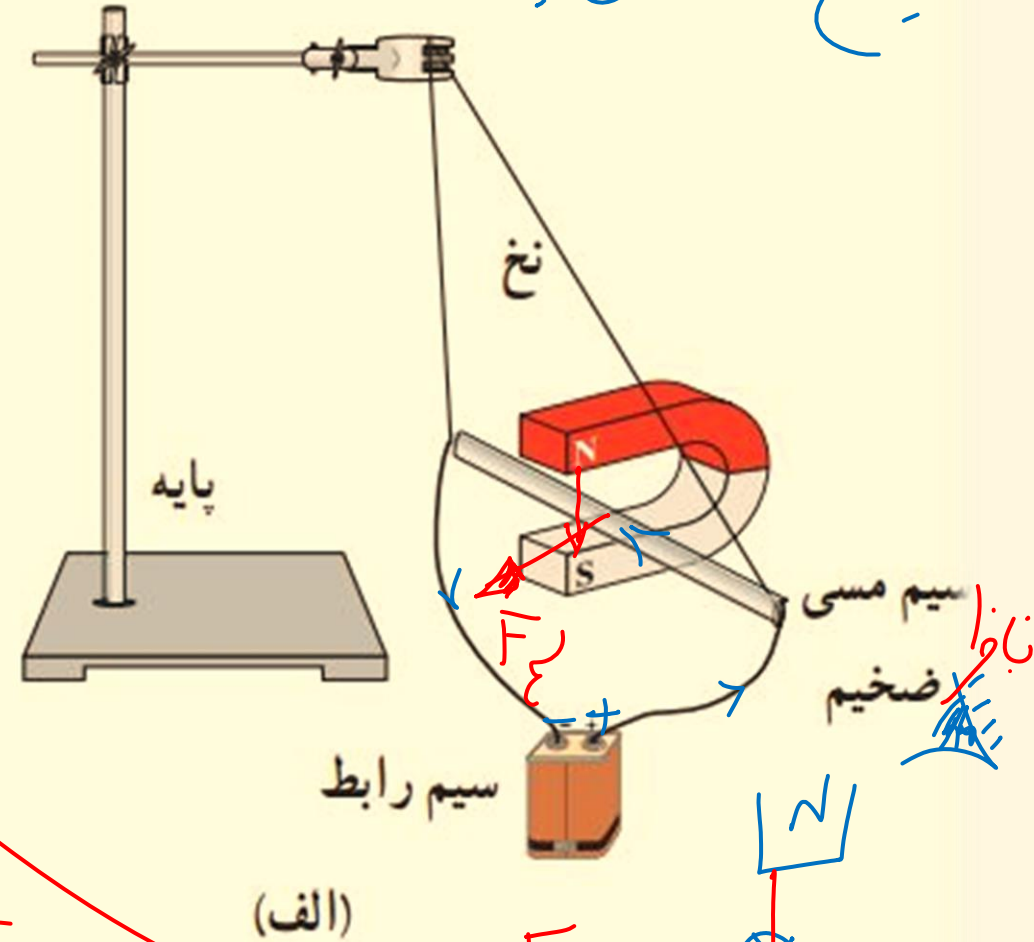
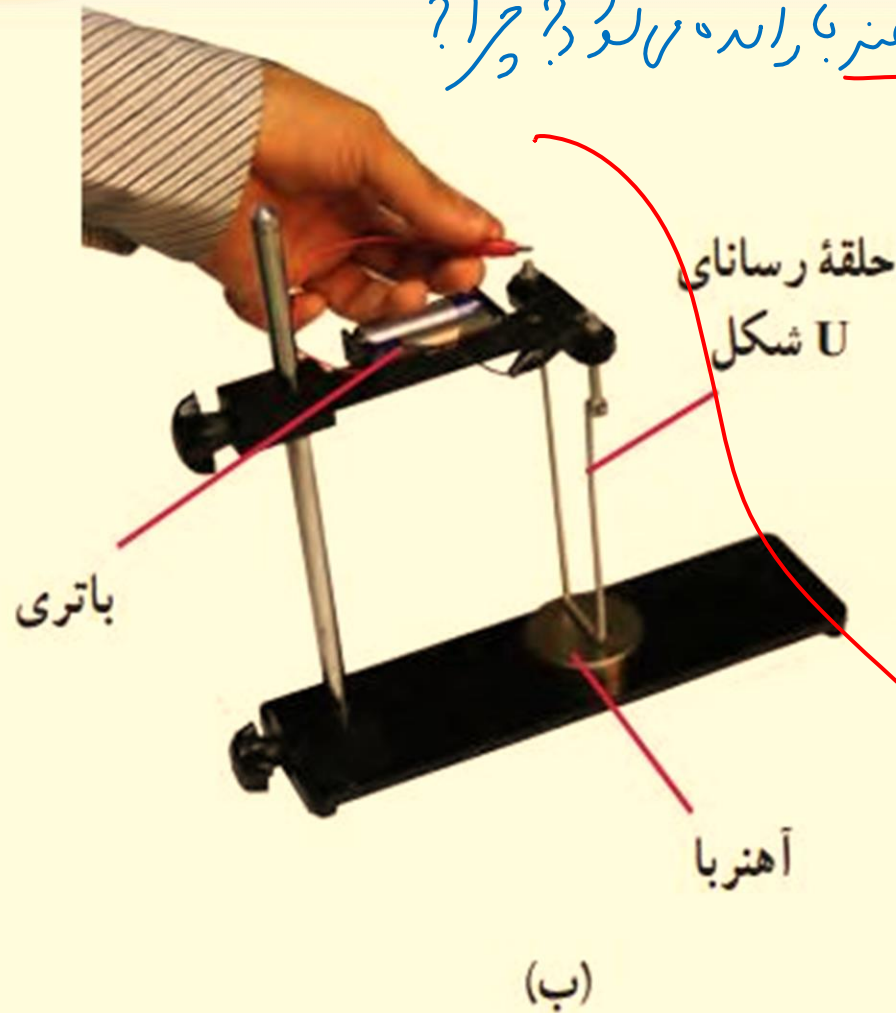
اورستد (فیزیک دان دانمارکی) با انجام آزمایش‌هایی شبیه آزمایش ۲-۳ و اندازه‌گیری نیرویی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی وارد می‌شود، نشان داد:

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی عمود است. جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را می‌توان با استفاده از قاعدهٔ دست راست تعیین کرد (شکل ۳-۱۲).



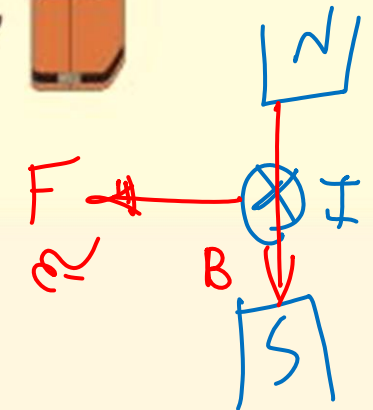


تمرین: در شکل زیر سیم رن را به طرف داخل یا بیرون آهنربا راند؟ چرا؟



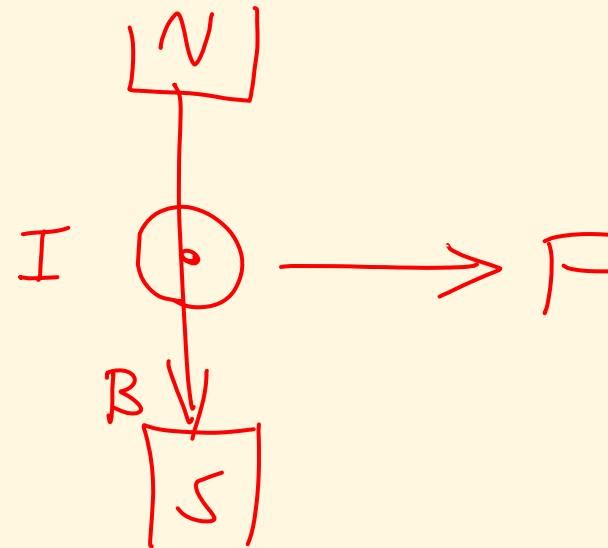
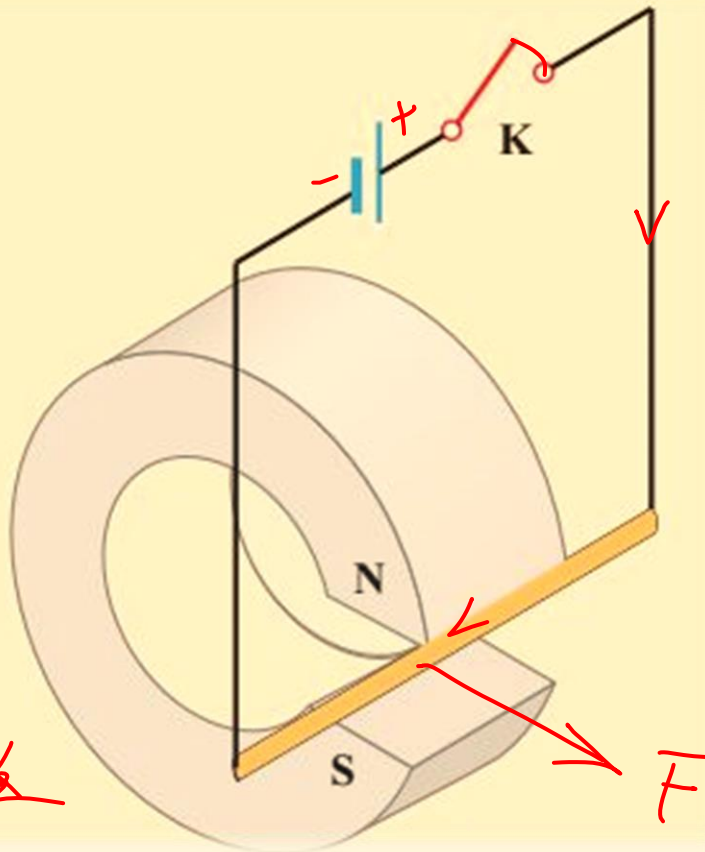
آزمایشی که قبلا هم دیدیم

طبق ماسد ر





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

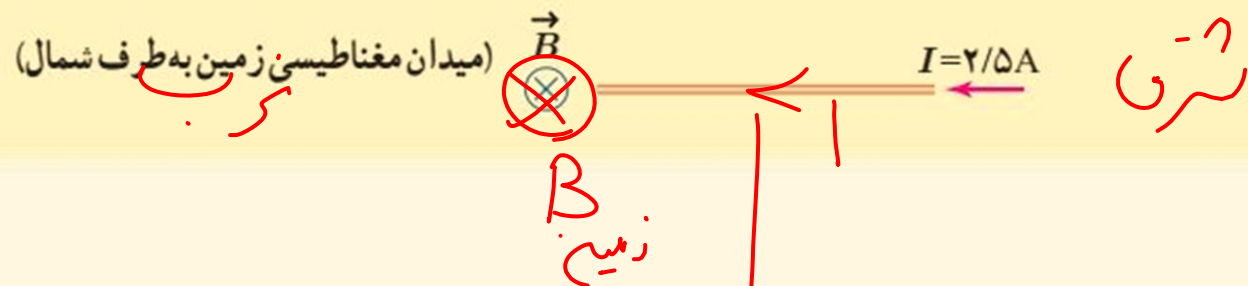


نادر



تمرین ۲-۳

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



مال جزئی

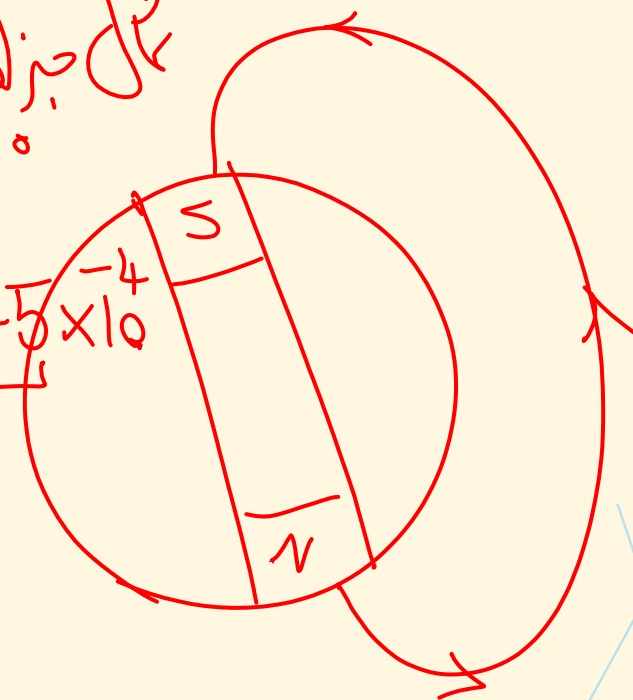
$$F = I L B \sin 90^\circ$$

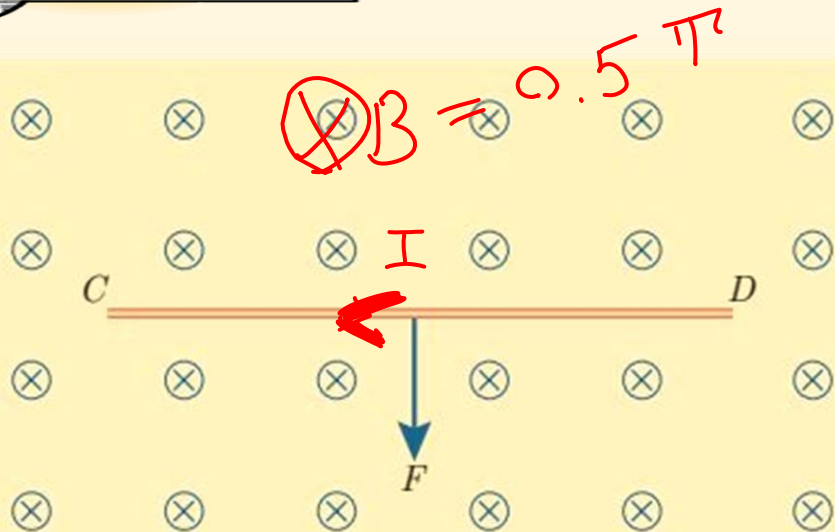
$$= 2.5 \times 2.4 \times 0.45 \times 10^{-4}$$

$$= 2.7 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F = 0.27 \text{ mN}$$

رو به شرق





۲- سیم رسانای CD به طول ۲m مطابق شکل روبه‌رو عمود بر میدان مغناطیسی درون سیم با اندازه $0.5T$ قرار گرفته است؛ اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱N باشد، جهت و مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

جهت جریان از D به C باید باشد

۲- F رو به پایین گردد

$$F = I L B \sin \alpha$$

$$1 = I \times 2 \times 0.5 \times \sin 90^\circ$$

$$I = 1A$$



مبحث ۱۶:

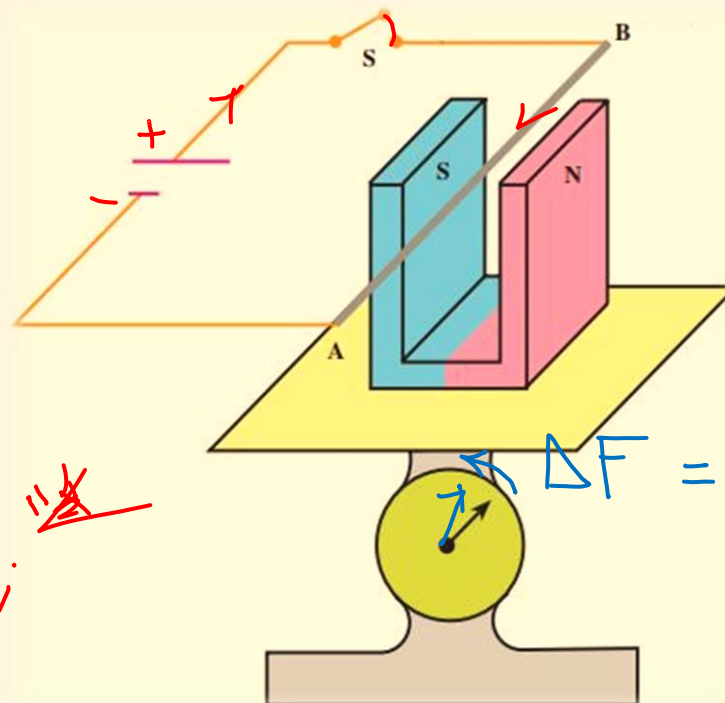
جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (قاعده دست راست، F سیم) – تکمیل بحث

امید برزوئی

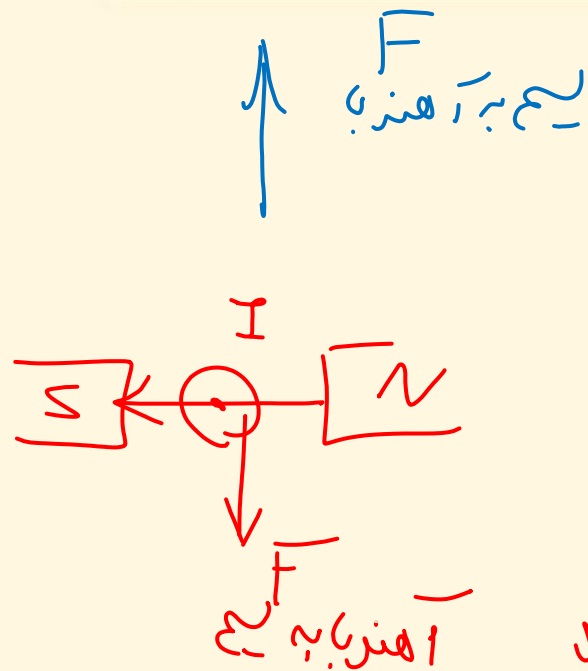


فعالیت ۳-۴

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای این آزمایش می‌توانید از ترازوهای دیجیتال (رقمی) با دقت $0.01g$ استفاده کنید.



نیروی وارد بر
سیم ΔF



نام ΔF



I

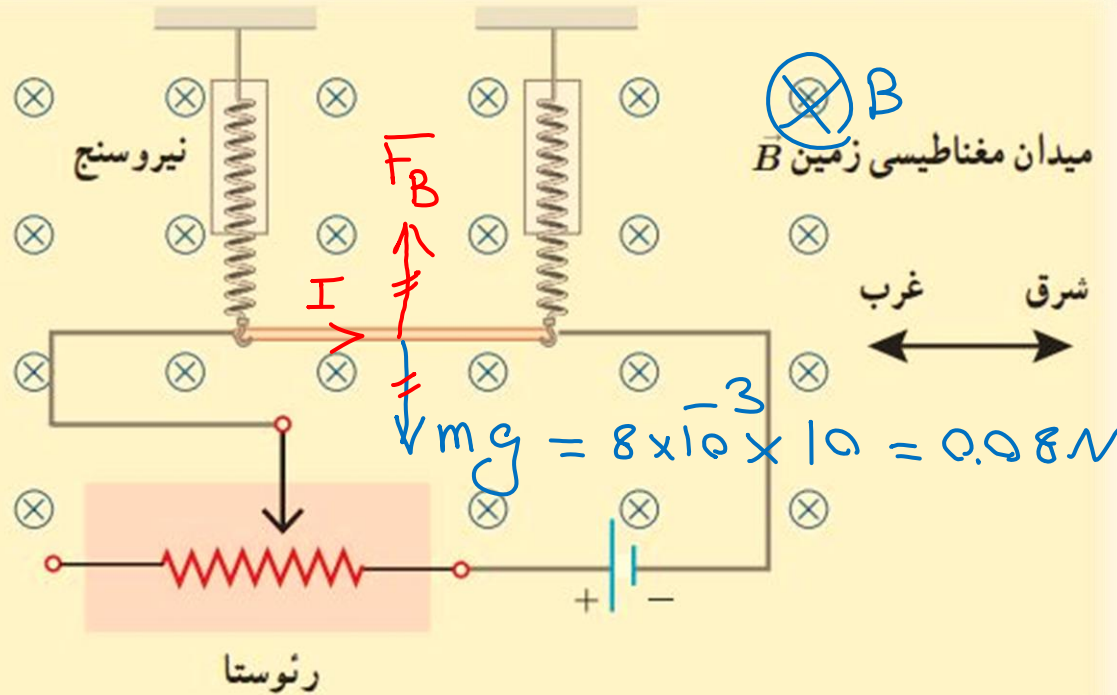
۱۰ یک سیم حامل جریان $1/6$ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده اند، به طور افقی و در راستای غرب - شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به طرف شمال و اندازه 0.5 mT بگیرید.

الف) اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید.
 ب) اگر بخواهیم نیروسنج ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم 8 گرم است ($g = 10 \text{ N/kg}$).

ب) $g \approx 10 \text{ N/kg}$

میدان مغناطیسی زمین B

شرق ←
↔
← غرب



الف $F = I L B \sin 90^\circ$

$F = 1.6 \times 1 \times 0.05 \times 1$

به هر متر

$F = 0.08 \text{ N}$

← غرب به شرق به اندازه 1.6 A بگذرانیم

نیروسنج ها از حالت کشیده شده در حالت صفر قرار می گیرند

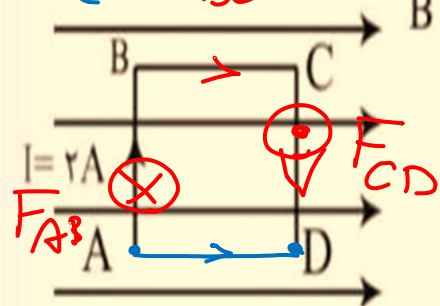


* برای سیم که تا شده در میدان مغناطیسی کافی است سیم که ابتدا دایره سیم را به هم وصل می‌کنید جا بکنید می‌بینیم.

۴۹- در شکل مقابل رسانای ABCD در یک میدان مغناطیسی یکنواخت 0.5 T قرار گرفته است. اگر

$AB = BC = CD = 20\text{ cm}$ باشد، جهت نیروی وارد بر هر سیم و اندازه برآیند نیروهای وارد بر سیم رسانا را حساب

کنید.



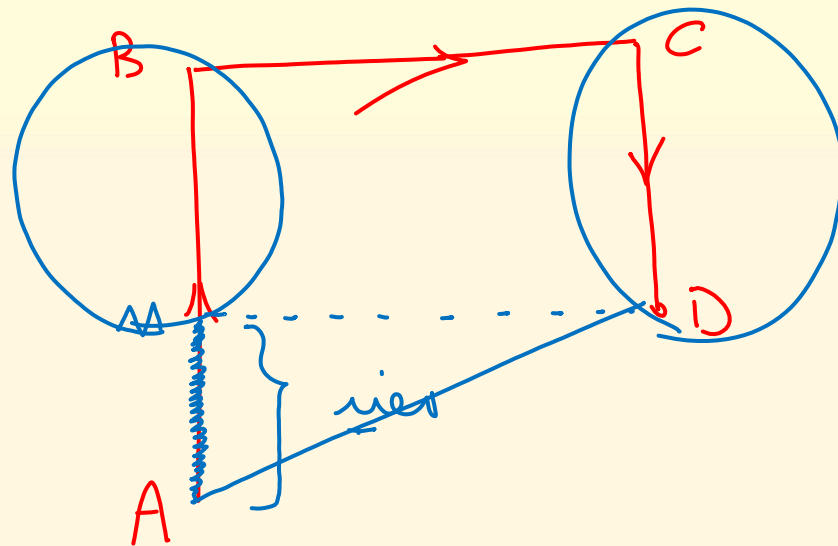
$$F_{AB} = I(AB)B$$

در وسط

$$F_{CD} = I(CD)B$$

بر وسط

$$F_{\text{برآیند}} = 0 \checkmark$$



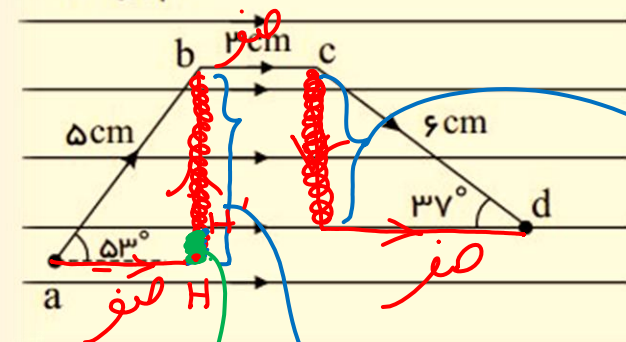
* وقتی اگر AB و CD هم اندازه نبوده برآیند صفر نمی‌شود

$$F_{\text{کل}} = F_{AM} = I \times (AM) \times B = ? \text{ N}$$



۶- مطابق شکل زیر، قطعه سیم $abcd$ که حامل جریان $A = 10$ است در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $5T$ قرار دارد. کدام گزینه به ترتیب بزرگی برآیند نیروهای وارد بر قطعه سیم بر حسب نیوتون و جهت آن را به درستی نشان می‌دهد؟

قلم چی - ۱۳۹۵



$$(\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0.8)$$

$$\sin 37^\circ = 0.6$$

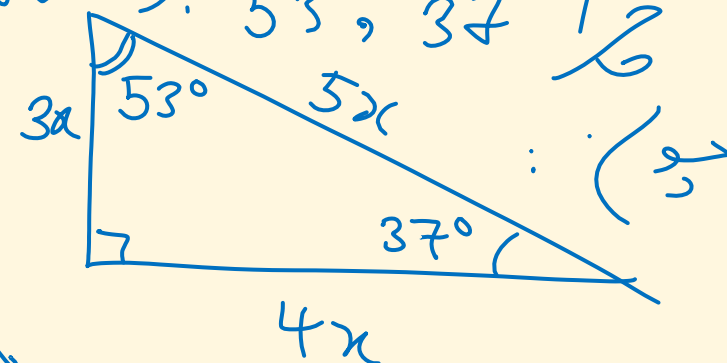
① ۸٫۳، برون سو

② ۸٫۳، درون سو

③ ۵٫۲، برون سو

④ ۵٫۲، درون سو ✓

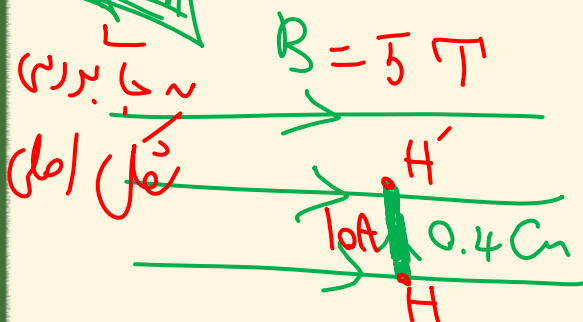
جز زاده که مورف پنداشته و لونه؟
 $0.6 \times 6 = 3.6$ Cm
 $0.8 \times 5 = 4$ Cm
 $4 - 3.6 = 0.4$ Cm



این سیم، سیم بیرون است (ب)

$$F_{\text{کل}} = I L \times B \times \sin \theta$$

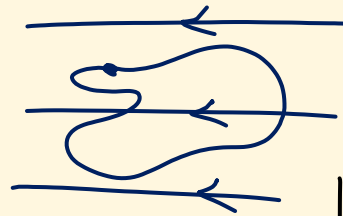
$$= 10 \times 0.4 \times 10 \times 5 = 0.2 \text{ N}$$



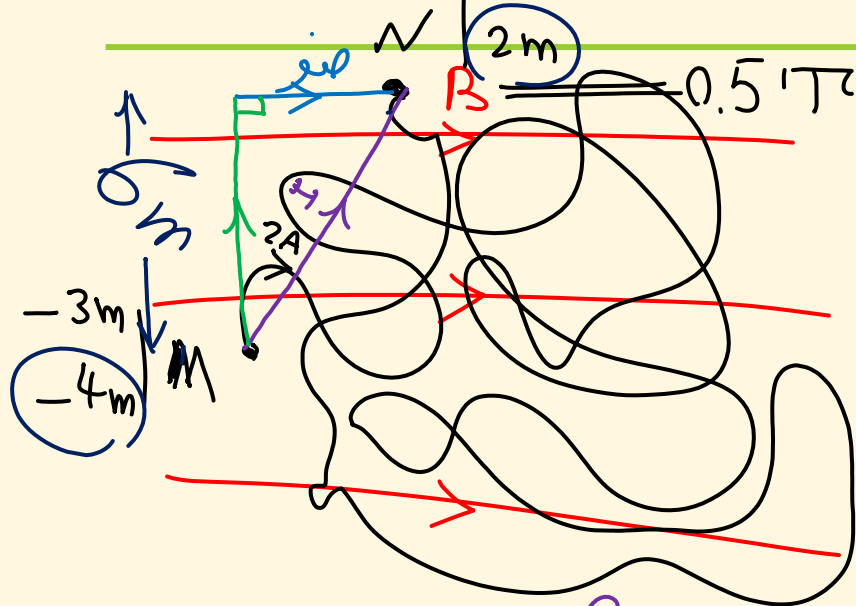


مبحث ۱۷:

از کاربردهای نیروی وارد بر سیم حامل جریان



(آمپر سنج و ولت سنج و موتور الکتریکی)



امید برزوئی

تاکر سیم مسکلی رنگ را با سیم رانی نه

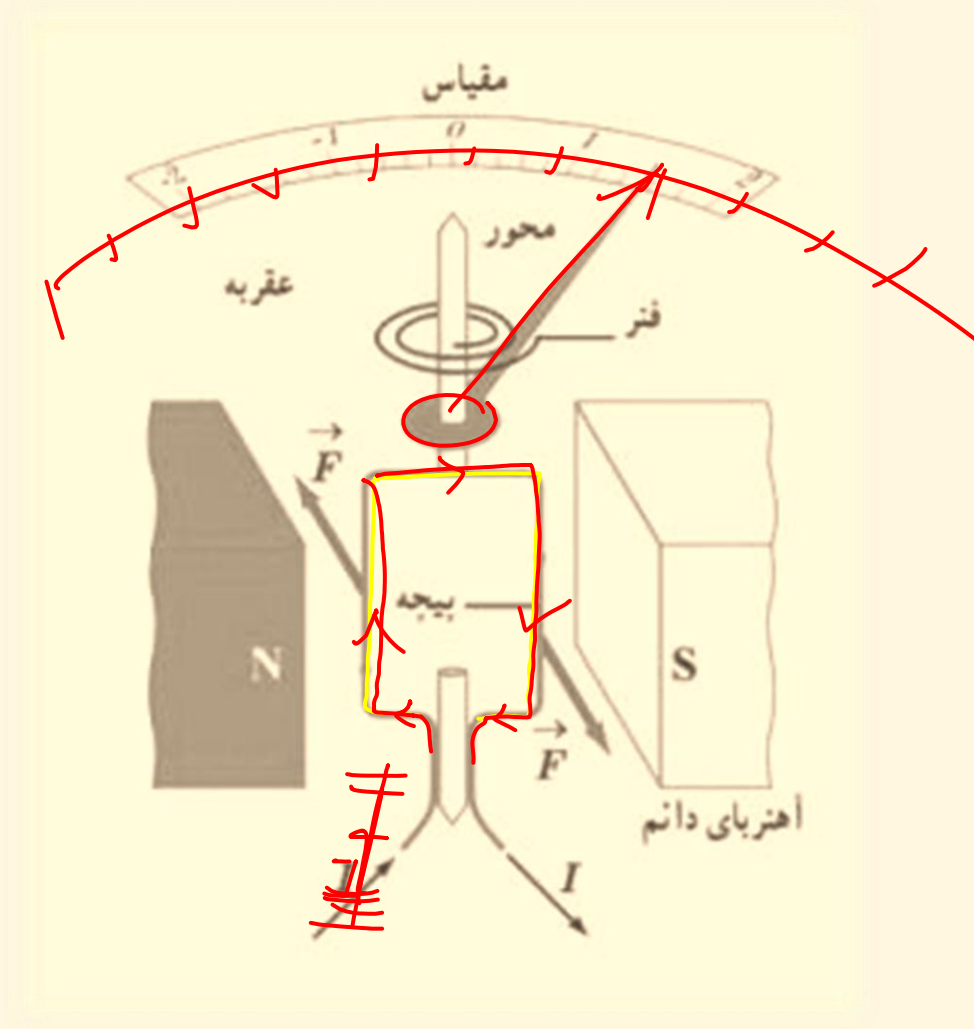
انته او استر آن با به وصل کنند

و توانیم عوض کنیم و نیز و طبق مایه

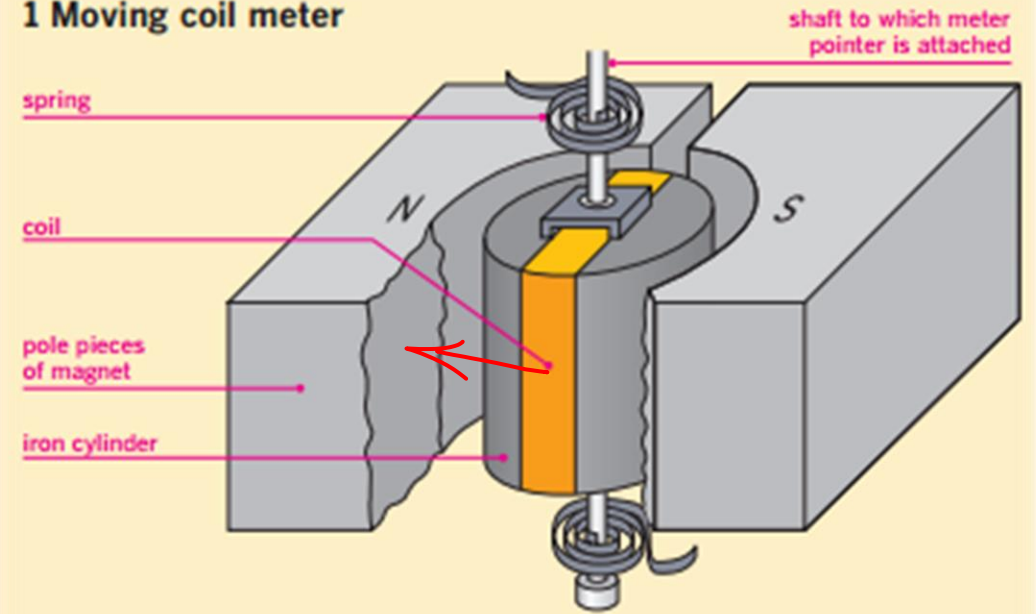
دست راست واضع آن نه در وینوم با به

به ج سیم بنفش نیز دو سیم محمد
دیوانی سیدان جاگزین نه
نه سیم محمد بر سیدان B
حاجه هر دو :

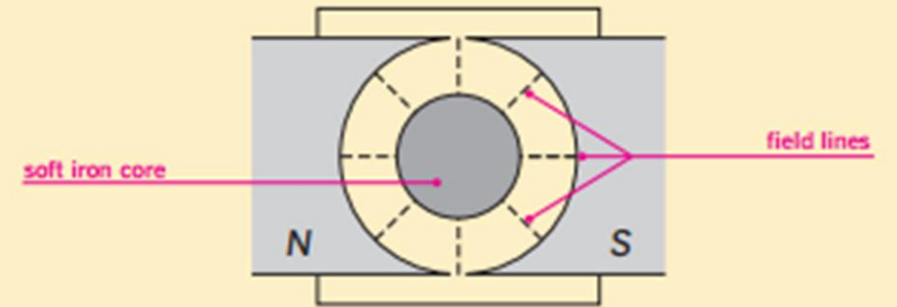
$$F_{\text{کل}} = I L B \sin 90^\circ \\ = 2 \times 6 \times 0.5 \\ = 3 \text{ N}$$



1 Moving coil meter

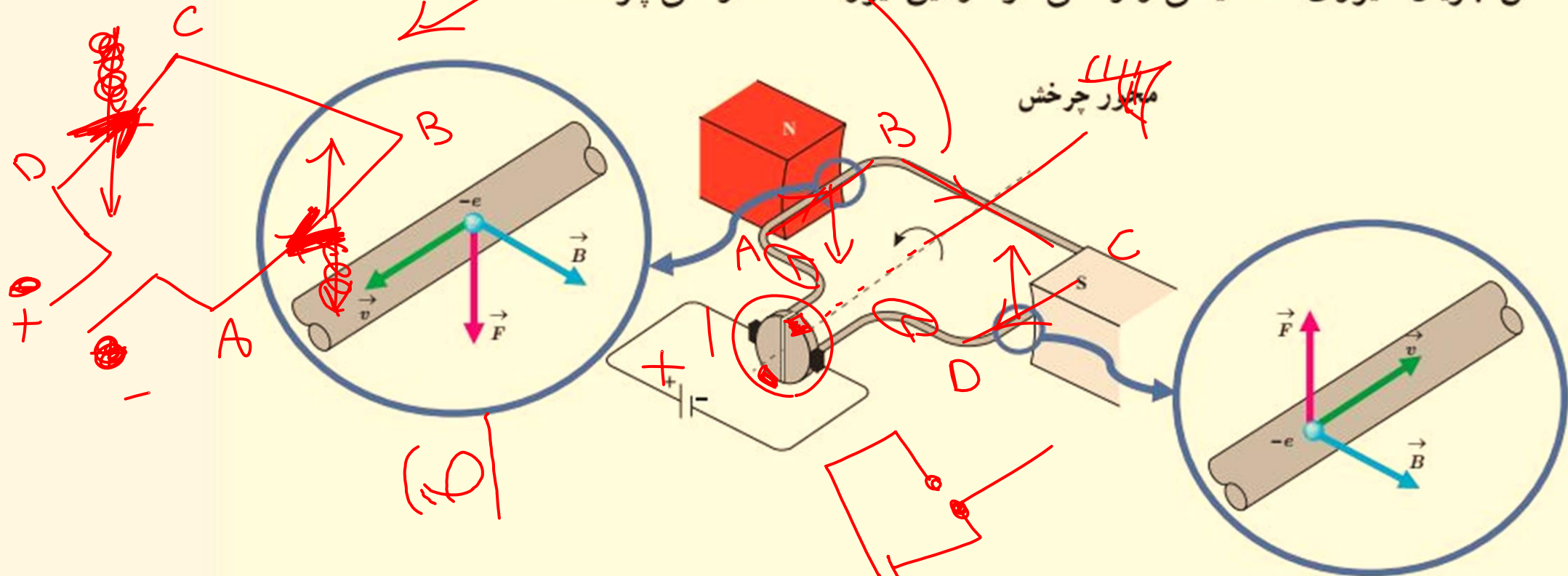


Illustrating the radial magnetic field





در هر موتور الکتریکی، سیم‌هایی وجود دارند که حامل جریان‌اند (یعنی بارهای الکتریکی در آنها در حرکت‌اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می‌کنند. از این رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود و این نیروها حلقه را می‌چرخاند.



شکل ۳-۱۱ طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت سوق v درون رسانا حرکت می‌کنند حلقه را می‌چرخاند.

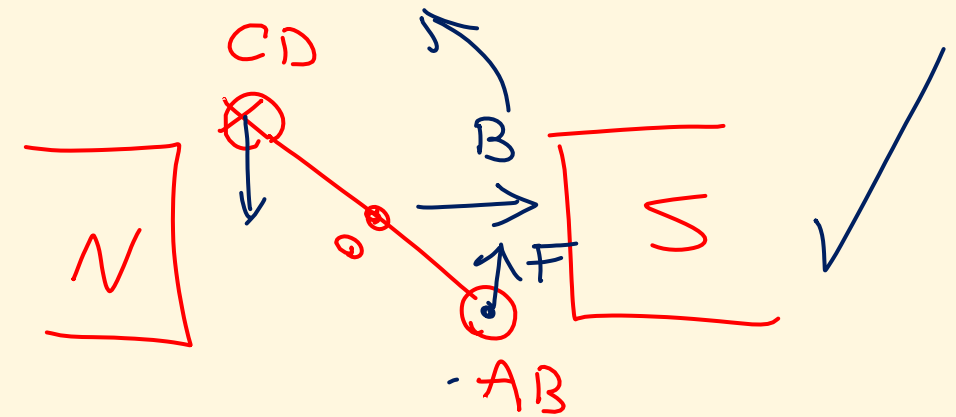
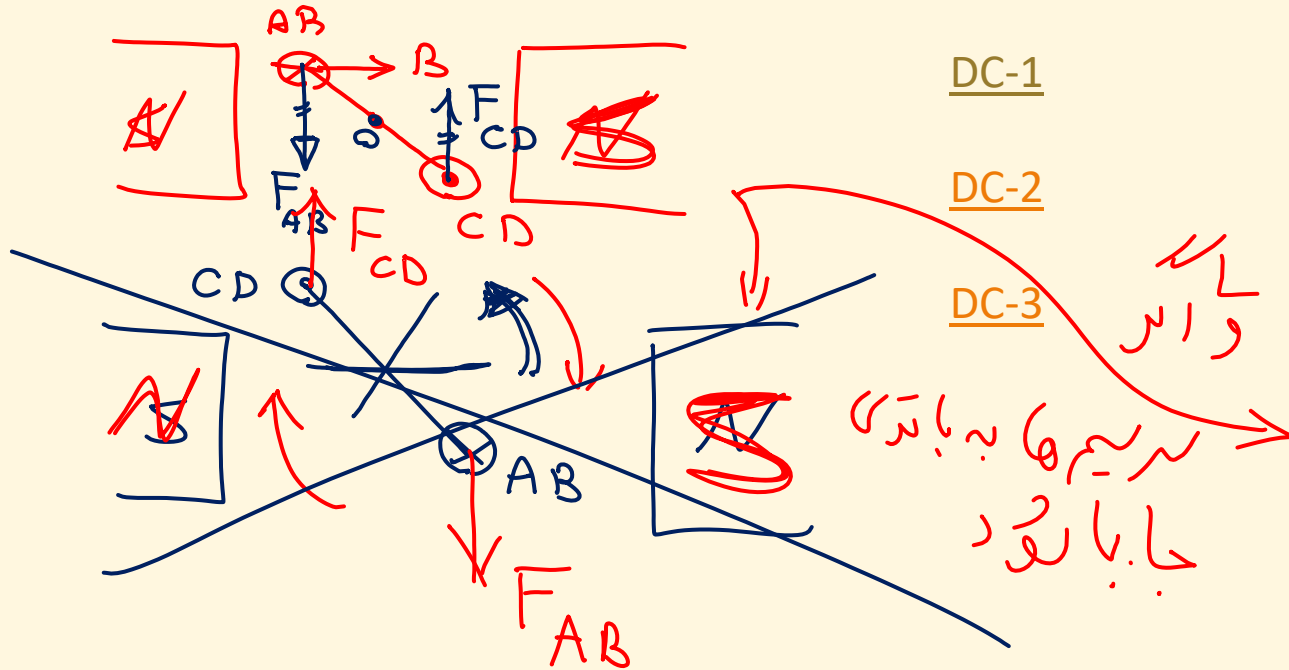


انیمیشن هایی از موتور الکتریکی (موتور DC)

DC-1

DC-2

DC-3





مبحث ۱۸:

آثار مغناطیسی جریان های الکتریکی

امید برزوئی



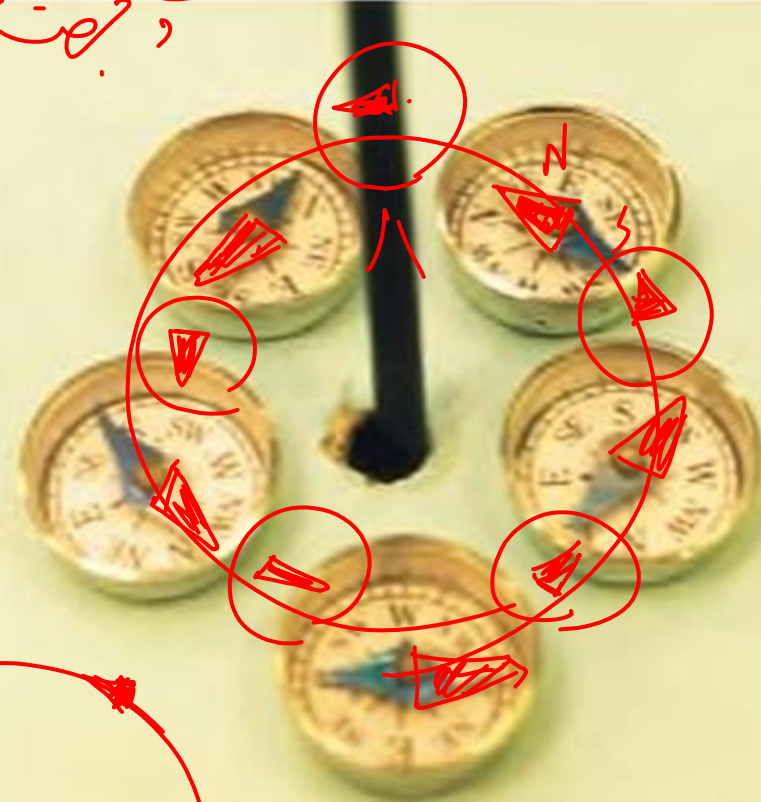
میدان B سیم راست فرمولی در کنار بیاوریم
که جهت میدان خطوط آن را باید بدانیم



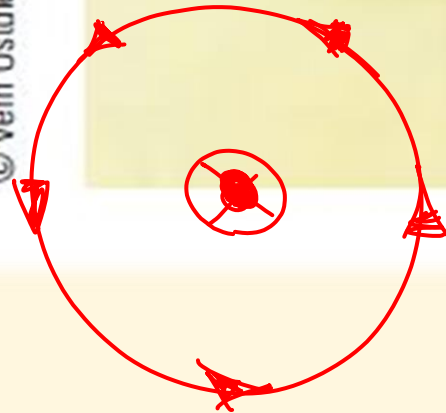
(a)



© Vern Ostdek



(b)





اورستد دانشمند دانمارکی، در سال ۱۸۲۰ میلادی ضمن انجام برخی آزمایش‌های الکتریسته، مشاهده کرد که عقربه مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی منحرف می‌شود (شکل ۳-۱۴). او با انجام دادن آزمایش‌های بیشتر کشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا، در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد. این کشف اورستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکتریسته و مغناطیس بود که به گسترش مبحث الکترومغناطیس انجامید. در این بخش، به بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم‌ها می‌پردازیم.

آزمایش اورستد که اتفاقی صورت گرفت

انیمیشن

آزمایش تجربی

- ① ذره باردار F با سیم
- ② سیم با بار B
- ③ سیم با بار B با حلقهٔ سیم



هانس کریستیان اورستد (۱۷۷۷-۱۸۵۱)

فیزیک‌دان و شیمی‌دان مشهور دانمارکی است که تأثیر بسیار بزرگی در تاریخ فیزیک گذاشته است. کشفیات وی در زمینه الکتریسیته و مغناطیس، اولین گام در شکل‌گیری نظریه الکترومغناطیس بود. اورستد که معمولاً در کلاس‌هایش به انجام آزمایش هم می‌پرداخت، در یکی از روزهای سال ۱۸۲۰ میلادی، در حالی که مشغول آموزش الکتریسیته و تولید جریان با پیل الکتریکی بود، متوجه انحراف جهت عقربه قطب‌نمایی شد که در کنار سیم حامل جریان قرار داشت. در ابتدا تصور کرد که ممکن است جریان هوای پیرامون سیم حامل جریان سبب انحراف عقربه شده است، اما با انجام آزمایش‌هایی دقیق‌تر، به ارتباط مستقیم الکتریسیته و مغناطیس پی برد. به دنبال این کشف مهم، دانشمندان دیگری همچون آمپر، فاراده، هانری، ماکسول و هرتز تحقیقات در الکترومغناطیس را ادامه دادند. اورستد در حوزه فلسفه هم مطالعاتی داشت و همچنین یکی از دوستان نزدیک داستان‌نویس مشهور کودکان، هانس کریستیان آندرسن بود.

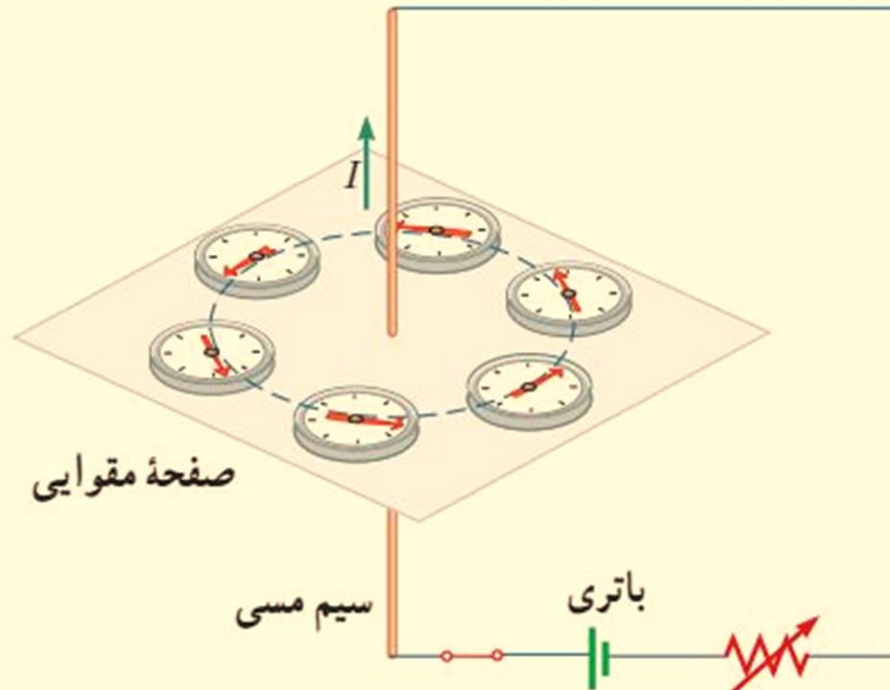
* اورستد هنگام قطع و وصل کلید یک مدار متوجه شد قطب نماهای روی میز جهتشان تغییر می‌کند یعنی سیم حامل جریان در اطراف خود، میدان مغناطیسی دارد.

* هر سیم حامل جریانی در اطراف خود میدان B تولید می‌کند در اینجا سه هندسه و حالت خاص از سیم‌های حامل جریان را بررسی می‌کنیم.

(۱) سیم راست حامل جریان

(۲) حلقه‌ی دایره‌ای (پیچه مسطح دایره‌ای) حامل جریان

(۳) سیم‌لوله حامل جریان





مبحث ۱۹:

۱- سیم حامل جریان

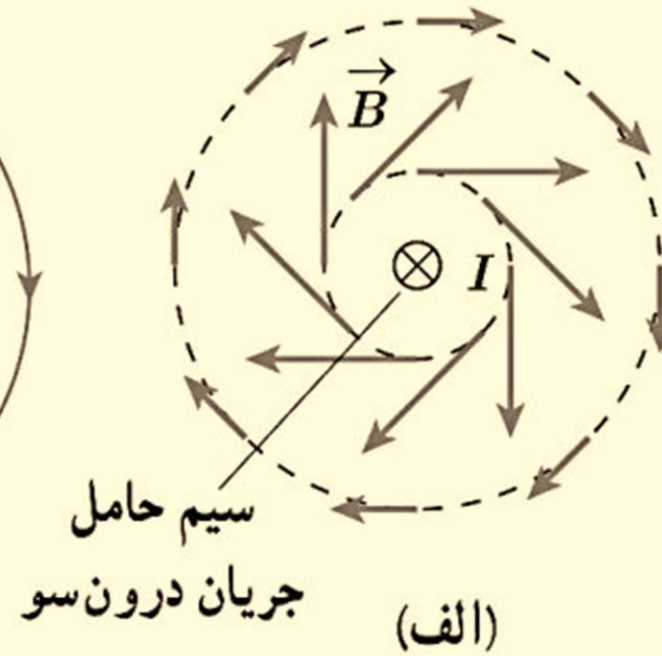
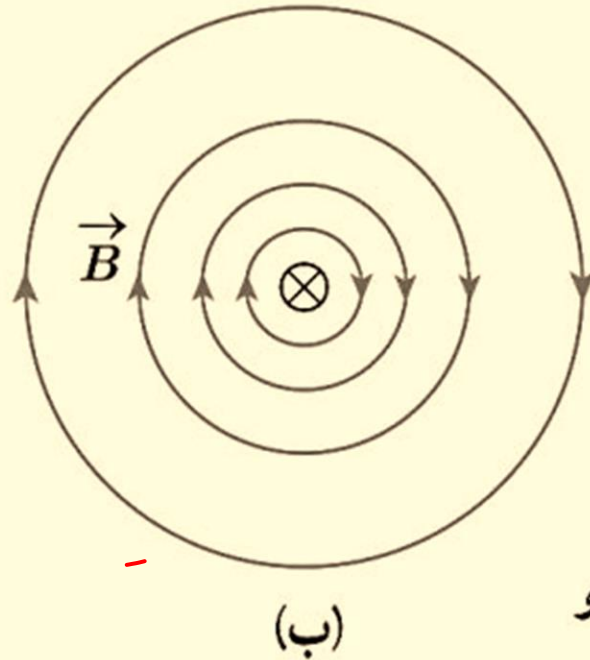
امید برزوئی

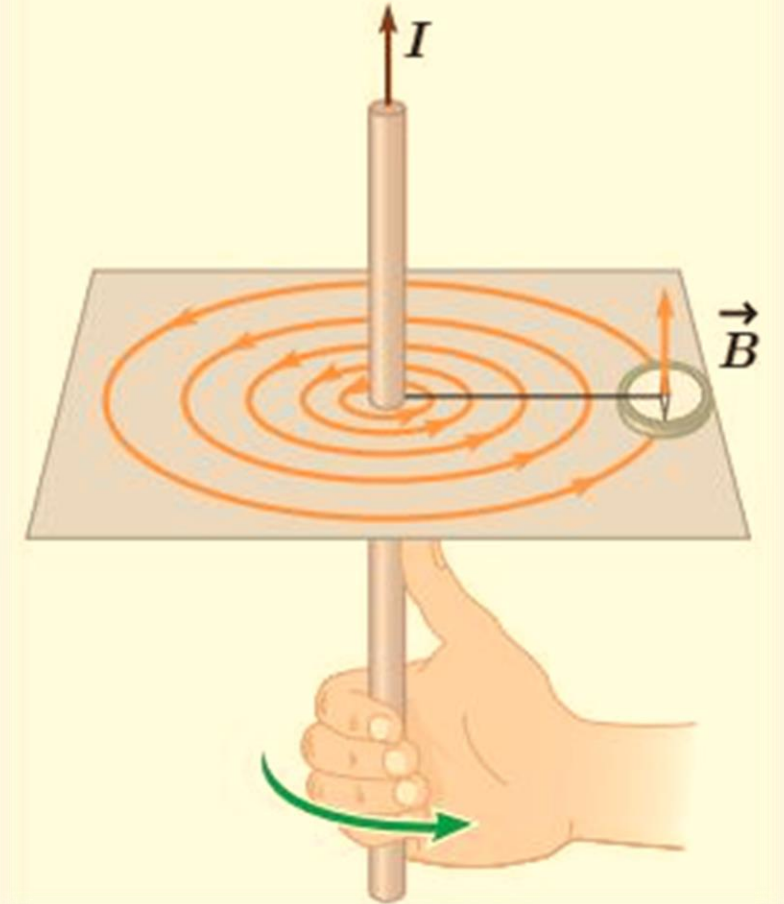
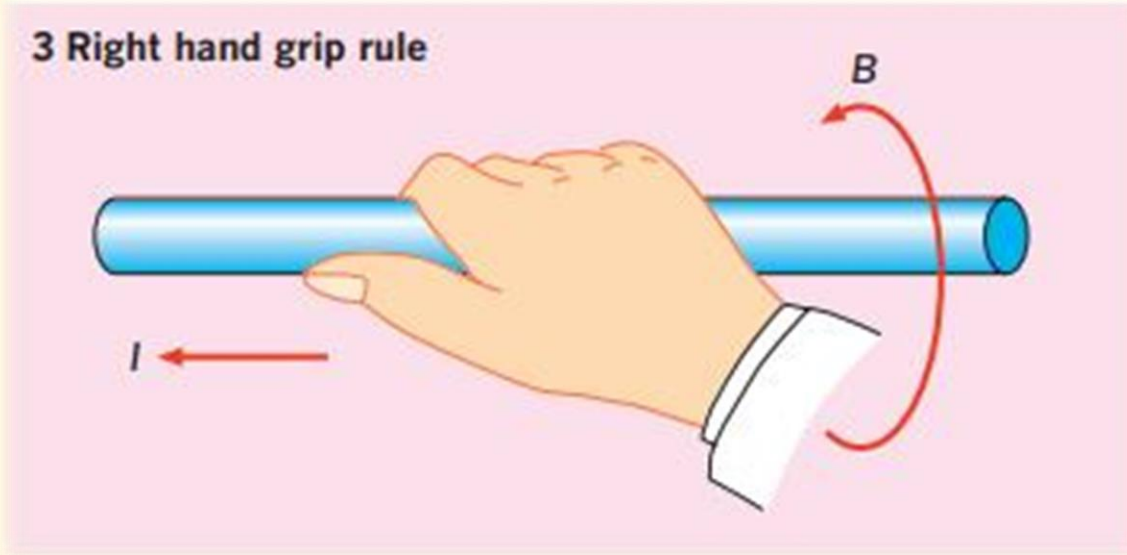


* در تطبیق با نتایج آزمایشگاه می توان از دست راست برای تعیین جهت میدان B کمک گرفت.

(۱) اگر انگشت شست دست راست را با I همسو کنیم جهت چرخش چهار انگشت نشان دهنده جهت چرخش خط های میدان مغناطیسی است.

* همانطور هم که در مورد میدان الکتریکی بیان شد در هر نقطه از یک خط میدان، مماس، نشان دهنده بردار $\vec{B}$ است. (شکل زیر را ببینید)



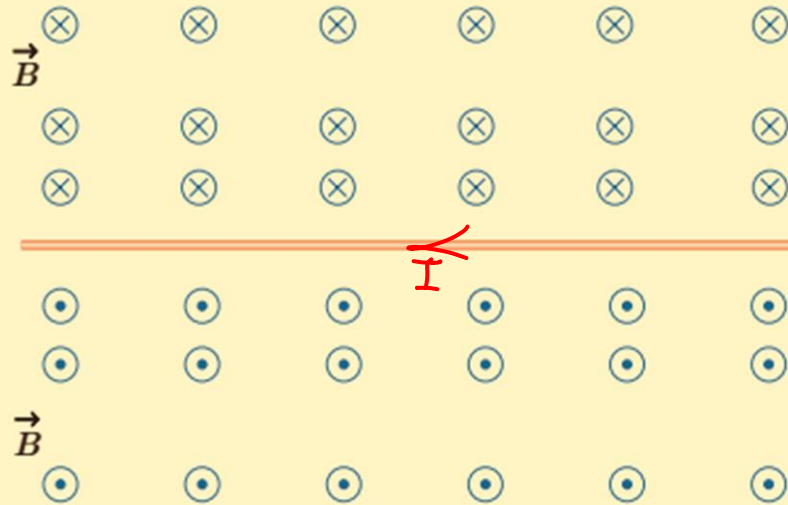


قاعده دست راست برای میدان سیم راست (B سیم راست)



پرسش ۳-۶

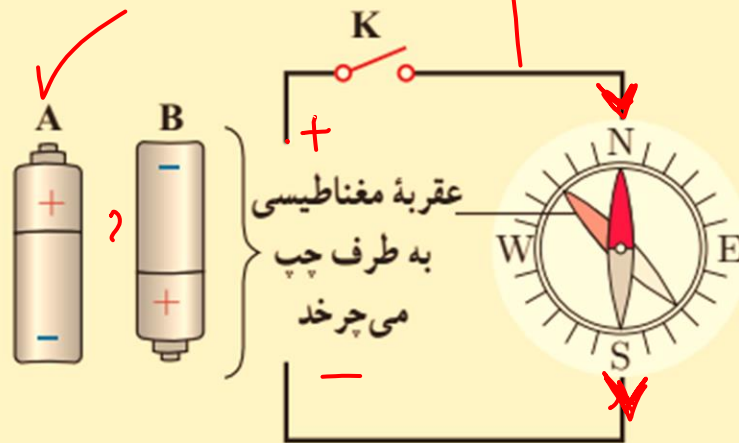
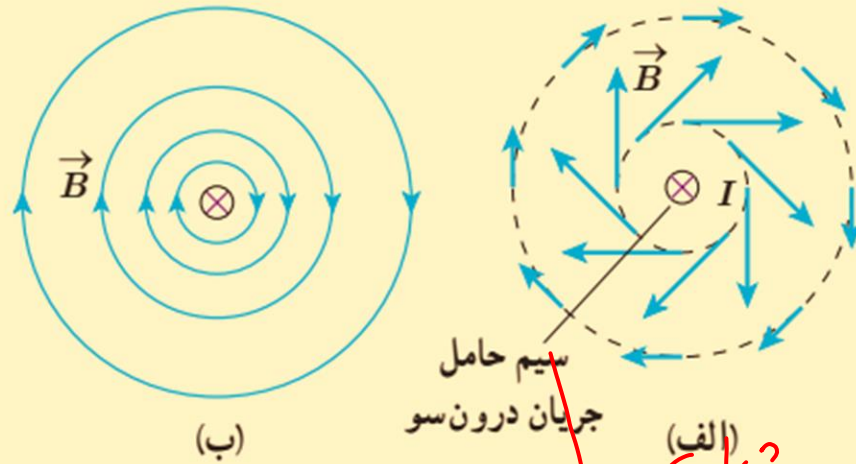
شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سو و در ناحیه پایین آن برون سو است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.





پرسش ۳-۷

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



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



جنوب

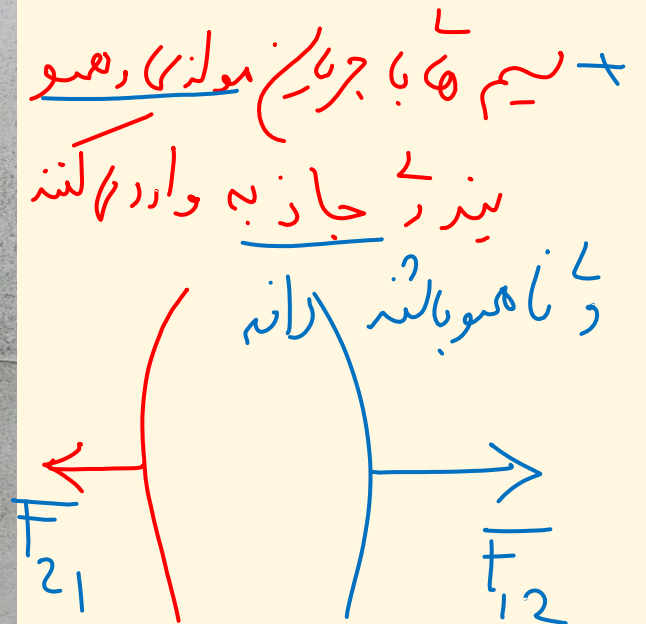
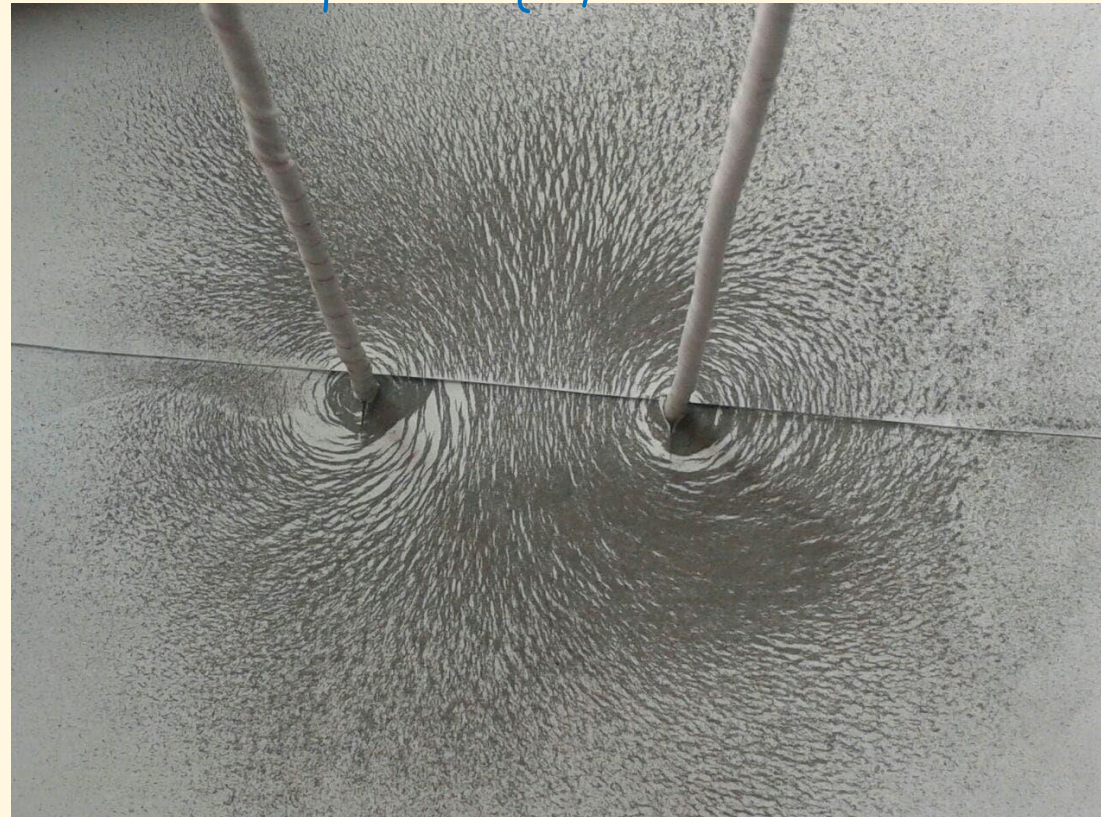
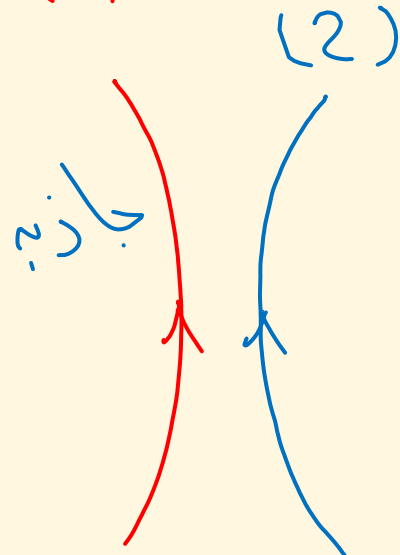
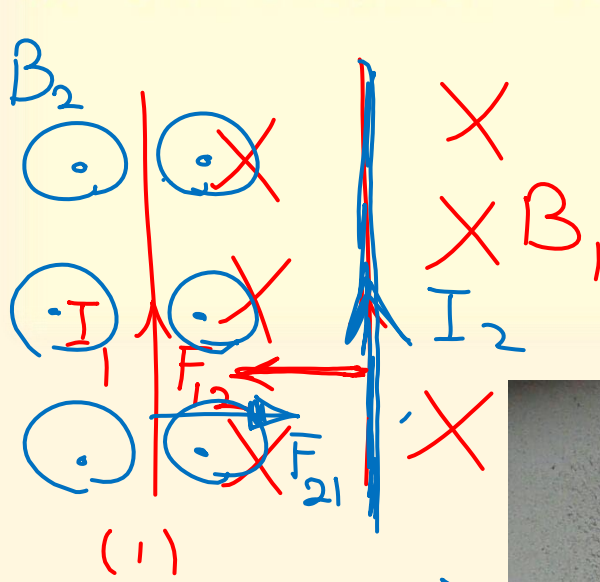
۱-

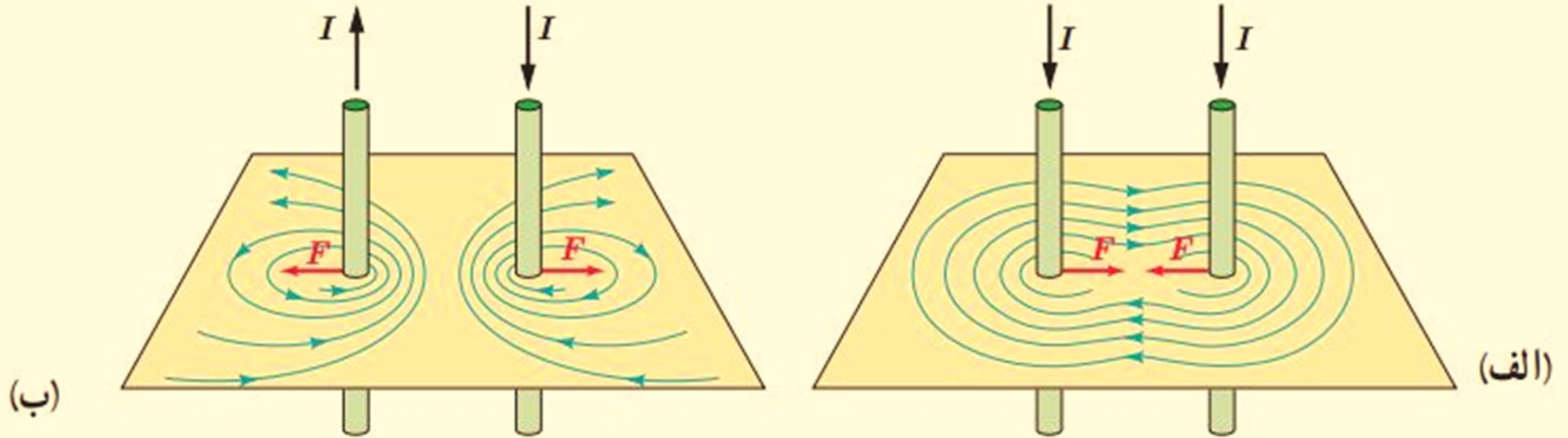


* چون سیم حامل جریان میدان B تولید می کند واضح است که اگر سیم دیگری حامل جریان در کنار آن باشد آن سیم از طرف میدان B نیرو دریافت خواهد کرد و البته بالعکس.

* سیم‌های با جریان موازی و همسو یکدیگر را جذب می کنند. چرا؟

* سیم‌های با جریان موازی و ناهمسو و یکدیگر را دفع می کنند. چرا؟

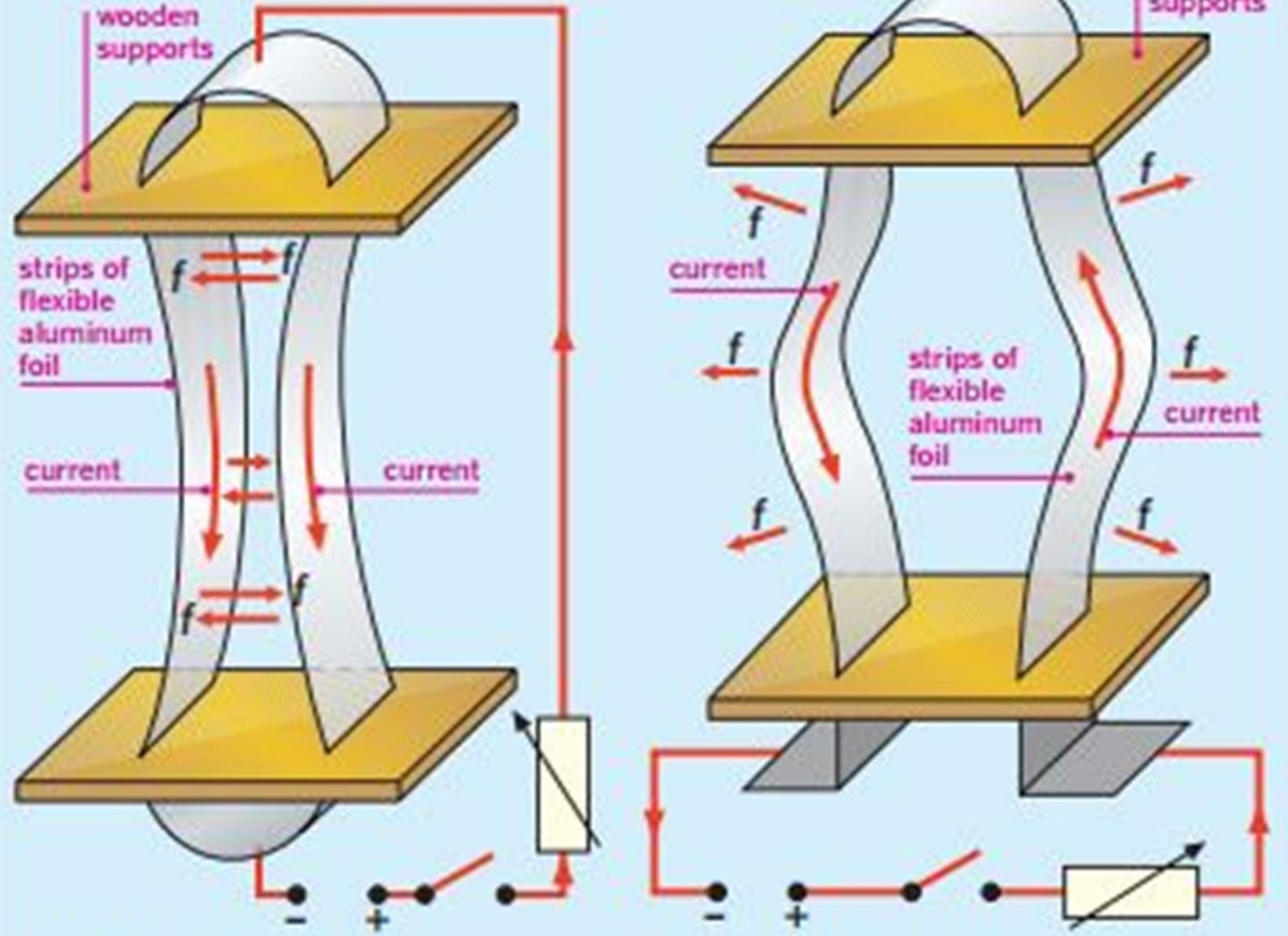




نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان و رسم خطوط
میدان مغناطیسی برآیند آنها. الف) برای جریان‌های همسو، ربایشی
است و ب) برای جریان‌های ناهمسو، رانشی است.



1 Force between current carrying wires



Currents in same direction

Currents in opposite direction

نیروی بین سیمهای موازی با جریان همسو

نیروی بین سیمهای موازی با جریان ناهمسو



مبحث ۲۰:

سیم راست حامل جریان (ادامه مثال ها)

امید برزوئی



۱۲

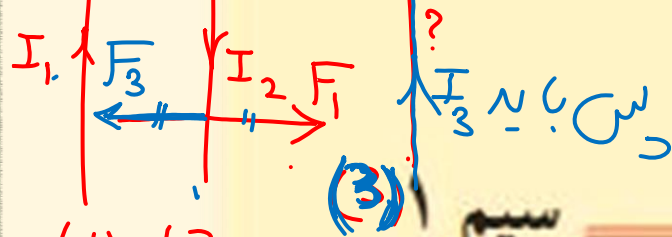
شکل زیر، دو سیم موازی و بلند حامل جریان را نشان

التر نندوی دارد بر سیم (2)

محور باشد رابع به

I_1 و I_2 می مقابله ای و دور در

نقطه A صفر باشد، جهت جریان آن را در سیم ۲ پیدا کنید.



سیم (3)

(1) (2)

و چون (3) دورتر است باید

$$I_3 > I_1$$

سیم ۲

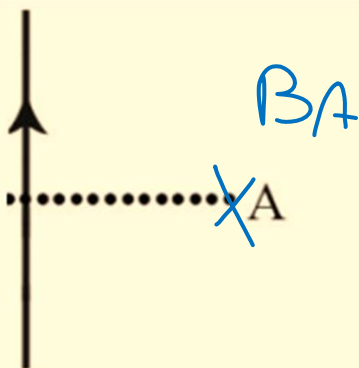
I_1

و س باید I

B_1 درونش $\otimes$ پس باید B_2 برونی بوده باشد $B_2 = 0$ $B_1 = 0$ $A \cdot B_{12} = 0$

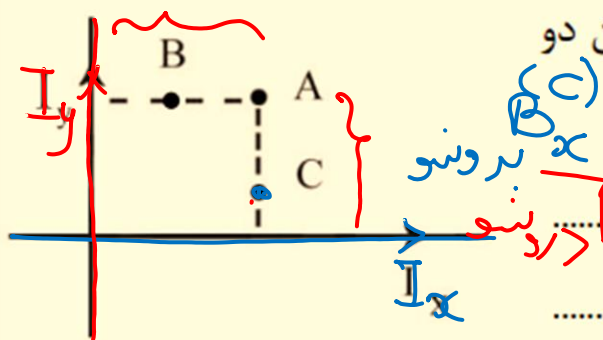


۱۱- جهت جریان در سیم راست طولی مطابق شکل رو به رو است. جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان در نقطه A را تعیین نمایید.



درونو BA

۱۲- در کدام یک از نقاط زیر امکان صفر شدن میدان مغناطیسی برآیند در آن نقطه وجود دارد؟ بزرگی جریان دو سیم برابر است. ($I_x = I_y$)

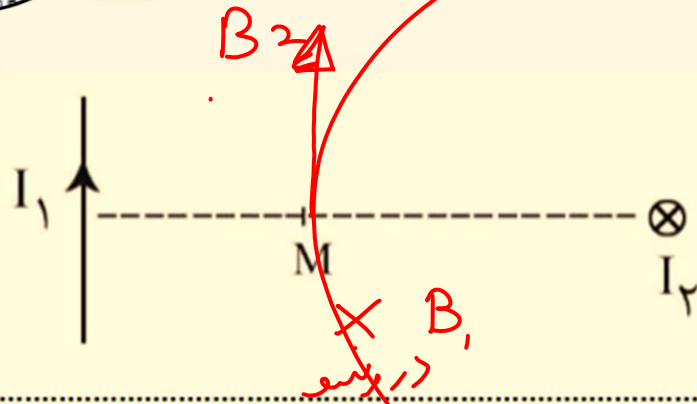


درونو (C) (B) (A)

در نقاط B و C یک سیم را نزدیکترند و میدان آن قوی تر است پس امکان صفر شدن وجود ندارد
فقط در A جایی امکان هست

۱۳- در سؤال قبل اگر جریان سیم قائم بیشتر بود پاسخ چه می شد؟ اگر جریان سیم افقی بیشتر بود چطور؟

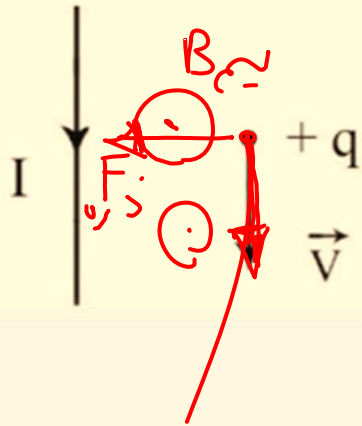
باید دقت کرد که با جریان که ضعیف تر به آن نزدیک تر است جستجو کنیم یعنی C



۱۴- در شکل زیر، میدان مغناطیسی سیم (۱) در نقطه M برابر $2 \times 10^{-5} \text{ T}$ و سیم (۲) نیز $2 \times 10^{-5} \text{ T}$ است. اندازه برآیند میدان مغناطیسی را در نقطه M را به دست آورید.

$$B_{1,2} = B_{\text{کل}} = B_M = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \quad B_2$$

$$= \sqrt{2 \times 2 \times 10^{-5}} = 2\sqrt{2} \times 10^{-5} \text{ T}$$



۱۵- در شکل مقابل مسیر تقریبی حرکت ذره را با استدلال رسم کنید.



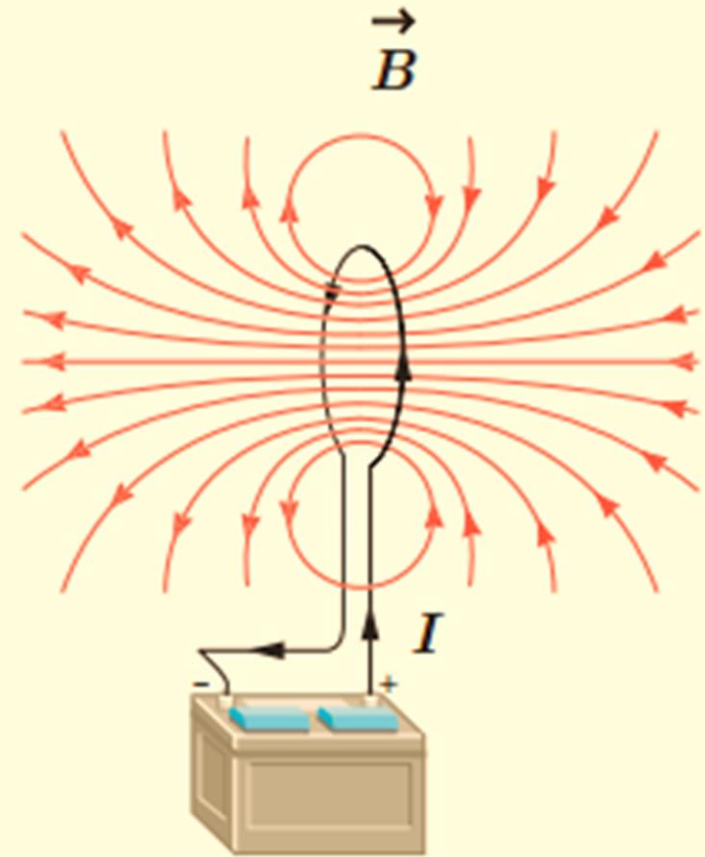
مبحث ۲۱:

۲- حلقه یا پیچه دایره ای حامل جریان

امید برزوئی



مشاهده و تشکیل خطهای میدان مغناطیسی حلقه یا پیچه دایره ای



(الف)



(ب)



در مورد یک حلقه دایره‌ای (یا کلاف دایره‌ای یا پیچه مسطح) حامل جریان خط‌های میدان از یک رخ حلقه وارد و از رخ دیگر آن خارج می‌شوند. مانند دسته گلی که در مشت ساقه هایشان را گرفته ایم، از یک سو ساقه ها به مشت ما وارد و از بالا خارج می‌شوند. بنابراین هر حلقه حامل جریان یک رخ N و یک رخ S دارد.

* گرچه با همان شیوه دست راست که برای سیم راست بیان شد می‌توان برای حلقه‌ی جریان نیز رخ N و S آن را پیدا کرد ولی ساده تر آن است که چهار انگشت را در جهت گردش جریان بچرخانید در این صورت انگشت شست جهت خط‌های میدان (و البته رخ N) مغناطیسی حلقه را نشان می‌دهد.



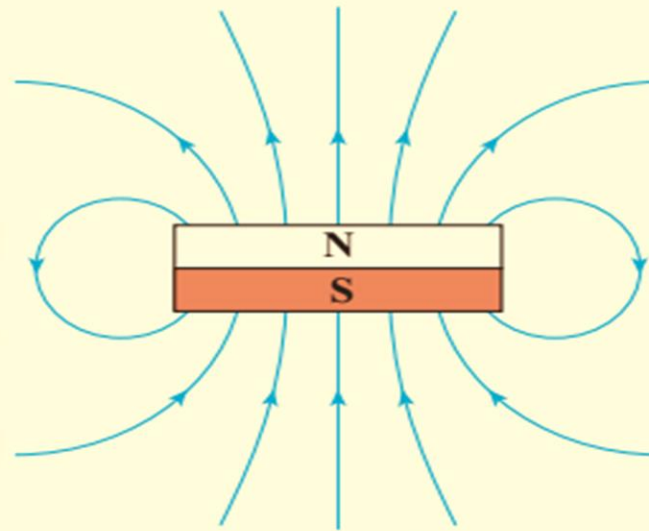
قاعده دست راست برای حلقه یا پیچه جریان (قاعده B حلقه)



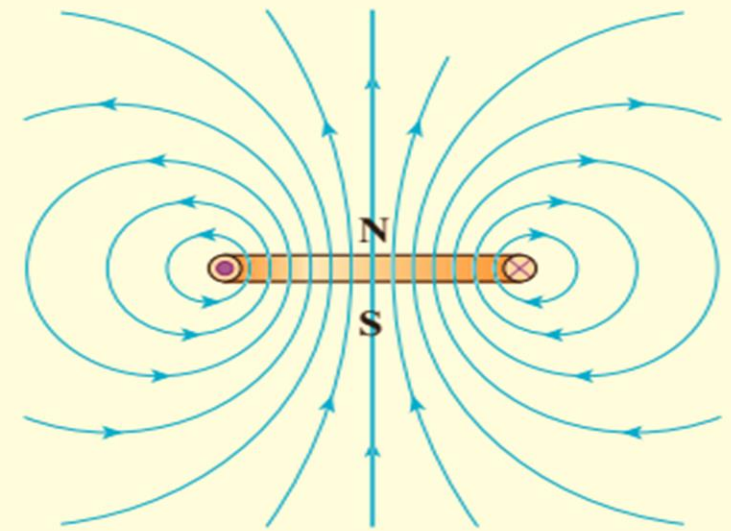
بررسی و مقایسهٔ میدان مغناطیسی یک حلقهٔ حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره‌ای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است (شکل ۳-۱۸). به همین دلیل، هر حلقهٔ حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



(پ) آهنربای تخت دایره‌ای



(ب) آهنربای دائم

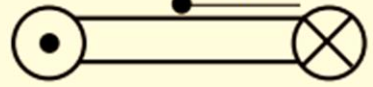


(الف) حلقهٔ حامل جریان

شکل ۳-۱۸ حلقهٔ حامل جریان دو قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تخت دایره‌ای شکل است.

منشاء آهنربای بزرگ زمین را به یاد آورید



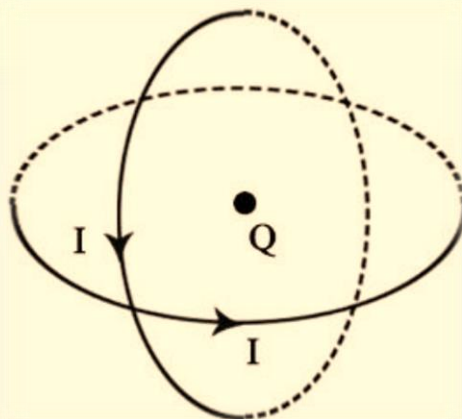
* گاهی برای سادگی در شکل‌ها حلقه‌ای مانند  را که خط چین‌ها نشانه‌ی پشت صفحه بودن هستند به شکل  نشان می‌دهند که نشانه ورود جریان به داخل کاغذ از راست و خروج آن از چپ است.

* میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در مرکز حلقه (O) دقیقاً بر سطح حلقه عمود است و برای حلقه‌ای به شعاع R و دارای N دور سیم که حامل جریان I باشد از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu \cdot NI}{2R}$$

که $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ یک ثابت فیزیکی مربوط به خلاء و در ارتباط با مغناطیس است به نام تراوایی مغناطیسی خلاء

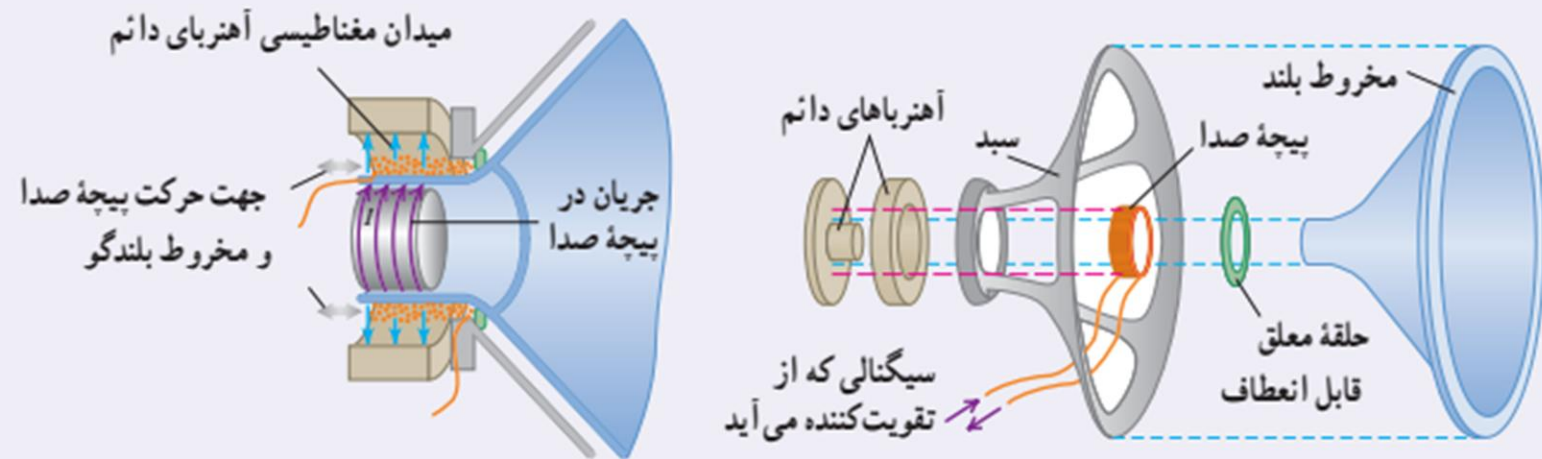
تذکر: این رابطه و فقط مسائل محاسباتی که مستلزم استفاده از این فرمول است مربوط به رشته تجربی نمی‌شود ولی سؤالات کیفی حلقه جریان همچنان برای رشته تجربی نیز پابرجاست.





خوب است بدانید: طرز کار بلندگو

یک کاربرد متداول نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در بلندگوها یافت می‌شود (شکل زیر). میدان مغناطیسی که توسط آهنربای دائمی تولید می‌شود نیروی بر پیچۀ صدا وارد می‌کند که با جریانی که از پیچه می‌گذرد متناسب است؛ جهت این نیرو بسته به جهت جریان، به طرف راست یا به طرف چپ است. جریانی که از تقویت کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریان تقویت کننده، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.

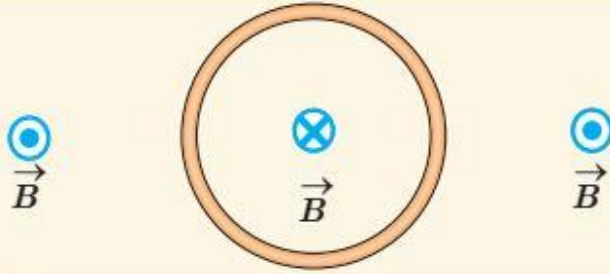


اجزای یک بلندگو. آهنربای دائمی میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که نیروهایی بر جریان‌هایی که از پیچه صدا می‌گذرد وارد می‌کند؛ برای جریان I که در شکل نشان داده شده است نیرو به طرف راست است. اگر جریان الکتریکی در پیچه صدا نوسان کند، مخروط بلندگو که متصل به پیچه صداست با همان بسامد نوسان می‌کند.

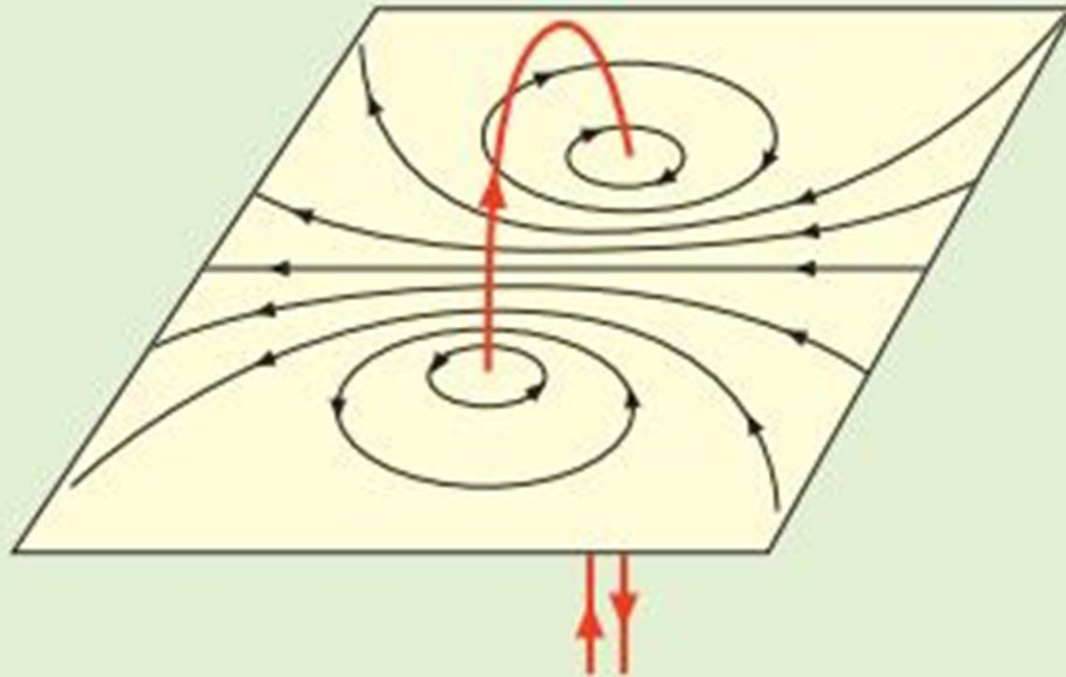


پرسش ۳-۸

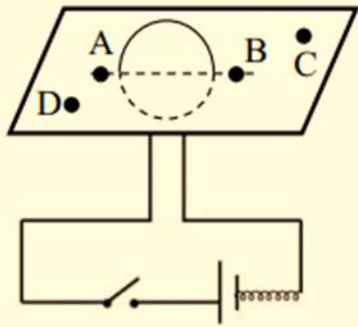
شکل روبه‌رو، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.



1 Field pattern produced by wire loop



۳۶- مطابق شکل یک حلقه را داخل صفحه مقوایی عبور می‌دهیم. اگر عقربه مغناطیسی را در نقاط داده شده قرار دهیم با رسم شکل جهت‌گیری عقربه را به صورت کیفی نشان دهید.



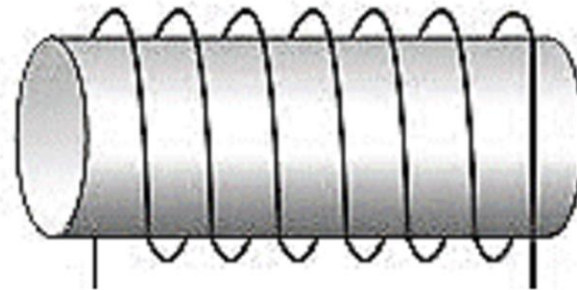
۳۷- در سؤال قبل اگر در مسیر AB (محور حلقه) الکترونی از A به سمت B پرتاب شود مسیر حرکت الکترون چگونه خواهد شد؟ چرا؟



مبحث ۲۲:

۳- سیملوله حامل جریان

امید برزوئی

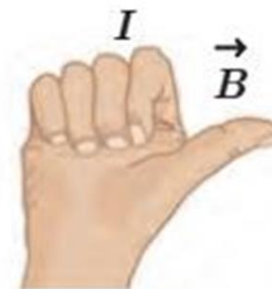


مشاهده و تشکیل خطهای میدان مغناطیسی سیملوله

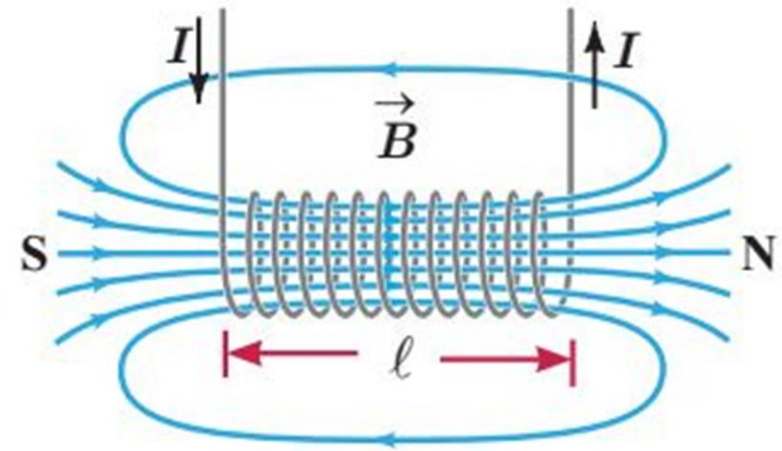
* اگر سیمی روکش دار را به صورت یک فنر که در آوردیم که مابین حلقه‌های آن فاصله‌ای نباشد در فضای اطراف و بیشتر در درونش خطهای میدان مغناطیسی تقریباً یکنواختی شکل می‌گیرد. به گونه‌ای که یک سر سیملوله قطب N و سر دیگر آن قطب S می‌شود.



(پ)



(ب)

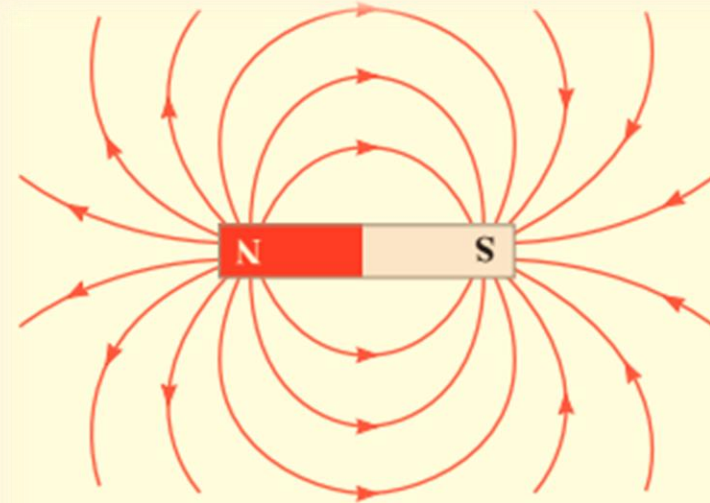
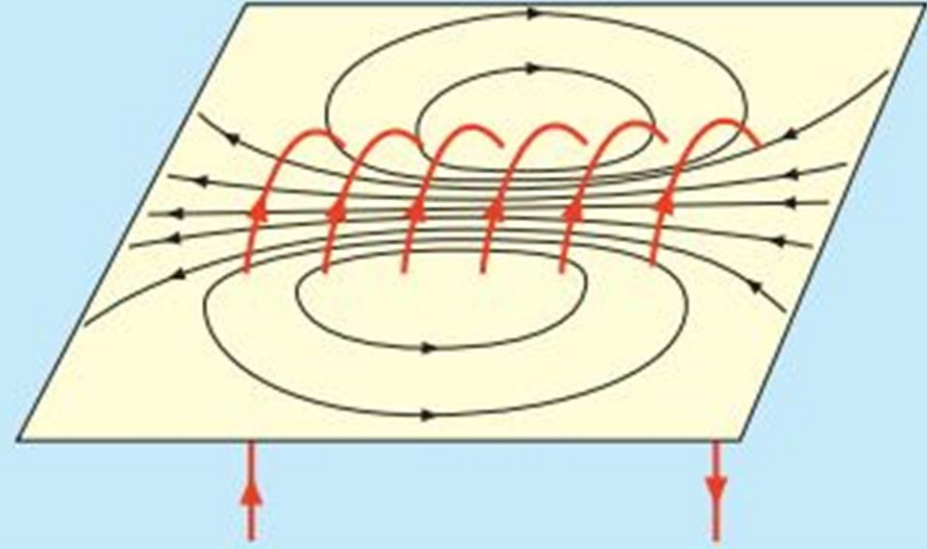


(الف)

* اگر سیم‌ها فاصله‌ای بینشان نباشد و طول سیملوله هم از قطر آن نسبتاً بیشتر باشد سیملوله را ایده آل می‌گوییم.



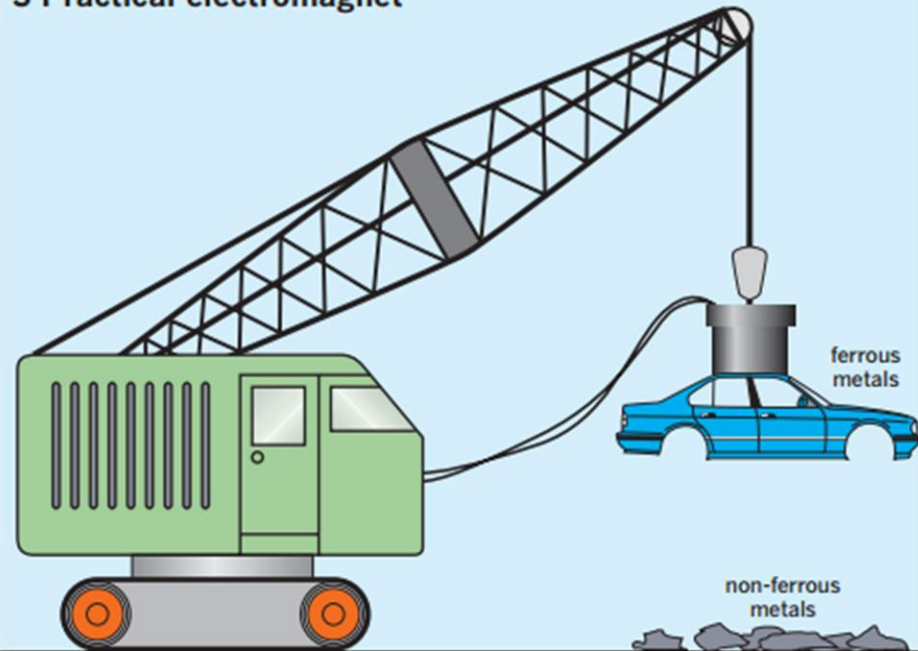
2 Field pattern produced by solenoid



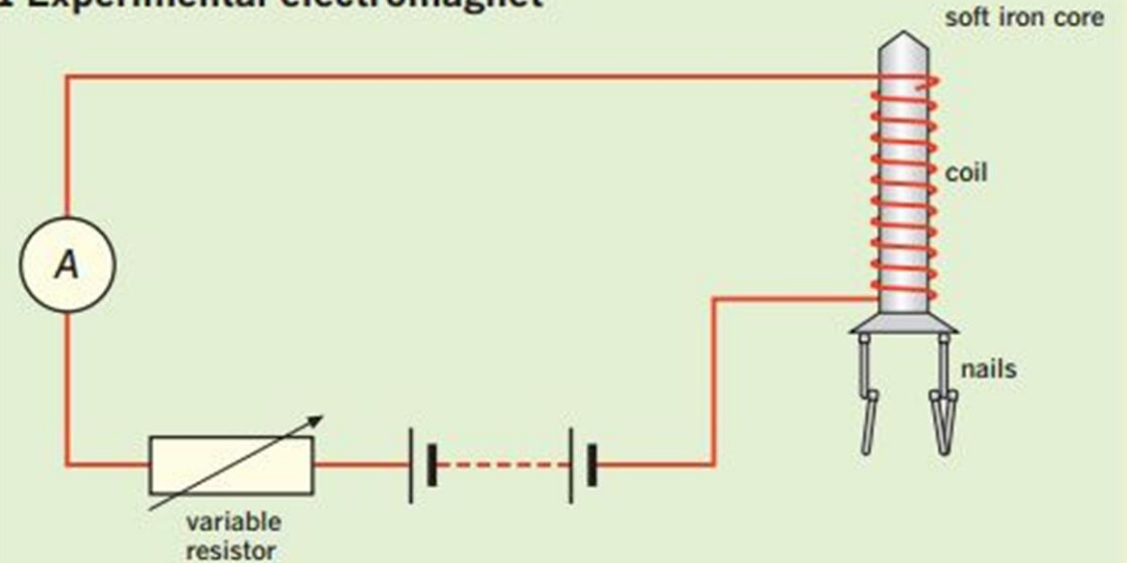


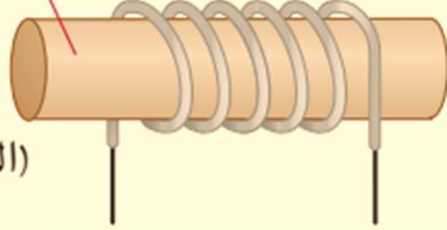
- * سیملوله های حامل جریان همان آهنرباهای الکتریکی هستند که از دوران ابتدایی نیز با پیچیدن سیمی به دور یک میخ آهنی، آن ها را می ساختیم.
- * در عمل میدان مغناطیسی سیملوله بدون هسته آهنی بسیار ناچیز بوده و در عمل کاربردی ندارد. چرا که هسته آهنی میدان مغناطیسی را تقویت می کند.
- * از کاربردهای آهن ربای الکتریکی بلند کردن قراضه های آهنی در محیط های صنعتی است.

3 Practical electromagnet

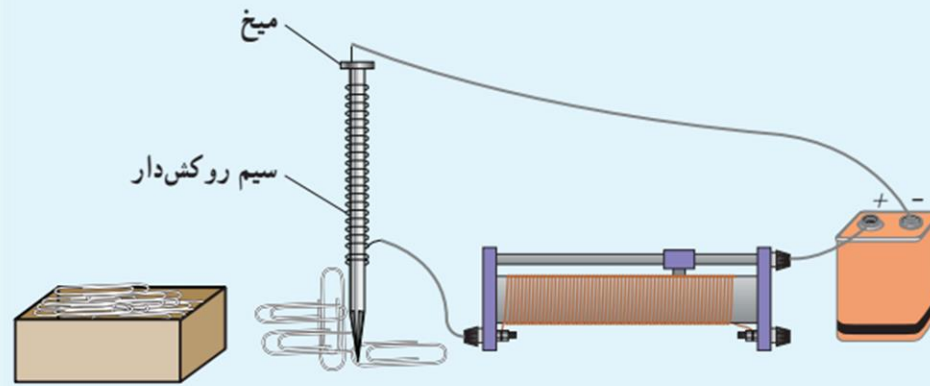


1 Experimental electromagnet





فعالیت ۳-۶



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



* اگر سیم ها فاصله ای بینشان نباشد و طول سیملوله هم از قطر آن نسبتا بیشتر باشد سیملوله را ایده آل می گوئیم.

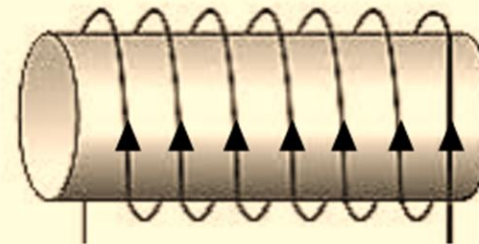
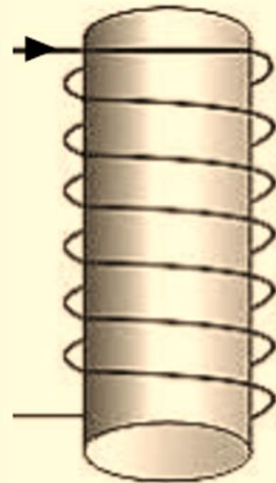
* برای یک سیملوله ایده آل شامل N دور سیم که جریان I از آن می گذرد و طولی برابر ℓ دارد (طول فنر سیملوله منظور را، نه سیم بکار رفته) اندازه میدان B یکنواخت درونش از فرمول زیر تعیین می گردد.

از هم اکنون در نگارش L_0 , ℓ , L دقت کنید

$$B = \frac{\mu \cdot NI}{\ell} , \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

* جهت میدان B همانند حلقه جریان جهت انگشت شست دست راست است. هنگامی که چهار انگشت با چرخش جریان هماهنگ شده باشد.

مثال: در شکل های زیر میدان درون سیملوله به چه سمتی است؟



توجه: فرمول سیملوله هم برای تجربی و هم برای ریاضی است.



فعالیت ۳-۵

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



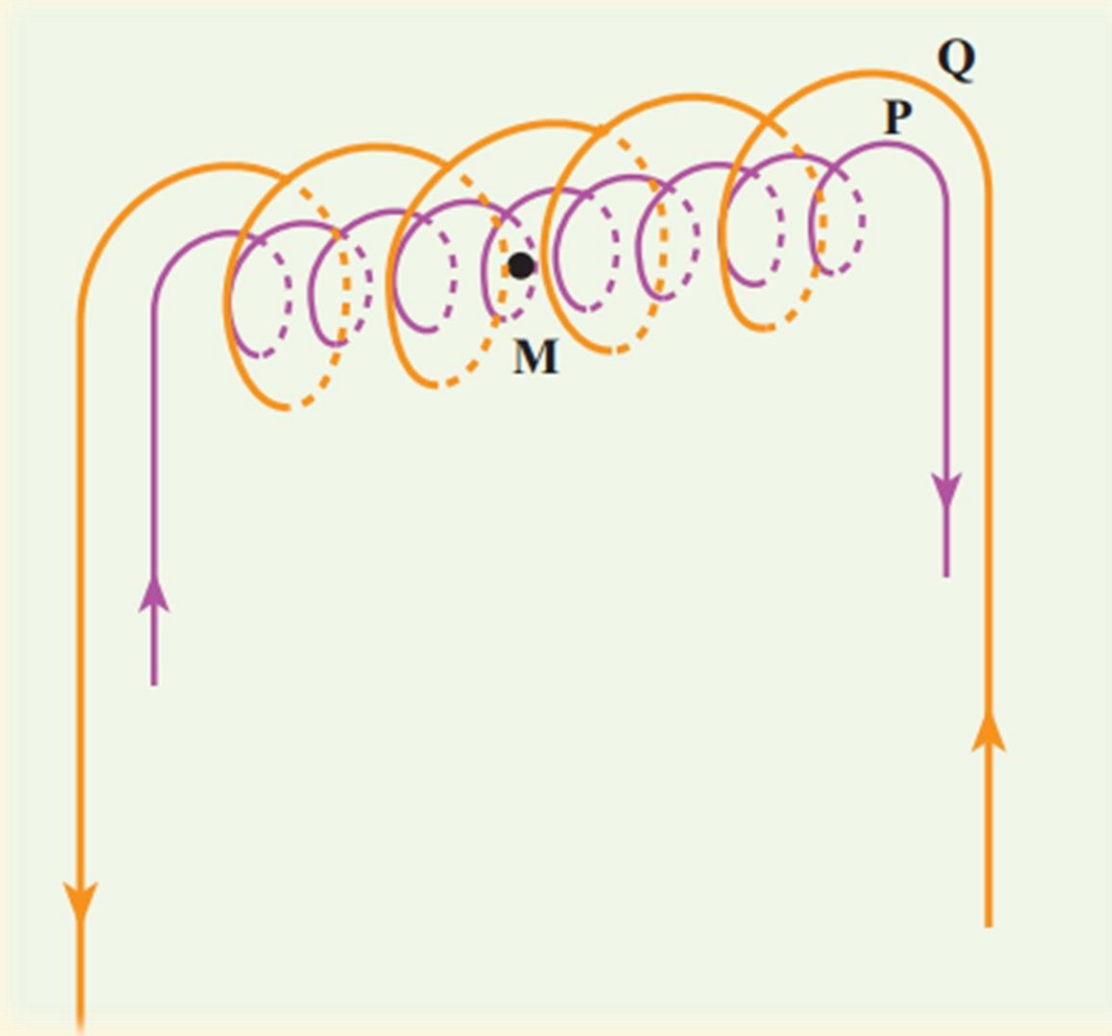
(a)



(b)



(c)



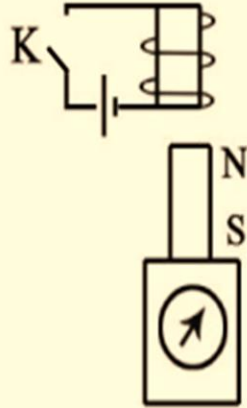
۱۴ در شکل زیر دو سیملوله P و Q هم محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملوله P برابر 200° و تعداد دور سیملوله Q برابر 300° است. اگر جریان $1A$ از سیملوله Q عبور کند، از سیملوله P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟



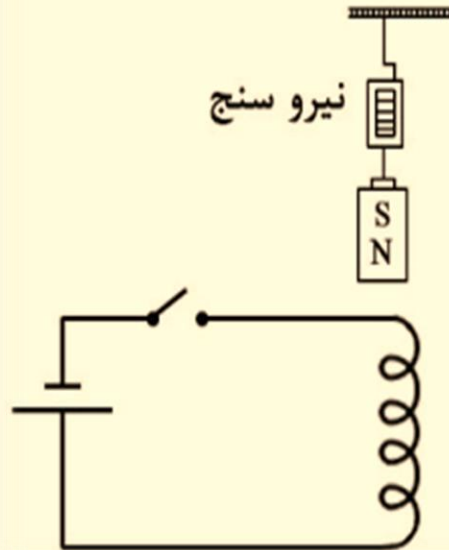
+

-

۵۳- در شکل زیر، با بستن کلید K عددی که ترازو نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ چرا؟



۵۴- در شکل مقابل، با بستن کلید عدد نیروسنج چگونه تغییر می‌کند؟ برای پاسخ خود دلیل بیاورید.

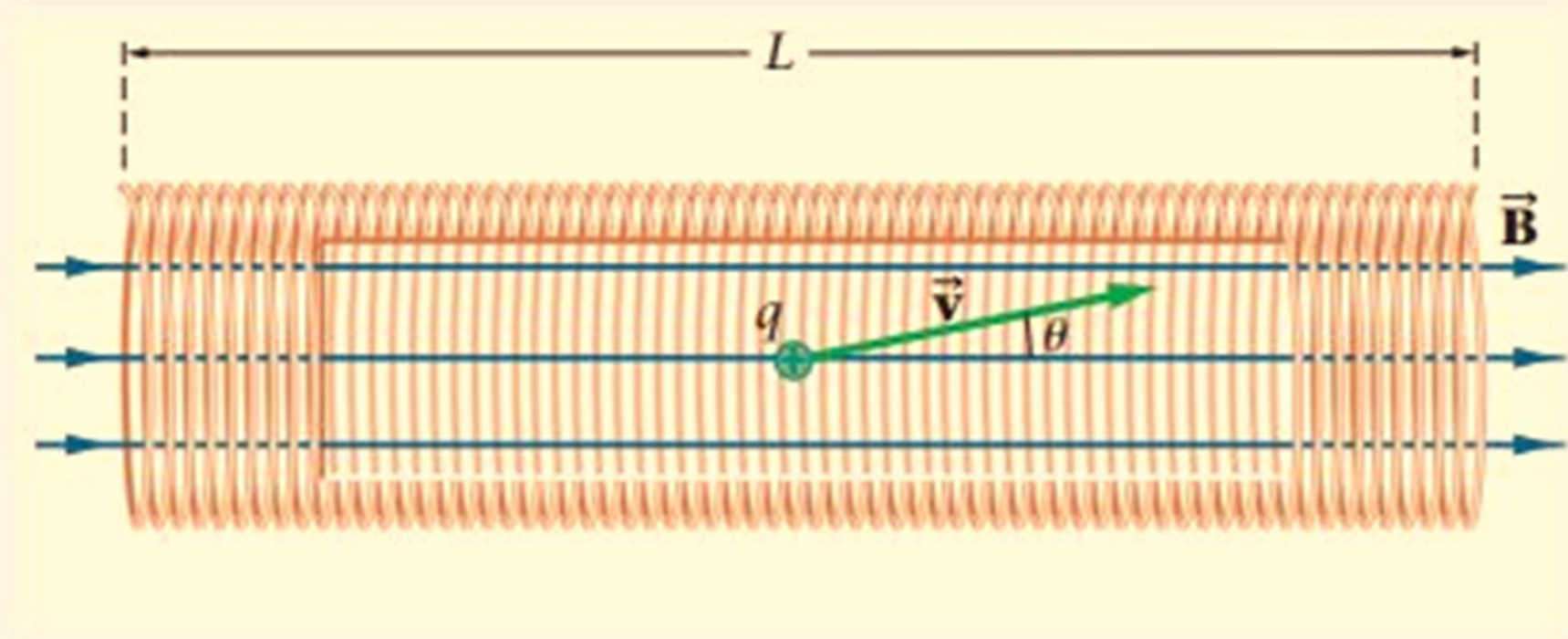




۷۲- سیم لوله ای شامل ۲۵۰ حلقه است که دور یک لوله پلاستیکی توخالی به طول ۰/۱۲ متر پیچیده شده است. اگر جریان گذرنده از سیم لوله $۸A$ باشد، اندازه میدان مغناطیسی درون سیم لوله را حساب کنید. ($\pi \approx ۳$)

۷۳- میدان مغناطیسی روی محور و درون سیم لوله ای که از آن جریان $۱۰A$ می گذرد برابر $۳/۱۴T$ است. اگر طول سیم لوله $۵۰cm$ باشد، سیم لوله از چند حلقه تشکیل شده است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} SI$)

۷۴- سیم لوله ای آرمانی به طول $۸cm$ که ۶۲ حلقه شامل ۴۰۰ دور حلقه است، چه جریانی عبور دهیم تا میدان مغناطیسی درون سیم لوله دور از لبه ها 4×10^{-3} تسلا شود؟





مبحث ۲۳:

ویژگی های مغناطیسی مواد

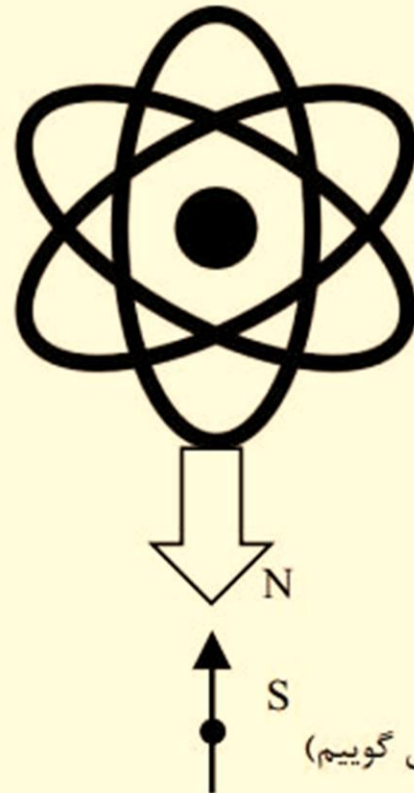
امید برزوئی



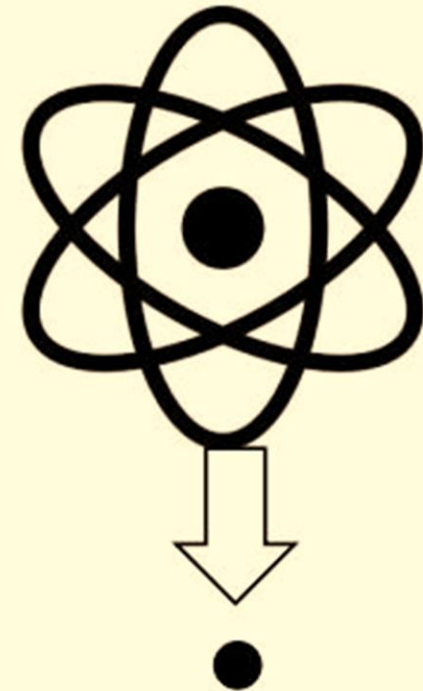
* اگر یک آهنربا را تا حد یک اتم نیز خرد کنیم باز خواهیم دید که دارای یک سر N و یک سر S است. یعنی اتم های سازنده آهنربا هم یک آهنربای کوچک هستند.

* ریشه ی خاصیت مغناطیسی در گردش الکترون ها به دور هسته و البته به دور خود است (مانند گردش مداری زمین و گردش وضعی آن). چرا که گردش الکترون حلقه ای جریان است که دیدیم یک رخ N و رخ دیگر S دارد.

* در برخی اتم ها گردش الکترون ها که حلقه های جریان مختلفی را می سازند اثر یکدیگر را تضعیف می کنند.



اتم مغناطیسی (دوقطبی مغناطیسی نیز می گوئیم)

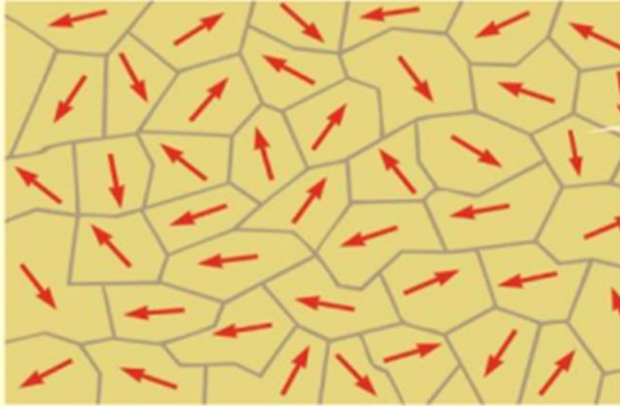


اتم غیر مغناطیسی

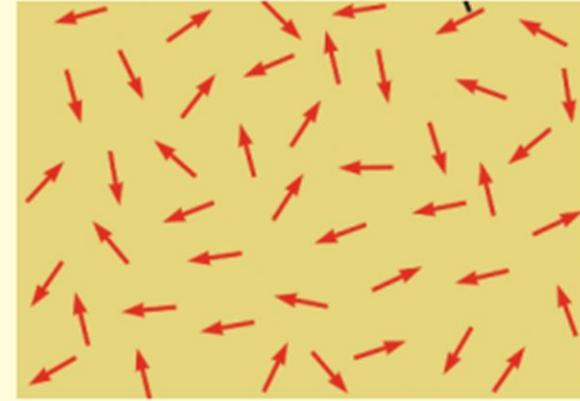


* موادی که اتم های آن ها از بنیاد خاصیت مغناطیسی ندارند « دیا مغناطیس » نامیده می شوند مانند مس، نقره، سرب، بیسموت و...

* موادی که اتم های آن ها مغناطیسی است (یعنی دو قطبی مغناطیسی دارند) خود به دو گروه تقسیم بندی می شوند: پارامغناطیس ها - فرو مغناطیس ها



پارامغناطیس



فرومغناطیس

* مواد پارا مغناطیسی مانند شکل بالا دو قطبی های سازنده ای نا منظم، پراکنده و کاتوره ای به هر سویی دارند که نهایتاً یک سر N و S مشخص را ایجاد نمی کنند. پس خاصیت آهنربایی ندارند ولی اگر میدان مغناطیسی خیلی قوی به آن ها اعمال گردد، اندکی خود را با میدان همسو کرده و خاصیت مغناطیسی جزئی پیدا خواهند کرد. از مواد پارامغناطیسی می توان به اورانیوم، پلاتین، آلومنیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن و ... اشاره کرد.



در این آزمایش:

داخل لوله محلول منگنز کلراید در الکل قرار دارد

یون Mn^{2+} به شدت پارامغناطیس است و جذب آهن ربا می شود

از آنجا که حجم محلول کم است

جاذبه بین منگنز کلراید و آهن ربا بهتر دیده می شود

رفتار یک پارامغناطیس در میدان مغناطیسی قوی

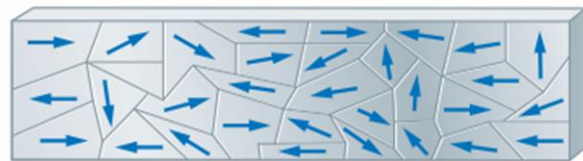


* مواد پارامغناطیسی در میدان های مغناطیسی ضعیف تقریبا هیچ خاصیت مغناطیسی از خود بروز نمی دهند.

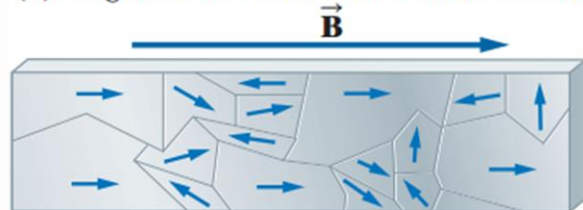
* مواد فرو مغناطیسی مانند شکلی که قبلا دیدیم به صورت گروه گروه در نواحی خاص با هم همسو هستند و این دسته های همسو را حوزه مغناطیسی می نامند. در واقع از ابتدا یک نظم مختصر در ساختار خود دارند هرچند در کل آنها نیز در مجموع خاصیت مغناطیسی ندارند و سر N و S مشخص ایجاد نمی کنند ولی در میدان های مغناطیسی حتی ضعیف نیز اغلب دوقطبی هایشان به خط شده و با میدان همسو می شوند. آهن، کبالت و نیکل و برخی آلیاژهای آن ها مانند فولاد جزء این گروه محسوب می شوند.

* بدیهی است هرچه میدان مغناطیسی اعمال شده قوی و قوی تر گردد به تدریج نهایتا تمام دوقطبی ها با میدان همسو شده و یک حالت اشباع مغناطیسی دارد که پس از آن هر چقدر هم میدان را قوی تر کنیم خاصیت آهنربایی ماده افزایش نمی یابد.

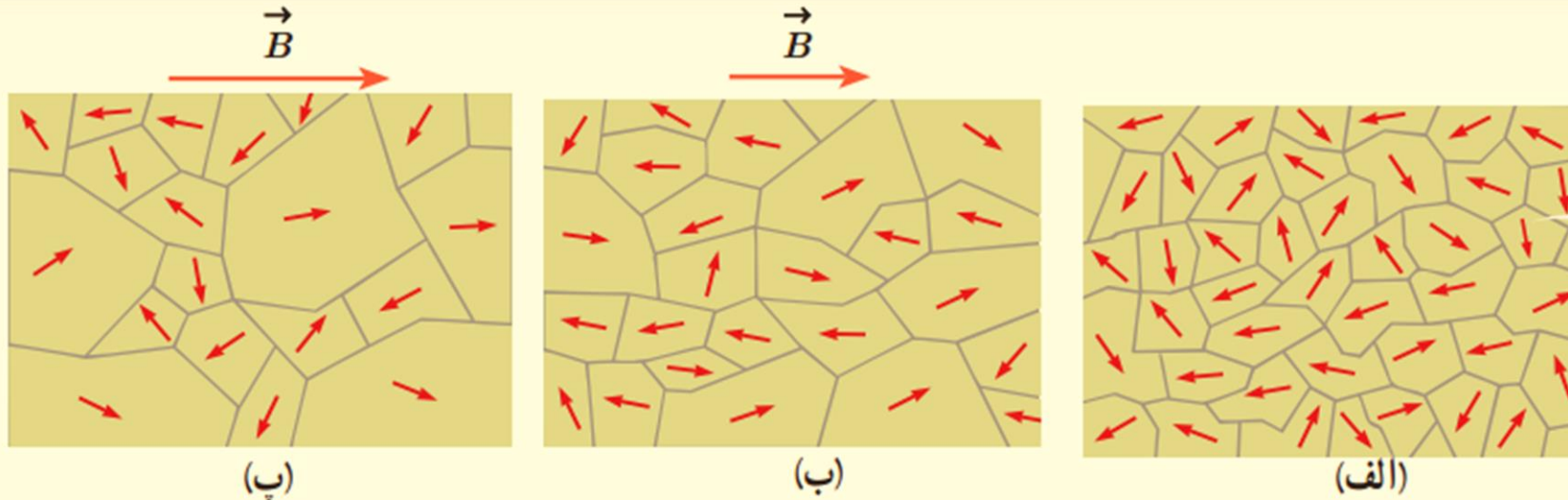
* با قرار گرفتن مواد فرو مغناطیس در میدان مغناطیسی، دو قطبی های همسو و حوزه های همسو اصطلاحا رشد کرده و دیوار و مرز مربوط به این حوزه ها گسترش می یابند.



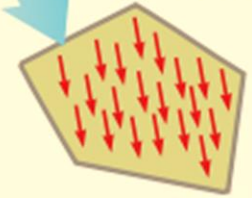
(a) Magnetic domains in zero external field



(b) Domains in direction of external magnetic field grow in size



ابعاد حوزه‌ها از مرتبهٔ دهم تا هزارم میلی‌متر است.



شکل ۳-۳۳ (الف) مادهٔ فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی. (ب) مادهٔ فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف. (پ) مادهٔ فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.



مبحث ۲۴:

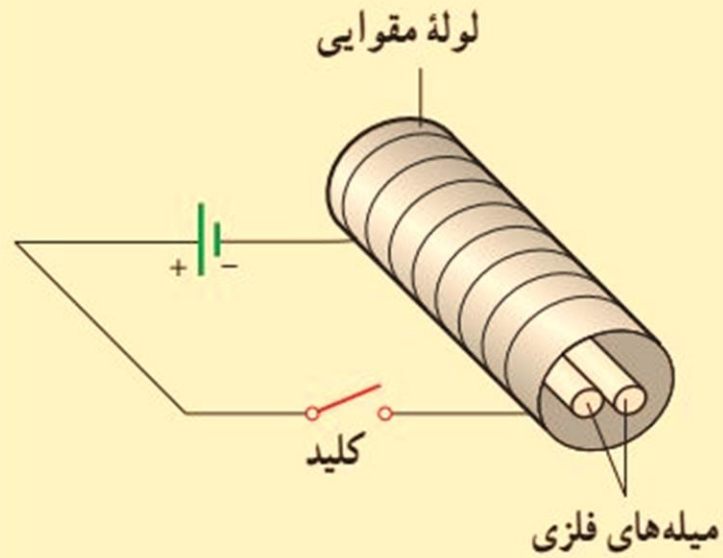
ویژگی های مغناطیسی مواد (ادامه و تکمیل)

امید برزوئی

حوزه‌های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کند و ماده به سادگی آهنربا می‌شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می‌دهد. این مواد را مواد **فرومغناطیسی نرم** می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچ‌ها و سیملوله‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) نیز مناسب‌اند (چرا؟). برخی مواد دیگر مانند فولاد (آهن به اضافه ۲ درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌ها در آنها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را مواد **فرومغناطیسی سخت** می‌نامند. در این مواد، سمت‌گیری دو قطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زمان زیادی، تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب‌اند.



پوشش ۳-۱۰



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

الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله ها از یکدیگر دور می شوند؟
ب) با دلیل توضیح دهید میله های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می گیرند.



مواد دیامغناطیسی : اتم‌های مواد دیامغناطیسی، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دو قطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود.

گرافیت یک ماده ی دیا مغناطیس است

فعالیت ۳-۷



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

آزمایش این فعالیت



آزمایش های مختلف و تحلیل جامع مواد مختلف یارامغناطیس و دیا مغناطیس