



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

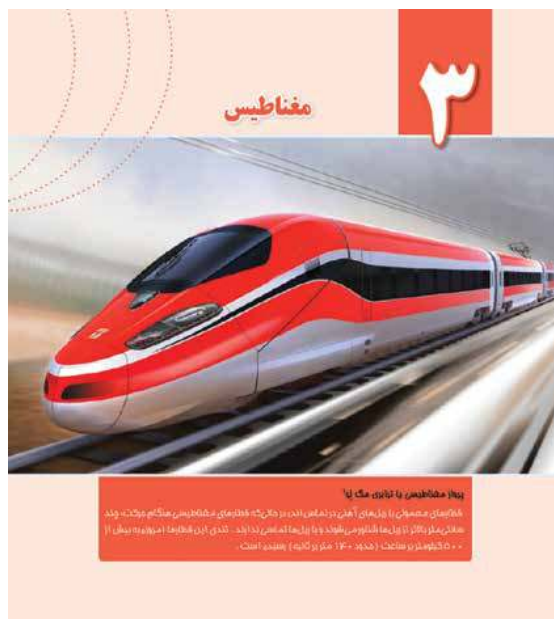
www.tafrihicenter.ir

فصل سوم

مغناطیس

هدف‌های فصل

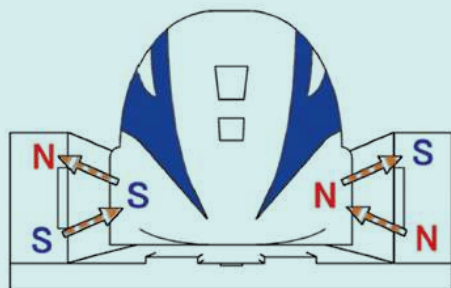
- آشنایی با مفهوم خاصیت مغناطیسی و میدان مغناطیسی، رسم و تعیین جهت خطوط میدان مغناطیسی
- آشنایی با مفهوم میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین و پدیده‌های مربوط به آن.
- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی و حل مسئله‌های مربوط به آن
- آشنایی با نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و حل مسئله‌های مربوط به آن
- بررسی آثار مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی در خط راست، پیچ و سیم لوله و حل مسئله‌های مربوط به پیچ و سیم لوله
- آشنایی با نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان و تعیین جهت آن
- بررسی خاصیت مغناطیسی مواد و طبقه‌بندی و شناخت کاربردهای آن



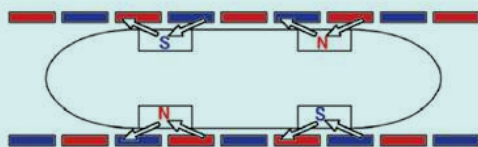
دانستنی برای معلم

قطارهای مغناطیسی

قطارهای مغناطیسی که به اختصار به آنها Maglev می‌گویند (magnetic levitation) وسایل حمل و نقل سریع‌تر، آرام‌تر، نرم‌تر و با بازدهی بهتر انرژی نسبت به قطارهای معمولی هستند. دو نوع از این قطارها که در ژاپن و آلمان استفاده می‌شوند برای از بین بردن اصطکاک لغزشی، واگن‌ها در اثر نیروی رانش مغناطیسی روی بالشتکی از هوا قرار گرفته‌اند. در نوع ژاپنی برای ایجاد نیروی رانشی بر آهنرباهای قرار گرفته در زیر پایه‌های قطار از آهنرباهای الکتریکی ابررسانا استفاده می‌شود که در امتداد ریل موجود در کف دالان هدایت‌کننده قطار قرار گرفته‌اند. این نیرو قطار را بین ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از ریل نگه می‌دارد. واگن‌هایی که به این طریق از سطح زمین فاصله گرفته‌اند، با نیروی الکترومغناطیسی به جلو رانده می‌شوند. برای اعمال این نیروی جلوبر آهنرباهای الکتریکی دیگری در امتداد دیواره‌های واگن‌ها و دیواره‌های جانبی دالان تعبیه شده‌اند. این آهنرباها



الف



ب

هم باعث ثبات و هم هدایت قطار در طول سفر می‌شوند. جریان برقراری در سیم‌لوله‌های موجود در دیواره دالان راهبر قابل تغییر است. وقتی هم قدرت و هم جهت میدان آهنرباهای الکتریکی قابل تغییر باشد هم بتواند به عنوان جلوبر عمل کنند و هم به عنوان ترمز. برای جلو راندن قطار جهت میدان‌های مغناطیسی در دیواره‌های راهبر متناوباً تغییر می‌کند تا بتواند آهنرباهای روی دیواره قطار را به جلو براند. در شکل الف واگن نسبت به دیواره‌ها در وضعیتی است که نیروهای ربایشی و رانشی برآیندی رو به جلو دارند. وقتی واگن کمی جلوتر بیاید تا هر دو جفت N و S مقابل هم باشند نیروها مؤلفه افقی نخواهند داشت ولی واگن به خاطر سرعتی که داشته از این وضعیت رد می‌شود و در همین لحظه قطب‌های آهنرباهای دیواره تغییر می‌کند

در غیر این صورت نیروها مؤلفه افقی به سوی عقب پیدا می‌کرد اما با تغییر قطب‌ها باز هم نیروها مؤلفه افقی رو به جلو خواهند داشت. در این قطارها اصطکاک لغزشی سطوح تماس حذف شده و با طراحی شکل واگن‌ها اصطکاک هوا نیز به کمترین حد ممکن رسیده است. بنابراین قطارها می‌توانند با سرعتی حدود 500 km/h حرکت کنند.

در نوع آلمانی که سرعتی در حدود 400 km/h دارد مطابق شکل ب نیازی به دالان نیست و کابین قطار توسط بازوهای جانبی روی یک ریل راهبر به شکل ∇ سوار می‌شود و با برقراری جریان در آهنرباهای الکتریکی موجود روی ریل و بازو و ربایش بین آنها نیروی وزن کابین را خنثی می‌کند و قطار حدود 1 cm بالاتر از ریل قرار می‌گیرد. در این مدل نیز برای به جلو راندن قطار به مجموعه آهنرباهای الکتریکی دیگری نیاز است که ربایش و رانش‌های دو به دوی آنها می‌تواند هم تأمین‌کننده نیروی جلوبر و هم نیروی ترمز در صورت لزوم باشند.



راهنمای تدریس : افزون بر کاربردی که در شروع فصل به آن پرداختیم کاربردهای دیگری از آهنربا و مغناطیس در زندگی و فناوری وجود دارد که می‌توانید به برخی از آنها اشاره کنید و برخی را نیز می‌توانید به صورت فعالیت‌های فردی یا گروهی به دانش‌آموزان واگذار کنید. کاربرد آهنربا و مغناطیس در خودروها و در تصفیه آب از جمله فعالیت‌های پیشنهادی به دانش‌آموزان می‌تواند باشد.

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، ریشه‌ی روزافزون دارد. قرائن از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌های انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیس به سیوهای سنتی شده‌است، با وجود این، ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیس وابسته است. مغناطیس و آهنرباها همچنین در پزشکی، گونی‌های تلقین حرام، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها، و اغلب سامانه‌های همدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌های از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهره‌برداران از مغناطیس و آثار آن می‌برد.



شکل ۳-۱: سنگ آهنربای طبیعی. تاجی که اغلب از آه به عنوان بدنه می‌توان یاد می‌نماید. ماده کانی مغناطیس با پاره‌ها را که ویژگی آهنربایی دارد می‌نامند.



شکل ۳-۲: آه کشنده‌های فرد، برای جستجوی بر روی‌های از قطب‌ها استفاده می‌شود است.



شکل ۳-۳: آهنربا در ناحیه دایره دارد که خاصیت مغناطیسی فراخا بسیار بهتر از قسمت‌های دیگر است.

۳-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌های از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهنربای دائمی خوانده می‌شود (شکل ۳-۳). چینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳-۴).

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهنربایی را درون ظرف محتوی پرآه 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).

توجه ۳-۱

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

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 شش‌در کتیم، با آن را توسط دستان از وسط آن بیاوریم 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.

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 گاه تیرجی بر وجود تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد؛ قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

۸۴

پرسش ۱-۳

این پرسش به صورت فعالیت ساده‌ای در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ انجام شده است که می‌توانید آن را در سایت گروه فیزیک مشاهده کنید.

از آنجا که خاصیت مغناطیسی در وسط یک میله آهنربایی به حداقل ممکن می‌رسد می‌توان به سادگی میله آهنربایی و میله معمولی را از آن تشخیص داد. یکی از میله‌ها را به طور افقی در دست خود نگه می‌داریم و میله دیگری را به دو سر و وسط آن نزدیک می‌کنیم. اگر میله فقط از دو سر آن آویزان شود، و از وسط آن رها شود، نشان می‌دهد که میله افقی آهنرباست.

توجه

در شکل ۳-۴ باید توجه کنید که قسمتی از سوزن که پس از کشیده شدن آهنربا، از آن جدا می‌شود، قطب مخالف آهنربا در آن القا می‌شود.

پرسش ۲-۳

از آنجا که پدیده القای الکترومغناطیسی در علوم سال هشتم به دانش آموزان آموزش داده شده است، لذا در این پرسش صرفاً جهت یادآوری مروری بر این پدیده شده است.

در پرسش ۱، دانش آموزان باید به پدیده القای الکترومغناطیسی اشاره کنند و دلیل وصل شدن میخ و واشرهای آهنی را ناشی از این پدیده بدانند.

۲-۳ میدان مغناطیسی

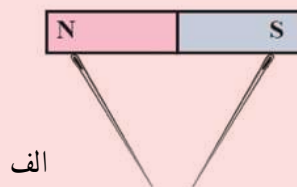
راهنمای تدریس : از آنجا که دانش آموزان در فصل اول به اندازه کافی با مفهوم میدان الکتریکی و خطوط وابسته به آنها آشنا شده اند این بخش را با مشابهت سازی می توانید دنبال کنید.



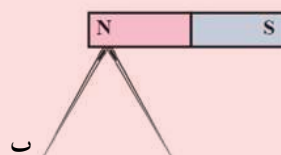
پرسش پیشنهادی

نیروی مغناطیسی وارد بر عقربه مغناطیسی از طرف زمین، بزرگ تر، کوچک تر یا مساوی با نیروی مغناطیسی ای است که از طرف عقربه مغناطیسی بر زمین وارد می شود؟
جواب : مساوی است.

پرسش پیشنهادی : الف) بگویید که چرا دو سوزن که به دو سر یک آهنربا آویزان باشند به یکدیگر متمایل می شوند؟

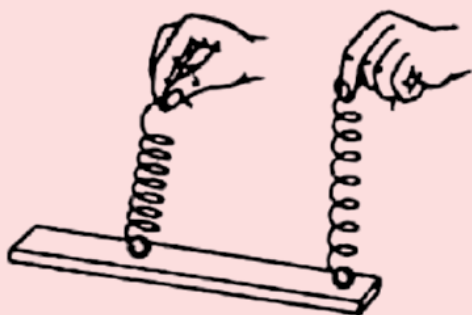


ب) چرا انتهای دو سوزن که به یک قطب یک آهنربا آویزان باشند، یکدیگر را دفع می کنند؟



پاسخ : الف) در اثر خاصیت القای مغناطیسی دو سر سوزن ها، قطب های مخالف می شوند و به طرف یکدیگر می آیند.
ب) دو انتهای سوزن ها قطب های همنام شده و یکدیگر را دفع می کنند.

فعالیت پیشنهادی

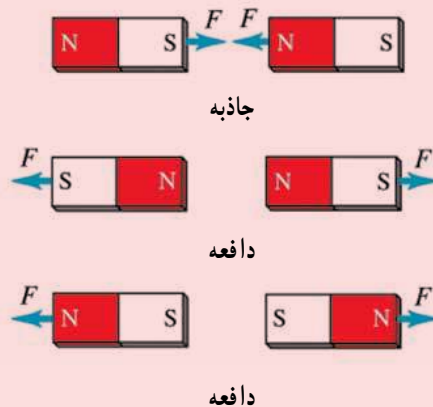


یک گوی آهنی را به یک طرف فنر مارپیچی وصل کنید. این گوی را به نقطه‌ای از سطح یک آهنربا تماس دهید و سپس با کشیدن فنر آن را جدا کنید. افزایش طول فنر به هنگام جدا کردن نشانه نیروی لازم برای غلبه بر نیروی جاذبه وارد بر گوی در نقطه تماس با آهنربا است. گوی را در نقطه‌های دیگر (مثلاً در وسط آهنربا) قرار دهید مشاهدات خود را بیان کنید.

پاسخ: نیروی جاذبه در وسط آهنربا ضعیف و در دو سر آن قوی است زیرا افزایش طول فنر به هنگام جدا کردن گوی آهنی از آهنربا بیشتر است.

پرسش پیشنهادی

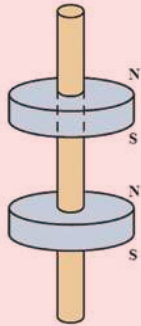
به شکل زیر به دقت نگاه کنید و آنچه را درک می‌کنید به صورت یک نقشه مفهومی بنویسید.



فعالیت پیشنهادی

چند آهنربای حلقه‌ای را مطابق شکل به گونه‌ای قرار داده‌ایم که شناور بمانند و به یکدیگر نچسبند :
 ۱ اگر قطب شمال آهنربای بالایی قسمت بالای آن باشد، قطب‌های مغناطیسی بقیه آهنرباها را مشخص کنید.

پاسخ :



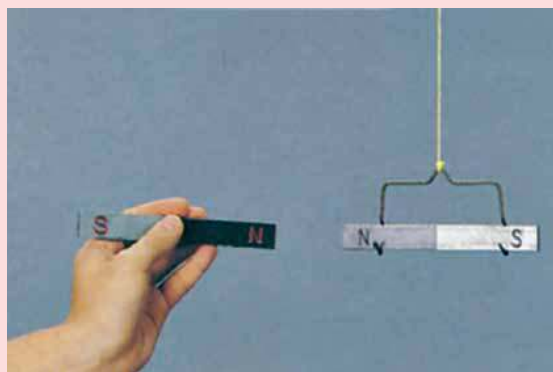
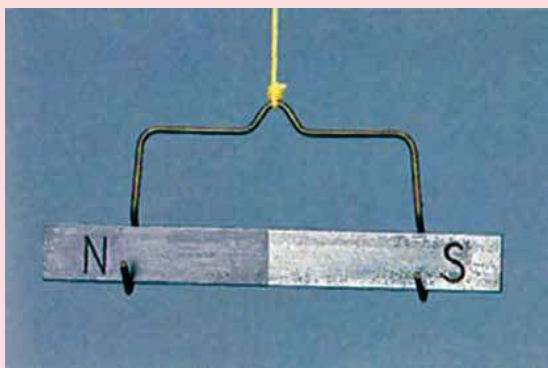
شکل ۵

- ۲ با قرار دادن آهنرباهای حلقه‌ای، در داخل یک نی پلاستیکی فعالیت را انجام دهید.
 ۳ نی و آهنرباهای داخل آن را در دستان خود به صورت افقی بگیرید چرا با حرکت دادن یکی از آهنرباها خواهید دید که بقیه آنها هم جابه‌جا می‌شوند؟
 پاسخ : به دلیل نیروی دافعه مغناطیسی بین قطب‌های همنام آهنرباها.



فعالیت پیشنهادی

هدف : برقراری رابطه بین مفاهیم نیروی مغناطیسی و قانون سوم نیوتون
دو آهنربای میله‌ای را از وسط با دو تکه نخ آویزان می‌کنیم. بسته به قرار گرفتن قطب‌های ناهمنام و همنام در مجاور یکدیگر در دو حالت جذب و دفع، شکل آزمایش را بر روی کاغذ بکشید و جهت نیروهای مغناطیسی را با توجه به قانون سوم نیوتون رسم کنید.



فعالیت پیشنهادی

هدف : تشخیص نیروی گرانش و نیروی مغناطیسی و مقایسه آنها
(الف) مطابق شکل فنری را از یک طرف آویزان کنید. طول آن را اندازه بگیرید.

(ب) قطعه‌ای آهنی را به انتهای آن بیاورید و تغییر طول فنر را اندازه بگیرید.

(پ) چه عاملی باعث تغییر طول فنر می‌شود؟

(ت) یک آهنربای میله‌ای را از زیر، به تدریج به قطعه آهن آویخته به فنر، نزدیک کنید. مشاهدات خود را بیان کنید.

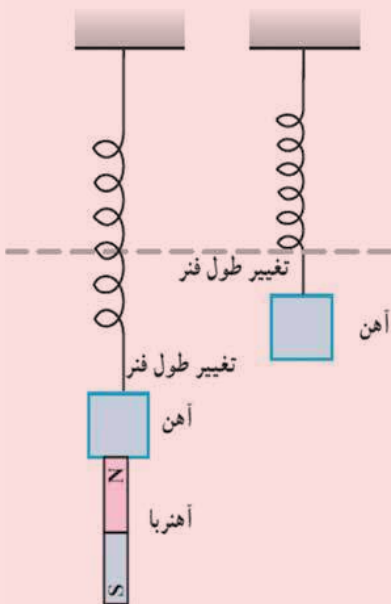
(ث) آهنربا را در دورترین فاصله‌ای قرار دهید که منجر به جذب قطعه آهنی می‌شود و تغییر طول فنر را اندازه بگیرید.

(ج) چه عاملی باعث افزایش تغییر طول فنر نسبت به حالت قبل شده است؟

پاسخ : (پ) نیروی گرانش که از طرف زمین بر قطعه آهنی وارد می‌شود.

(ت) آهن به تدریج پایین کشیده می‌شود و جذب آهنربا می‌گردد، افزایش طول فنر را مشاهده می‌کنیم.

(ج) نیروی مغناطیسی که علاوه بر نیروی گرانشی بر قطعه آهنی وارد می‌شود.



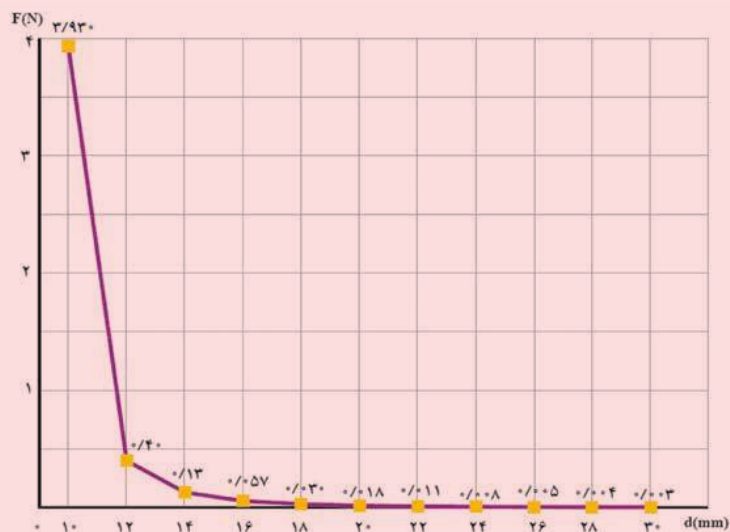
فعالیت پیشنهادی

فعالیت پیشنهادی

نیروی دافعه بین دو قطب همنام دو آهنربا بر اساس فاصله آنها از یکدیگر اندازه گیری شده و در جدول زیر ثبت شده است. نمودار نیروی مغناطیسی بر حسب فاصله دو قطب همنام دو آهنربا را رسم کنید (برای رسم نمودار می توانید از نرم افزار Excel استفاده کنیم)

جدول (۱)

فاصله $d(\text{mm})$	نیرو $F(\text{N})$
۱۰	۳/۹۳۰
۱۲	۰/۴۰
۱۴	۰/۱۳
۱۶	۰/۰۵۷
۱۸	۰/۰۳۰
۲۰	۰/۰۱۸
۲۲	۰/۰۱۱
۲۴	۰/۰۰۸
۲۶	۰/۰۰۵
۲۸	۰/۰۰۴
۳۰	۰/۰۰۳



پاسخ:

سپس از دانش آموزان می خواهیم تا نمودار نیروی مغناطیسی بر حسب عکس مجذور فاصله دو قطب همنام دو آهنربا را

رسم کنند و با توجه به شکل، نمودار F بر حسب $\frac{1}{d^2}$ بیان کنند که آیا نمودار خط راست است؟ نتیجه را با نیروی بین دو بار الکتریکی بر حسب مجذور گروه از یکدیگر (قانون کولن) مقایسه کنند.

برای مشاهده نحوه انجام فعالیت ۱-۳ و همچنین فعالیت پیشنهادی مرتبط با شکل ۳-۶ می توانید به فیلم مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ مراجعه کنید (سایت گروه فیزیک).

پرسش ۳-۳

۱- با توجه به شکل ۳-۶ الف، دانش آموزان به سادگی می توانند جهت عقربه های مغناطیسی را در پرسش ۱ تعیین کنند.

۲- همان طور که اشاره کردیم چون دانش آموزان در فصل ۱ به اندازه کافی با مفهوم میدان، خطوط میدان و ویژگی های آن آشنا شدند به سادگی می توانند به این پرسش پاسخ دهند. در این پرسش تنها سه خط از خطوط میدان رسم شده است و خط عبوری از نقطه c رسم نشده است (نکته ای که باید دوباره به دانش آموزان گوشزد شود). با توجه به فاصله خطوط از یکدیگر، اندازه میدان به ترتیب بزرگی در نقطه های a ، b و c است. به همین دلیل هنگام رسم بردار میدان $\vec{B}$ ، که باید بر خطوط مماس باشد، باید به اندازه بردار $\vec{B}$ هم توجه کنند.

فعالیت ۲-۳

این فعالیت نیز به صورت فیلم های مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ در سایت گروه فیزیک موجود است که می توانید مشاهده کنید. در ضمن این فعالیت در کلاس درس نیز باید توسط دانش آموزان انجام شود و پس از انجام آن نتیجه را گزارش کنند. (پاسخ نهایی فعالیت : ۷۲۰ درجه).

آزمایش ۱-۳

علاوه بر روشی که در آزمایش آمده است به روش دیگری که در مجموعه فیلم های مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ در سایت گروه فیزیک موجود است می توانید این آزمایش را به کمک دانش آموزان دنبال کنید.

به کمک نظریه مغناطیسی می توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۳-۳ الف). با به تعریف بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا در جهتی است که وقتی نظریه مغناطیسی در آن نقطه قرار می گیرد، قطب N آهنربا، آن جهت را نشان می دهد. با همین 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 ۳-۳ ب خط های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله ای نشان می دهد. این خط ها از آهنربا می گذرند و هر یک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می دهند. افزون بر آنها، خط های میدان مغناطیسی در ترکیبی قطب ها به یکدیگر نزدیک ترند.



شکل ۳-۳ الف: تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک نظریه مغناطیسی. ب: خط های میدان مغناطیسی در هر نقطه جهت نظریه مغناطیسی که در هر نقطه از فضای اطراف آهنربا می گذرند.

۳-۳ الف: شکل روی پرده، یک آهنربای میله ای و تعدادی نظریه مغناطیسی را نشان می دهد. الف: آهنربا کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (باید جهت گیری نظریه های مغناطیسی را در دیگر مکان های روی شکل تعیین کنید.)

۳-۳ ب: شکل روی پرده، خط های میدان مغناطیسی در فضا را نشان می دهد. ب: بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

۳-۳ ج: آهنربای میله ای را روی سطح افقی بزرگ قرار دهید. یک قطب فلزی یا نظریه مغناطیسی را در هر یک از قطب های آهنربا قرار دهید. روی مسیری دایره ای شکل دور آهنربا، قطب را به آرامی حرکت دهید (شکل روی پرده). بررسی کنید پس از یک دور حرکت، قطب به چند درجه می چرخد.

۳-۳ الف: مشاهده خط های میدان مغناطیسی با استفاده از براده آهن و سیمه های موثره تپان: آهنربای میله ای آلوده براده آهن، یک ورقه نئونی یا یک ورقه آلومینیومی بزرگ برای پاشیدن براده آهن و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری).

نوع آزمایش:

به یکی از آهنربای میله ای را روی میز قرار دهید و سطح نئونی یا آلومینیومی را روی آن بگذارید. به یک شمشیر کوچک پاش، کمی براده آهن را به طور یکنواخت روی نئونی بپاشید.

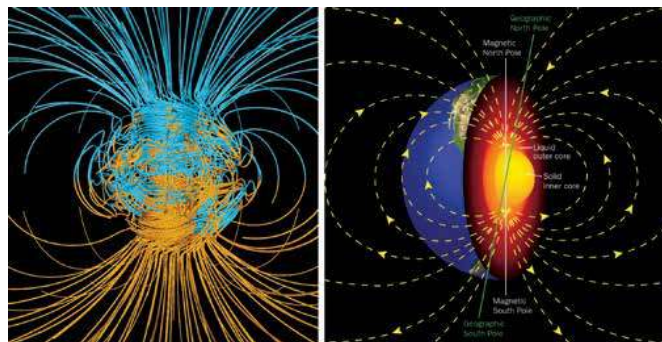
به چند قطره آرام به سطح نئونی آلوده تا براده های آهن در راستای خط های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طریقی که روی سطح نئونی چندار می شود، نقشه ای از خط های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله ای است (شکل ۳-۳ الف).

به مراحل بالا را برای دو آهنربای میله ای که پارتیت، قطب های متضاد و قطب های هم نام آنها به یکدیگر نزدیک اند، انجام دهید (شکل های ب و ج).

میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می کند و طرح خط های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط های آهنربای میله ای بزرگی است که در ترکیبی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در ترکیبی قطب جنوب جغرافیایی زمین است (شکل ۳-۳ ب). نشان دادن خط های میدان مغناطیسی زمین به صورت خط های میدان یک آهنربای میله ای، تنها یک مدل ساده از ساختار پیچیده و ناشناخته مراحل ایجاد میدان مغناطیسی زمین است. نمونه زمین ناشناخته نشان می دهد که جهت این میدان در بازه های زمانی نامنظم از ده هزار تا یک میلیون سال به طور کامل وارون می شود. قطب های مغناطیسی زمین در قطب های جغرافیایی آن متعلق هستند. در واقع، قطب های مغناطیسی و 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 نظریه مغناطیسی قطب ها در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی گیرد و به حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.

میدان مغناطیسی زمین

در شکل ۳-۷ تنها مدل بسیار ساده از طرح خطوط میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین نشان داده شده است. لازم است در این قسمت به این نکته مهم اشاره شود که در مشابهت سازی و مدل سازی میدان مغناطیسی زمین با یک آهنربای میله ای، بسیار ساده سازی شده است. شکل های زیر مدل سازی کامل تری از خطوط میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین را نشان می دهد.



توضیح در خصوص چند زاویه مغناطیسی

زاویه میل مغناطیس (magnetic declination angle) همان طور که در کتاب درسی نیز اشاره شده است چون محور مغناطیسی زمین با محور جغرافیایی آن (محور چرخش زمین) به طور کامل موازی نیست، در نتیجه خوانده یک قطب نما تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد. این انحراف که با مکان تغییر می کند زاویه میل مغناطیسی نامیده می شود. در برخی منابع برای این زاویه از عبارت **وردش مغناطیسی (magnetic variation)** نیز استفاده شده است. همچنین میدان مغناطیسی در بستر نقاط روی سطح زمین افقی نیست، زاویه آن به سمت بالا یا پایین را **شیب مغناطیسی (magnetic inclination angle)** می نامند.

در خصوص عبارت زاویه انحراف مغناطیسی (magnetic deviation angle) نیز لازم به ذکر است که این عبارت تنها برای شرایطی به کار می رود که قطب نما در محلی استفاده شود که مقداری فلز در آنجا وجود داشته باشد (مانند کشتی). به دلیل برهمکنش میدان مغناطیسی زمین با فلز به کار رفته در کشتی، اندکی خطا یا انحراف در جهت گیری عقربه مغناطیسی و در نتیجه عددی که برای میل مغناطیسی گزارش می شود به وجود می آید.

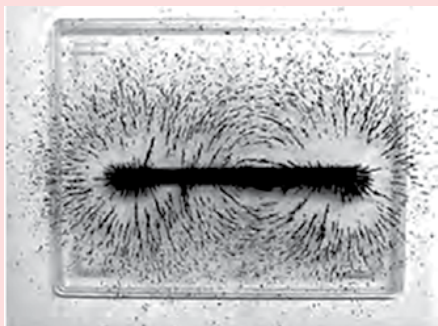
آزمایش پیشنهادی

هدف : مشاهده راستای میدان مغناطیسی در فضای سه بعدی
برای مشاهده میدان مغناطیسی در فضای سه بعدی می توان از آهنربای میله ای که در محفظه ای پر شده از محلول گلیسرین حاوی براده آهن است استفاده کرد. با قرار گرفتن آهنربای میله ای در این فضا با نگاه کردن به محفظه از جهت های مختلف خط های میدان مغناطیسی توسط براده های آهن در یک فضای سه بعدی نشان داده می شود. براده های آهن بر روی منحنی هایی قرار می گیرند که این منحنی ها، خطوط میدان مغناطیسی هستند.



میدان مغناطیسی آهنربای میله ای در سه بعد

آزمایش پیشنهادی

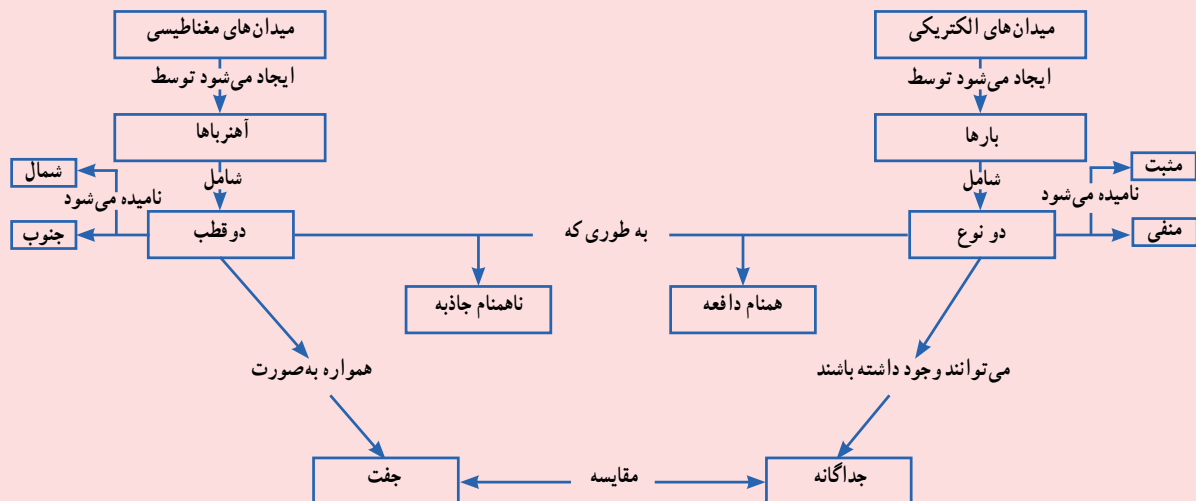


روشی برای ثبت کردن طرح خط‌های میدان مغناطیسی روی کاغذ

وسایل لازم : آهنربای میله‌ای - کاغذ یا مقوا - سینی پلاستیکی - موم یا شمع - نمک پاش و براده آهن
روش کار : کاغذ را موم اندود می‌کنیم، آهنربا را روی سینی و کاغذ را روی آن می‌گذاریم و روی آن براده می‌پاشیم تا شکل میدان مغناطیسی مشخص شود. به آرامی آهنربا را از زیر کاغذ خارج می‌کنیم و سینی را در محل گرم قرار می‌دهیم تا موم نرم شود و براده‌ها به آن بچسبند. بعد از سرد شدن طرح میدان روی کاغذ ثابت می‌ماند.

فعالیت پیشنهادی

نقشه مفهومی زیر را به صورت یک متن ساده فیزیکی بنویسید به طوری که این متن برای دانش‌آموزی که با این موضوع آشنایی ندارد، قابل فهم باشد.



فعالیت ۳-۳

این فعالیت با روش ساده و هوشمندانه‌ای در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ انجام شده است و در سایت گروه فیزیک موجود است.

شکل‌های زیر چند نمونه شیب‌سنج را نشان می‌دهد که ممکن است در آزمایشگاه مدرسه شما نیز یک نمونه از آنها موجود باشد.



شکل ۳-۳

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

برای یافتن شیب مغناطیسی محلی که در آن زنگ می‌کشد درست به وسط یک سوزن مغناطیسی شده با قطب مغناطیسی بزرگ، نخ را پهنید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک قاعده، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که اعتماد سوزن با قطب مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد بدست آمده، شیب مغناطیسی محل زنگی شماست. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌توانید از آن نیز استفاده کنید.

توب استیبلاند: جهت‌یابی مغناطیسی در غارهای

بسیاری از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. خرچنگ خاردار کارابوب در وادی میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است (شکل ۳-۴). این جاندار یک قطب‌نمای 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 بهره‌بردار می‌گردد.

در سال ۱۹۷۵ میلادی دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری‌های موجود در لجن به باکتری‌ها متوجه شدند که این باکتری‌ها دارای قسمت‌هایی کوچک در بدن خود هستند که خاصیت مغناطیسی دارند. این قسمت‌ها به صورت زنجیری در یک خط قرار دارند در نتیجه یک قطب مغناطیسی کوچک را تشکیل می‌دهند (شکل ۳-۵). باکتری‌ها به کمک این مغناطیسی داخلی می‌توانند از میدان مغناطیسی زمین بهره‌بردار می‌گردد و به طرف مواد غذایی در آن آنگاه حرکت کنند. چنانچه این باکتری‌های مربوط به نمک‌زدایی از زمین، برای رسیدن به آن آنگاه در خلاف جهت خط‌های میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد.

میدان مغناطیسی یک‌گانه است؛ هرگز در نقاط مختلف ناحیه‌ای از فضا جهت و اندازه میدان مغناطیسی یکسان نیست. در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه یک‌گانه می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی یک‌گانه در ناحیه بزرگی از فضا بسیار دشوار و در عمل امکان‌پذیر نیست. با این وجود، می‌توان در ناحیه کوچکی از فضا، مثلاً ناحیه بین قطب‌های یک آهن‌ربای C (شکل ۳-۶)، میدان مغناطیسی یک‌گانه ایجاد کرد (شکل ۳-۷).

شکل ۳-۴: توب استیبلاند جهت‌یابی مغناطیسی در غارهای

شکل ۳-۵: باکتری‌های دارای قسمت‌های کوچک در بدن خود هستند که خاصیت مغناطیسی دارند.

شکل ۳-۶: میدان مغناطیسی یک‌گانه در ناحیه کوچکی از فضا.

شکل ۳-۷: میدان مغناطیسی یک‌گانه در ناحیه کوچکی از فضا.

www.magnetism-deflection.com در دسترس است. شیب مغناطیسی (Magnetic Inclination) بدست آمده در فعالیت ۳-۲ را بررسی کنید. با یک سوزن آهنی و یک قطب مغناطیسی درونی که در بازار موجود است، شیب مغناطیسی را در محل زنگی خود اندازه بگیرید. شیب مغناطیسی در آن محل حدود ۲۰° تا ۳۰° خواهد بود.

از کتاب: فیزیک ۲، فصل ۲۰، بخش ۲۰.۱، صفحه ۸۸۸.

دانستنی برای معلم

میدان مغناطیسی زمین

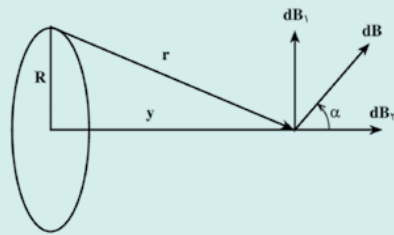
نخستین بار سر ویلیام گیلبرت عنوان کرد که زمین آهنربای بزرگی است که قطب و استوای مغناطیسی دارد. در آن زمان تصور می‌شد که میدان مغناطیسی زمین ناشی از آهنربای بزرگ درون آن است. می‌دانیم، بخش درونی زمین به‌طور عمده از نیکل و آهن مذاب تشکیل شده که دمای آن دست کم حدود ۲۲۰۰ درجه سلسیوس است و می‌تواند آزادانه از طریق هم‌رفت حرکت کند. در نتیجه، این فرضیه که بخش درونی زمین به‌طور دائم مغناطیسی شده باشد، بعید است. از سوی دیگر، میدان مغناطیسی زمین کاملاً مانا نیست. قطب شمال مغناطیسی اکنون در شمال کانادا قرار دارد، ولی در طول سال‌ها دیده شده که این قطب به آهستگی حرکت می‌کند. علاوه بر این، خاصیت مغناطیسی مشاهده شده در صخره‌های آهن‌دار در پوسته زمین نشان می‌دهد که گاهی جهت میدان مغناطیسی زمین به‌طور کامل وارون شده است. زمین و حداقل سه سیاره از چهار سیاره منظومه غول پیکر شمسی، دارای میدان مغناطیسی هستند. برای اینکه سیاره بتواند میدان مغناطیسی داشته باشد، لازم است دارای مرکز رسانای الکتریسته باشد و به سرعت بچرخد؛ به طوری که مایع در آنها به چرخش درآید. کره ماه و کره مریخ مرکز مایع ندارند، بنابراین فاقد میدان مغناطیسی هستند.

همه شواهد این باور را تأیید می‌کنند که میدان مغناطیسی زمین به جای اینکه از آهنربای دائمی سرچشمه گرفته باشد، می‌تواند از جریان‌های الکتریکی که به دور هسته نیکل - آهنی این سیاره می‌چرخند، به وجود آمده باشد. جریان الکتریکی در داخل زمین می‌تواند درست به گونه‌ای جریانی که در یک پیچ برقرار است، میدان مغناطیسی ایجاد کند. اگر به دلیلی جهت این جریان الکتریکی تغییر کند، جهت میدان مغناطیسی نیز وارون خواهد شد.

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین

یکی از روش‌های اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین، اندازه‌گیری برآیند میدان زمین با میدان حاصل از یک سیم پیچ حامل جریان است. با کمک یک روش ساده تجربی و استفاده از یک قطب‌نما و یک سیم پیچ، اندازه میدان مغناطیسی زمین را می‌توان حساب کرد. هرگاه از حلقه‌ای شامل N دور سیم، جریان I عبور کند، میدان مغناطیسی در فاصله y از مرکز حلقه شکل زیر با کمک قانون بیوساوار به دست می‌آید :

$$B = \int dB_r = \int dB \cos \alpha = \frac{\mu I R}{4\mu r^3} \int dI \Rightarrow B = \frac{\mu I R^2}{2r^3}$$



اندازه شدت میدان مغناطیسی حلقه برابر است با :

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{IR^2}{2(R^2 + y^2)^{3/2}} \quad (۱)$$

اگر N حلقه داشته باشیم، رابطه ۱ به صورت زیر درمی‌آید :

$$H = \frac{NIR^2}{2(R^2 + y^2)^{3/2}} \quad (۲)$$

در دستگاه گاوسی، رابطه ۲ به صورت زیر در می‌آید :

$$H = \frac{2\mu I R^2 N}{(R^2 + y^2)^{3/2}} \quad (۳)$$

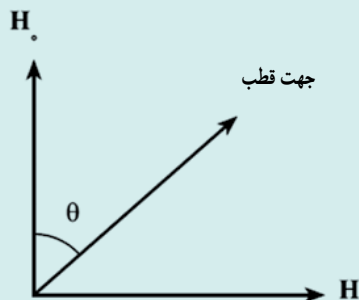
در این سیستم R و y برحسب سانتی‌متر، I برحسب آمپر و H برحسب گاوس است. جهت H با کمک قانون دست راست به دست می‌آید. یعنی اگر جریان در جهت انگشت شست دست راست باشد، جهت میدان در امتداد بسته شدن چهار انگشت دست راست خواهد بود. از آنجا که میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه، به دو مؤلفه افقی و قائم قابل تجزیه است، عقربه مغناطیسی تحت تأثیر مؤلفه افقی منحرف می‌شود. حال اگر از سیم پیچ جریان عبور کند، عقربه مغناطیسی تحت تأثیر دو میدان که هر دو افقی هستند، قرار می‌گیرد. بدیهی است که در این حالت، عقربه در امتداد برآیند این دو میدان قرار می‌گیرد. اگر عقربه مغناطیسی را طوری قرار دهیم که جهت میدان مغناطیسی زمین عمود بر میدان حاصل از سیم پیچ آن باشد، آن‌گاه طبق شکل پایین می‌توان نوشت :

$$\tan \theta = \frac{H}{H_0} \quad (۴)$$

با اندازه‌گیری θ و معلوم بودن مقدار H می‌توان H_0 را از رابطه ۴ به‌دست آورد. چون میدان H را با عبور جریان از سیم پیچ تولید می‌کنیم، از رابطه‌های ۳ و ۴ داریم:

$$H = H_0 \tan \theta \Rightarrow \frac{\mu N I R^2}{(R^2 + y^2)^{3/2}} = H_0 \tan \theta \quad (5)$$

$$\Rightarrow I = \frac{(R^2 + y^2)^{3/2}}{\mu N I R^2} H_0 \tan \theta$$



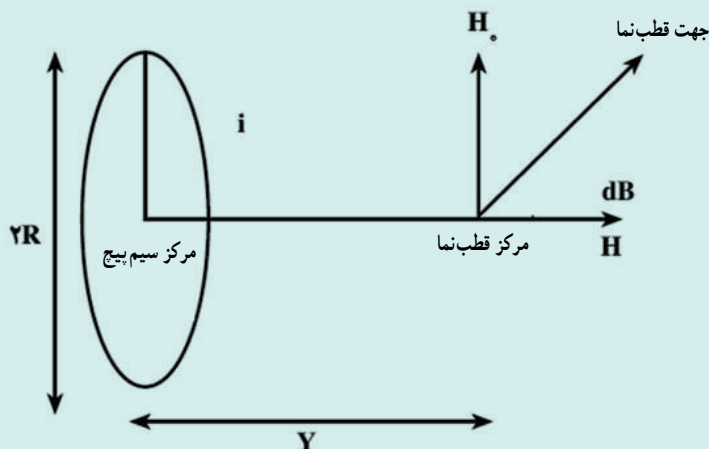
که می‌توان رابطه ۵ را به‌صورت زیر نوشت:

$$I = m \tan \theta \quad (6)$$

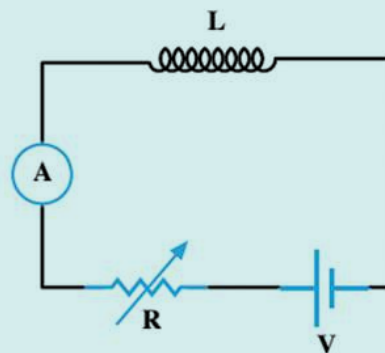
حال می‌توان نمودار I را برحسب $\tan \theta$ رسم کرد. شیب خط حاصل یعنی m را اندازه گرفت و H_0 (شدت میدان مغناطیسی زمین) را به‌دست آورد:

$$H_0 = \frac{\mu N R^2 m}{(R^2 + y^2)^{3/2}} \quad (7)$$

نحوه انجام آزمایش: ابتدا قطب‌نما را روی میز آن‌قدر جابه‌جا کنید که قطب شمال آن تقریباً در راستای شمال – جنوب جغرافیایی قرار گیرد (برای این کار می‌توان آزمایش را روی زمین انجام داد تا از اثرات احتمالی میدان‌های میز آهنی بر قطب‌نما جلوگیری شود). سپس سیم پیچ را آن‌قدر حرکت دهید تا محور عمود بر سیم پیچ، بر قطب‌نما عمود باشد. شکل‌های (۱) و (۲) مدار آزمایش و نحوه قرار گرفتن میدان‌ها را نشان می‌دهند.



شکل (۲)



شکل (۱)

در حالتی که جریان صفر است، باید جهت قطب‌نما در همان راستای شمال و جنوب باقی بماند. حال دامنه آمپرتر را روی 10° آمپر قرار دهید و با تغییر درجه منبع تغذیه و رئوستا، جریان‌های متفاوت را برقرار سازید و میزان انحراف عقربه را بخوانید و در جدول (۱) یادداشت کنید. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در هر مرحله، مقدار 10° آمپر به جریان‌های قبلی اضافه کنید. پس از اینکه برای هشت جریان اندازه‌گیری شده زاویه θ را خواندید، برای کاهش خطای آزمایش، دوباره همان جریان‌ها را به وجود آورید و میزان انحراف را اندازه بگیرید (این کار را دو بار انجام دهید). سپس از θ ها میانگین بگیرید و نمودار I را برحسب $tg\theta$ رسم کنید و شیب آن را اندازه بگیرید.

نتیجه‌های تجربی به دست آمده در آزمایشگاه: قطر داخلی سیم پیچ برابر $4/5$ سانتی‌متر و قطر خارجی آن $6/5$ سانتی‌متر است. بنابراین برای به دست آوردن قطر سیم پیچ، میانگین دو عدد را به دست می‌آوریم:

$$\text{قطر} \frac{6/5 + 4/5}{2} = \frac{11}{2} = 5/5 \Rightarrow R = 2/75 \text{ cm}$$

با توجه به شکل ۲ در صفحه قبل، فاصله مرکز حلقه تا قطب‌نما را در آزمایشی که برقرار شد، $10/4^\circ$ سانتی‌متر گرفتیم و N هم برابر 1000 دور است. مقادیر به دست آمده را در جدول (۱) ثبت کرده‌ایم که در آن I برحسب میلی‌آمپر است. حال اگر نمودار I برحسب θ را رسم کنیم، شیب آن معرف m است. از طرف دیگر، برای به دست آوردن H باید شیب خط یعنی همین m را داشته باشیم:

$$m = \frac{1/19 - 0/84}{50 - 35} = \frac{0/35}{15} = 0/023$$

و به این ترتیب میدان مغناطیسی محل مورد آزمایش در سیستم گاوسی به دست می‌آید:

$$H_0 = \frac{2\pi N R^2 m}{(R^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{2\pi (1000)(2/75)^2 (0/023)}{((2/75)^2 + (10/4)^2)^{3/2}} = 0/87$$

جدول ۱

I	۱۰۴	۹۳	۵۰	۳۷	۳۵	۲۷/۲	۱۲	۱۶/۵	۱۰/۳
θ	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۴۰	۳۰	۱۵	۲۰	۱۰
$tg\theta$	۲/۷۵	۱/۷۳	۱/۱۹	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۵۸	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۱۸

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در هر نقطه

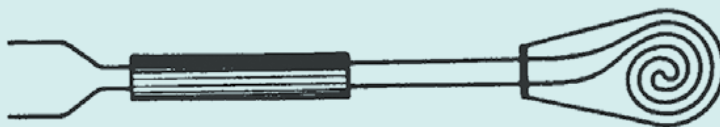
یکی از وسایل اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی، سوزن مغناطیسی است که از رشته کشسانی آویزان است و اساس کار آن شبیه ترازوی پیچشی کولن است. برای اندازه‌گیری زاویه‌های پیچش رشته صفحه مدرجی در بالا به آن نصب شده است و محل نوک‌های سوزن با کمک درجه‌ها روی استوانه بیرونی معین می‌شود. در این دستگاه سوزن فقط وقتی در تعادل است که گشتاور نیروی حاصل از میدان برابر و مخالف گشتاور نیروی رشته پیچیده باشد. اگر سوزن در امتداد مغناطیسی سمت‌گیری کرده باشد ($\alpha = 0^\circ$) یعنی گشتاور صفر و رشته نباید پیچیده باشد.

با پیچش رشته به اندازه زاویه معین، می‌توان برای هر سمت‌گیری سوزن به تعادل رسید. گشتاور نیروی وارد بر رشته با محاسبات یا درجه‌بندی اولیه وسیله از روی زاویه پیچش معین می‌شود. پس می‌توانیم بیشترین نیرو که به ازای $\alpha = 90^\circ$ است را به‌دست آوریم. یعنی مکانی را تعیین کنیم که در آن راستای سوزن بر راستای میدان مغناطیسی عمود باشد.

ساخت این نوع مغناطیس‌سنج ایستا مشکل نیست ولی به اندازه کافی حساس و دقیق نیستند. پس در بسیاری موارد بهتر این است که گشتاور نیروی وارد بر سوزن مغناطیسی با مشاهده نوسان‌های سوزن اندازه‌گیری شود.

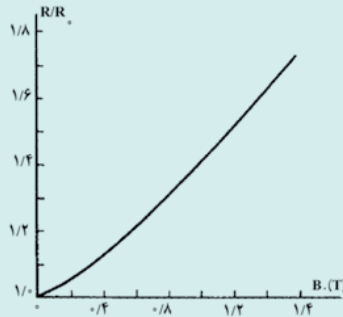
یک سوزن مغناطیسی که در میدان مغناطیسی از موضع تعادل خود تغییر مکان داده باشد، حول آن نقطه نوسان می‌کند. اگر جرم سوزن زیاد و در معرض اصطکاک ناچیز باشد قبل از توقف چندین نوسان می‌کند. بنابراین دوره نوسان‌ها را می‌توان با دقت اندازه‌گیری کرد. محاسبات نشان می‌دهد که هرچه گشتاور نیروی وارد بر سوزن بزرگ‌تر، یعنی هرچه میدان قوی‌تر باشد دوره نوسان‌ها کمتر است. پس با مقایسه دوره‌های نوسان برای سوزنی در میدان‌های مختلف می‌توان به‌طور قابل اطمینانی مقادیر میدان‌های متفاوت را مقایسه کرد. این مغناطیس‌سنج‌های دینامیکی برای اندازه‌گیری میدان‌های ضعیفی نظیر میدان مغناطیسی زمین با موفقیت به کار رفته‌اند.

بزرگی میدان مغناطیسی را به کمک پدیده‌های دیگری هم می‌توان اندازه گرفت. مثلاً با توجه به اینکه مقاومت الکتریکی بیسموت بر اثر میدان تغییر می‌کند می‌توان مغناطیس‌سنج ساخت. ماریچ مسطحی که از سیم بیسموت ساخته شده است در میدان مغناطیسی بررسی می‌شود و مقاومت آن در درون و خارج میدان اندازه‌گیری می‌شود. می‌توان از تغییر مقاومت سیم درباره بزرگی میدان دآوری کرد. طبیعی است باید ماریچ بیسموت را با قرار دادن در میدان‌هایی با بزرگی معلوم ابتدا مدرج کنیم. ماریچ‌های بیسموت را برای اندازه‌گیری میدان‌های قوی که بزرگی آنها هزاران برابر میدان مغناطیسی زمین است به کار می‌برند.



ماریچ بیسموت

مثال : در نمودار شکل زیر R مقاومت بیسموت در میدانی به بزرگی B و R_0 مقاومت آن در خارج میدان انتخاب شده است.



شکل (۹۷)

با استفاده از نمودار بزرگی میدانی را تعیین کنید که مقاومت ماریچ بیسموت در آن 26Ω و در خارج آن 20Ω است.

$$R/R_0 = \frac{26}{20} = 1.3$$

$$R = 26\Omega$$

$$R_0 = 20\Omega$$

پاسخ :

با توجه به نمودار $B = 8^\circ \text{ T}$ است.

۳-۳ نیروی وارد بر ذره باردار در میدان مغناطیسی

راهنمای تدریس : در این قسمت دانش آموزان باید افزون بر آشنایی با تعیین جهت نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در حضور میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، با محاسبه اندازه این نیرو که در رابطه ۱-۳ آمده است با حل تمرین های مختلف آشنا شوند.

۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

آزمایش نشان می دهد که اگر ذره باردار به سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت کند (به شرط آنکه جهت حرکت آن با میدان مغناطیسی موازی نباشد) بر آن نیروی وارد خواهد شد که مطابق شکل ۱-۳ الف بر راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می نامند و جهت آن مطابق شکل ۱-۳ ب و پ به کمک قانون دست راست تعیین می شود. اگر دست راست خود را طوری نگه دارید که انگشتان باز شما در جهت $\vec{v}$ باشد به گونه ای که وقتی آنها را روی زاویه کوچک تری که $\vec{v}$ با $\vec{B}$ می سازد، و در جهت چرخش طبیعی انگشتان خود گنیم در جهت $\vec{B}$ قرار گیرد انگشت شست ما در جهت نیروی وارد بر ذره باردار، مثبت خواهد بود. توجه کنید که نیروی وارد بر بار متنی، در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

شکل ۱-۳ الف و ب: ذره باردار به سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می کند. نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ بر ذره وارد می شود. ابعاد این جهت این نیرو به کمک قانون دست راست تعیین می شود.

انرژی ذره در میدان مغناطیسی وارد بر ذره باردار در حال حرکت از رابطه زیر به دست می آید :

$$F = |q|vB \sin \theta \quad (1-3)$$

در این رابطه $|q|$ بزرگی بار الکتریکی، v اندازه سرعت، B اندازه میدان مغناطیسی و θ زاویه بین جهت حرکت بار الکتریکی (دور $\vec{v}$) با جهت میدان مغناطیسی (دور $\vec{B}$) است (شکل ۱-۳ ب).

رابطه ۱-۳ نشان می دهد وقتی بار الکتریکی به عمود بر راستای میدان مغناطیسی حرکت کند ($\sin \theta = \sin 90^\circ = 1$)، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، بیشینه می شود ($F = qvB$). بنا به رابطه ۱-۳، پتانسیل SI میدان مغناطیسی معادل است با :

$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C m/s}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A m}} \quad (2-3)$$

این یکا به احترام نیگلا تسلا نامیده و منحصر به نیگلا تسلا نامیده می شود و به اختصار با نماد T نشان داده می شود. به این ترتیب می توان نوشت :

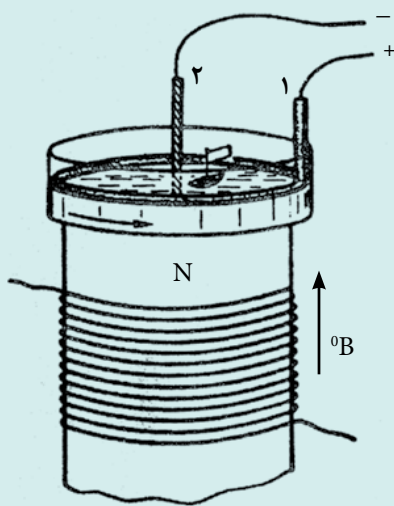
$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C m/s}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A m}} \quad (3-3)$$

۸۹

آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک

شکل زیر ظرف پر از محلول الکترولیتی را نشان می‌دهد. دو الکترود، یعنی حلقه ۱ و میله ۲ به قطب‌های باتری (منبع تغذیه) متصل شده‌اند. در الکترولیت جریان از الکترود ۱ به سوی ۲ برقرار می‌شود، یعنی یون‌ها در امتداد شعاع‌های ظرف حرکت می‌کنند. ظرف را بالای یکی از قطب‌های آهن‌پا قرار می‌دهیم، به گونه‌ای که میدان مغناطیسی در راستای قائم و به طرف بالا باشد و با راستای حرکت یون‌ها زاویه 90° بسازد. نیروهای وارد بر بار الکتریکی متحرک می‌خواهند، یون‌ها را در امتداد پیکان در صفحه افقی در دایره‌هایی، عمود بر شعاع‌های ظرف جابه‌جا کنند به طوری که از حرکت شناور می‌توان دید همه الکترون‌ها در آن جهت

حرکت می‌کند. بر این اساس طرح آزمایشی به شرح زیر تنظیم شده است.
(الف) وسایل آزمایش:



- ۱ منبع تغذیه، صفر تا ۲۴ ولتی dc و سیم‌های رابط
- ۲ سیم پیچ، حداقل 80° الی 120° دور همراه با هسته آهنی مناسب
- ۳ یک ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای شکل به ارتفاع تقریبی ۵cm و قطر ۱۰cm
- ۴ میله‌های فلزی رسانا که به انتهای یکی از آن دو یک حلقه رسانا به قطر تقریبی ۸cm لحیم شده باشد.
- ۵ پایه، گیره، میله رابط
- ۶ کات کبود یا سولفات مس ($CuSO_4$) محلول در آب با غلظت مناسب

(ب) دستور کار

- ۱ ابتدا محلول $CuSO_4$ (کات کبود) با غلظت مناسب تهیه و در ظرف شیشه‌ای می‌ریزیم.
- ۲ هسته آهنی را درون سیم پیچ قرار می‌دهیم و سیم پیچ را به منبع تغذیه dc متصل می‌کنیم (با تماس یک قطعه فلزی به هسته آهنی، میدان مغناطیسی را آزمایش می‌کنیم و در صورت نیاز آن را تقویت می‌کنیم).
- ۳ ظرف شیشه‌ای محتوی محلول را مطابق شکل روی سطح هسته آهنی و سیم پیچ قرار داده و دو میله فلزی را با گیره درون ظرف قرار می‌دهیم و آن را به دو قطب مثبت و منفی منبع تغذیه dc وصل می‌کنیم (کاتد و آند)
- ۴ پس از اطمینان از کامل شدن طرح و صحت مدار منبع را به برق شهر متصل و آزمایش را شروع می‌کنیم (اتصال دو میله فلزی درون محلول بایستی به طور موازی با اتصال دو سر سیم پیچ به منبع تغذیه متصل و در صورت لزوم در مسیر هر کدام یک مقاومت متغیر (رئوستا) قرار گیرد تا جریان ورودی برای هر قسمت کنترل و قابل تغییر باشد).

(پ) موارد بررسی

- ۱ مشاهده چرخش محلول الکترولیت در ظرف شیشه‌ای و توجه علت چرخش. مطابق شکل بالا به دلیل حلقوی بودن کاتد-حرکت بارها در راستای شعاع این حلقه خواهد بود و چون جهت میدان عمود بر سطح دایره این حلقه است، جهت اعمال

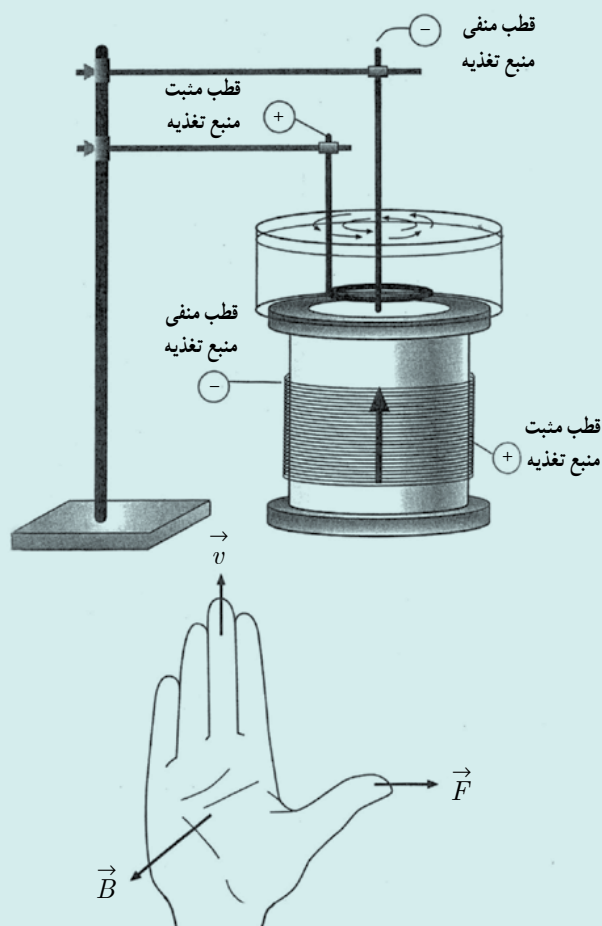
نیرو به صورت مماس بر دایره است و مجموعه این نیروها باعث چرخش می‌شود. (برای مشاهده بهتر چرخش، تعدادی قایق کاغذی کوچک بر سطح محلول شناور کنید)

۲ با تغییر ورودی میله‌ها یعنی عوض کردن مثبت و منفی (تغییر جهت $\vec{v}$) و با تغییر ورودی سیم‌لوله (تغییر جهت $\vec{B}$) تغییرات جهت چرخش را مشاهده و در هر مورد قانون دست راست و رابطه $F = qvB\sin\theta$ را بررسی کنید.

۳ با تغییر در شدت جریان ورودی به سیم‌لوله (تغییر اندازه B) و با تغییر در شدت جریان ورودی به میله‌ها، تغییرات سرعت چرخش را مشاهده و تغییر در بزرگی F را بررسی کنید.

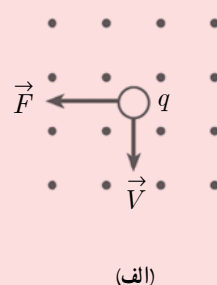
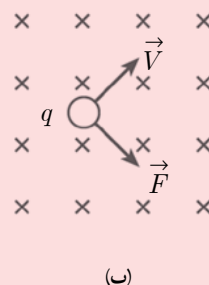
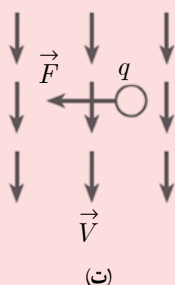
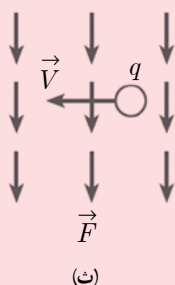
۴ با استفاده از حلقه‌های ورودی جریان، با شعاع‌های مختلف می‌توان فاصله‌های کاند و آند را کم و زیاد کنیم و در نتیجه سرعت واکنش را تغییر دهیم و نقش آن را در بزرگی F بررسی می‌کنیم.

۵ می‌توان به جای CuSO_4 از محلول‌های الکترولیت دیگری نیز استفاده کرد که بزرگی یون‌ها q با Cu^{2+} و SO_4^{2-} تفاوت داشته و نقش بزرگی بار، در بزرگی F را بررسی نمود.



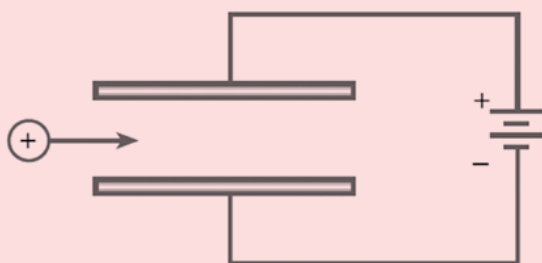
پیشنهادهای

۱ در هر یک از حالت‌های شکل زیر جهت حرکت $\vec{V}$ ، جهت میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ و جهت نیروی وارد بر بار q (مثبت یا منفی) نشان داده شده است. نوع بار q را در هر حالت با علامت + یا - مشخص کنید.

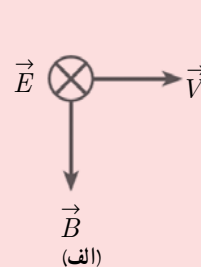
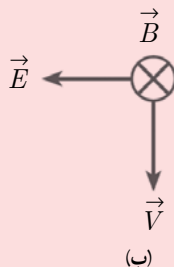
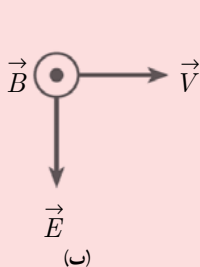
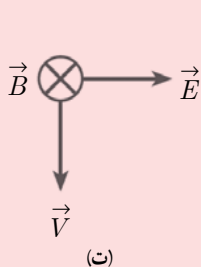


۲ یون مثبتی مطابق شکل روبه‌رو به فضای بین صفحه‌های خازن مسطحی پرتاب می‌شود.

(الف) جهت نیروی الکتریکی وارد بر این یون را رسم کنید.
 (ب) میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ باید در چه جهتی اثر کند تا نیروی مغناطیسی وارد بر یون برخلاف جهت نیروی الکتریکی باشد؟ روی شکل جهت $\vec{B}$ را رسم کنید.



۳ یک دسته الکترون در فضایی که در آن میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ برقرارند با سرعت $\vec{V}$ حرکت می‌کند. اگر الکترون‌ها در مسیر مستقیم حرکت خود را حفظ کنند، کدام گزینه وضعیت $\vec{V}$ و $\vec{E}$ و $\vec{B}$ را درست نشان می‌دهد؟



تمرین ۱-۳

$$\theta = 30^\circ, B = 32 \text{ mT} = 32 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$F = 5/12 \times 10^{-14} \text{ N}, v = ?$$

$$F = qvB \sin \theta$$

$$5/12 \times 10^{-14} \text{ N} = (1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) v$$

$$(32 \times 10^{-3} \text{ T}) \sin 30^\circ$$

$$\Rightarrow v = 2/5 \times 10^6 \text{ m/s}$$

پرسش ۴-۳

با توجه به قاعده درست و با توجه به این که بار الکترون منفی است، جهت میدان $\vec{B}$ به صورت درون سو است.

۴-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حاوی جریان

اسلا بکای ژوکی است و در برخی موارد از بکای فعلی (اسلا) و کوچکتری به نام گوس (بکای) استفاده می کنند به طوری که داریم $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$ اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطبها بیشترین (0.7 G) و در استوا کمترین (0.3 G) است. ژوکی میدان مغناطیسی در نزدیکی اهرهای میلادی کوچک حدود 0.1 تا 0.9 اسلا است. همین ویژگی میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده حدود 25 اسلا است.



مثال ۱-۳

ذراتی با بار $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و با تندی $v = 2 \times 10^6 \text{ m/s}$ در جهتی حرکت می کنند که با میدان مغناطیسی یکسان است $B = 1 \text{ T}$ زاویه $\theta = 30^\circ$ می سازد (شکل روبرو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرضهای مسئله داریم:

$$|q| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, v = 2 \times 10^6 \text{ m/s}, B = 1 \text{ T}, \theta = 30^\circ$$

با قرار دادن داده های بالا در رابطه ۳-۱ داریم:

$$F = |q|vB \sin \theta = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(2 \times 10^6 \text{ m/s})(1 \text{ T}) \sin 30^\circ = 1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$$

تمرین ۱-۳

اگر پروتونی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکسان است با اندازه $B = 32 \text{ mT}$ در حرکت است نیروی به اندازه $F = 5/12 \times 10^{-14} \text{ N}$ وارد می شود. تندی پروتون چند گلوستر بر ثانیه است؟

پاسخ: مقدار هر کدام با بار $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و تندی $v = ?$ در حرکت است. در میدان مغناطیسی یکسان با اندازه $B = 32 \text{ mT}$ در حرکت است. (شکل روبرو). اندازه نیروی وارد بر هر ذره را حساب کنید.

تمرین ۱-۳

الکترونی صود و میدان مغناطیسی یکسان است در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟

راست ☐ درون سو ☐ بیرون سو ☐

چوب است مغناطیسی که به نام آهن است

در یونان از چوب زمین، ذراتی باردار بسیاری با تندیهای بسیار زیادی در حرکتند. این ذراتی سرج را که معمولاً از جنس پروتون، هسته اتم هیدروژن (پروتون) و الکترون هستند پروتوهای کیهانی می نامند. این پروتوهای کیهانی در فضا حرکت می کنند و در فضا نیز خیز می زنند. خوشبختانه بیشتر این پروتوهای باردار توسط میدان مغناطیسی زمین منحرف می شوند و مانع از آسیب رسانی به موجودات و سامانه های روی زمین می شوند. ذرات باربری که در میدان مغناطیسی زمین به دام می افتند، کمرتهای جایی در آن را تشکیل می دهند (شکل آلفا).

این کمرتهای در سال ۱۹۵۸ میلادی و در اساس داده های گره آوری شده توسط ماهواره اکسپلورر ۱ کشف شده و به نام چوب زمین (۱۹۵۸-۲۰۰۹) یکی از کشفیات آن نام گذاری شده. ظاهرشان در فضا به این شکل است:

پس از آن که کمرتهای جایی دور زمین می گردند، حرکت پروتوهای کیهانی خورده می شود و ذراتی باردار را به صورت نوران های غلیظی به رنگ کبود، بسیاری از آنها از نزدیکی زمین می گذرند و در کمرتهای زمین به دام می افتند. شفق قطبی (نورهای شمالی) پدیده ای است که واقعاً در این کمرتهای باردار موجود در کمرتهای زمین یا نورهای جوی رخ می دهد.

۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

موتورهای الکتریکی از اجزایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه های خانگی و صنعتی، مانند یخچال، پمپ آب، پنکه و... را تشکیل می دهند. شکل ۳-۳ سیم را از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می دهد که در علوم سیم حامل جریان به نام سیم حامل آن نامیده می شود. چه چیز باعث می شود یک موتور الکتریکی کار کند؟

موتور جوی

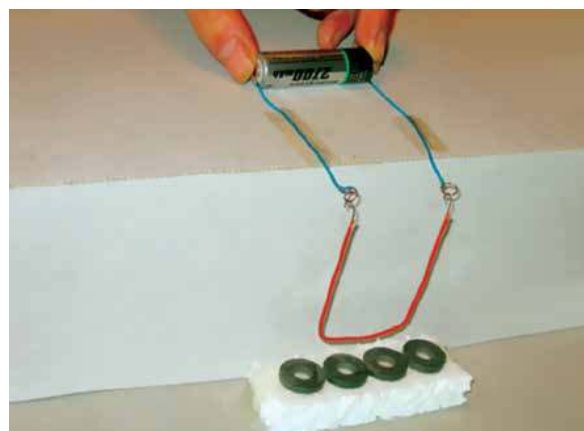
شکل ۳-۳: سیم حامل از یک موتور الکتریکی. در این تصویر سیم حامل الکتریکی را می بینیم.

راهنمای تدریس

از آنجا که دانش آموزان در علوم هشتم با موتورهای الکتریکی و همچنین در بخش قبل با نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک درون میدان مغناطیسی آشنا شده‌اند، لذا توجه دانش آموزان به طرح ساده موتور الکتریکی در شکل ۳-۱۱ می‌تواند شروع مناسبی برای این بخش باشد. دانش آموزان باید به جهت حرکت حامل بار درون سیم رسانا، قطب‌های باتری و جهت میدان $\vec{B}$ که حلقه رسانا درون آن قرار دارد توجه کنند. این شکل به کمک آزمایش، در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ نیز انجام شده است که در سایت گروه فیزیک می‌توانید مشاهده کنید.

آزمایش ۳-۲

این آزمایش را هم به کمک روشی که در کتاب درسی آمده است می‌توانید انجام دهید (در صورت داشتن وسایل مشابه) یا می‌توانید با وسایل ساده‌تری مطابق آزمایشی که در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ انجام شده است دنبال کنید. (شکل زیر).



عوامل‌های مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارده بر سیم راست رسانای حامل جریان :

آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳-۳ نشان می‌دهد که نیروی مغناطیسی وارده بر یک سیم رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای به عوامل‌های مختلفی بستگی دارد که این عوامل را در رابطه زیر بیان شده‌اند :

$$F = I l B \sin \theta \quad (3-3)$$

در این رابطه طول بخشی از سیم رساناست که در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای قرار دارد. زاویه‌ای را که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان دادیم (شکل ۳-۳).

نکته ۳-۳: اگر در شکل ۳-۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارده بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه جهتی و بزرگی آن نیرو پخش می‌شود؟

مثال ۳-۳: یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای به بزرگی 4×10^{-2} در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم 5×10^{-3} باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارده بر $1/100$ از این سیم را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

$$B = 4 \times 10^{-2} \text{ T}, \quad \theta = 30^\circ, \quad I = 5 \times 10^{-3} \text{ A}, \quad l = 1/100 \text{ m}$$

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

$$F = I l B \sin \theta = (5 \times 10^{-3} \text{ A})(1/100 \text{ m})(4 \times 10^{-2} \text{ T}) \sin 30^\circ = 1 \times 10^{-5} \text{ N}$$

تمرین ۳-۳: سیم مستطبی به طول $1/4 \text{ m}$ حامل جریان 4 A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 40 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارده بر این سیم را تعیین کنید.

پاسخ: $F = 1.6 \times 10^{-3} \text{ N}$ ، جهت مغناطیسی زمین به طرف شمال

نکته ۳-۳: آزمایش را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارده 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 0.1 g استفاده کنید.

برای بررسی رابطه ۳-۳، آزمایشی پیشنهاد می‌شود (شکل زیر) که شرح کامل آن را به همراه اجرا می‌توانید در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ در سایت گروه فیزیک مشاهده کنید.



تمرین ۳-۲

$$l = 2/4 \text{ m}, I = 2/5 \text{ A}, B = 0.45 \text{ G}, V = 90^\circ$$

$$F = I l B \sin \theta = (2/5 \text{ A})(2/4 \text{ m})$$

$$(0.45 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 90^\circ$$

$$F = 2/7 \times 10^{-4} \text{ N}$$

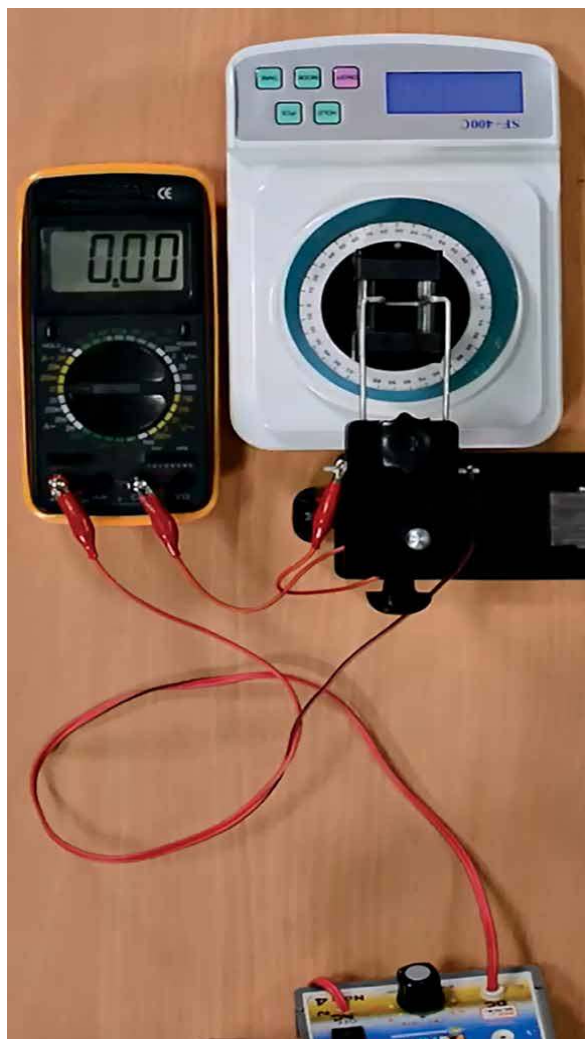
با توجه به شکل داده شده در تمرین، جهت نیروی مغناطیسی درون صفحه و روبه پایین صفحه خواهد بود.

پرسش ۳-۵

با توجه به فرض پرسش، سیم حامل جریان در جهت میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، در این صورت $\theta = 0^\circ$ و در نتیجه $\sin \theta = 0$ و نیرویی بر سیم حامل جریان از طرف میدان $\vec{B}$ وارد نمی‌شود. اگر راستای سیم حامل جریان عمود بر میدان $\vec{B}$ قرار گیرد، در این صورت $\theta = 90^\circ$ و $\sin 90^\circ = 1$ خواهد بود و در نتیجه نیروی وارده بر سیم حامل جریان از طرف میدان $\vec{B}$ بیشینه است.

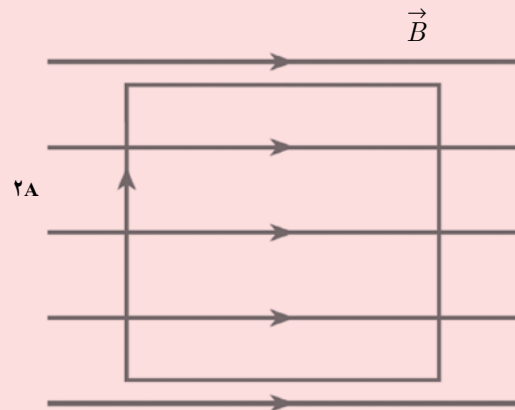
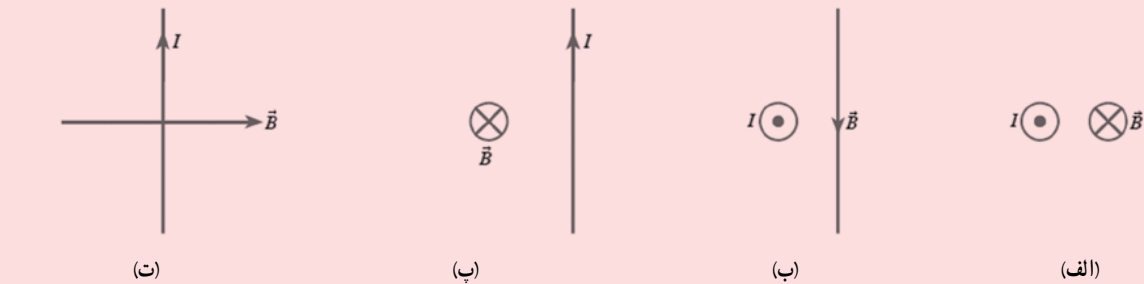
فعالیت ۳-۴

طرح آزمایش مرتبط با این فعالیت را می‌توانید در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ مشاهده کنید. شکل روبه‌رو نمای روبه‌بالایی از وسایل به کار رفته در این آزمایش را نشان می‌دهد.



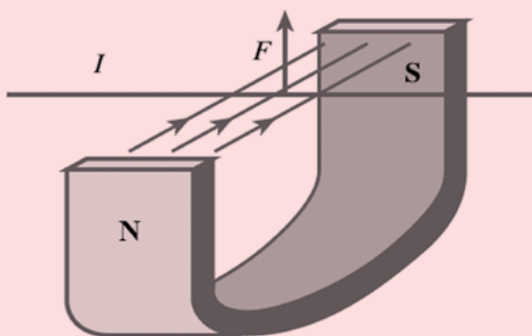
پرسش پیشنهادی

جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان را در هر یک از نمودارهای شکل زیر تعیین کنید.



حلقه‌ای مربع شکل از سیم رسانا حامل جریان $2A$ است. این حلقه مطابق شکل رویه‌رو در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 1 mT واقع است به طوری که دو ضلع حلقه در امتداد میدان قرار دارند. طول هر ضلع مربع را 2 cm در نظر بگیرید. الف) جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هر ضلع حلقه در کدام جهت است؟

ب) بزرگی برآیند نیروی وارد بر حلقه چه قدر است؟ با توجه به جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی شکل زیر، جهت جریان را در سیم تعیین کنید.



۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

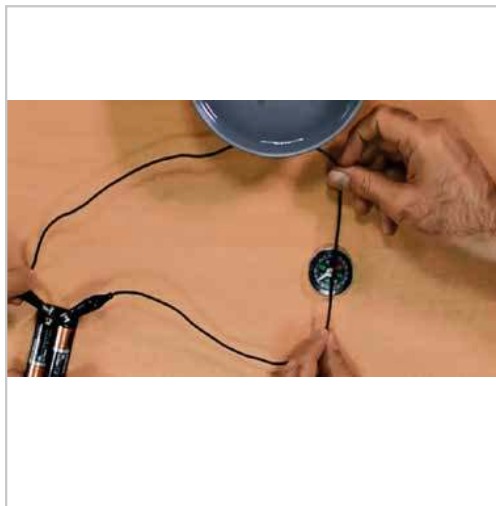
راهنمای تدریس : تا اینجا مقدمات لازم برای بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در بخش‌های قبل بررسی شده است. لذا ضرورت دارد که دانش‌آموزان آشنایی و تسلط کافی به محتوای بخش‌های قبلی داشته باشند. انجام آزمایش اورستد را که به نوعی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی را نشان می‌دهد، می‌توان به شکل‌های مختلفی انجام داد که در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ موجود است و از طریق سایت گروه فیزیک می‌توانید آنها را مشاهده کنید. بنابراین پس از اشاره مختصری در خصوص این آزمایش و زمینه‌های تاریخی آن، شرایط را برای فعالیت گروهی دانش‌آموزان و انجام این آزمایش فراهم کنید.



۳-۵-۱ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی
تا اینجا می‌دانیم که در فضای اطراف آهن‌رباهای دائمی میدان مغناطیسی وجود دارد. در ادامه این فصل با چندین‌بار دیگر ایجاد میدان مغناطیسی آشنا خواهیم شد.
اوستد دانستند دانمارکی در سال ۱۸۲۰ میلادی ضمن انجام برخی آزمایش‌های الکتریسته، مشاهده کرد که قطره‌های مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی منحرف می‌شوند (شکل ۳-۳-۱). او با انجام دادن آزمایش‌های بیشتر کشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی بوجود می‌آورد. این کشف اوستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکتریسته و مغناطیسی بود که به گسترش صحت الکترودینامیک انجامید. در این بخش به بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم‌ها می‌پردازیم.



شکل ۳-۳-۱: میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را می‌توان با قرار دادن تعدادی قطره مغناطیسی بر سر آن نشان داد.



آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی آثار مغناطیس جریان الکتریکی را (آزمایش اوجسدا)

وسایلهای مورد نیاز: باری سیم مسی نسبتاً ضخیم، مسطحه فلزاتی، قطبهای مغناطیسی (شاه)، رولت و سیم رابط

شرح آزمایش:

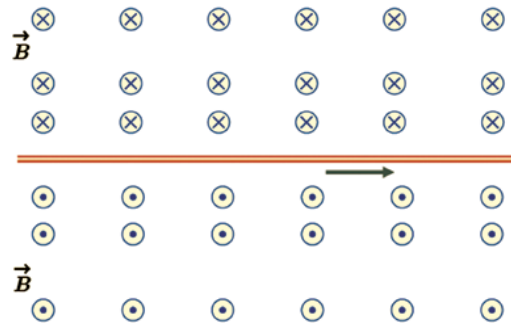
- سیم مسی را از مسطحه فلزاتی بگذرانید و با آن دارای حلقه شکل رویه رو تشکیل دهید.
- عمل از برقراری جریان الکتریکی، قطبهای مغناطیسی را در مجاورت سیم روی فلز قرار دهید و به راستی قرار گرفتن آن توجه کنید.
- با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت گیری قطبهای مغناطیسی توجه کنید.
- قطبهای مغناطیسی را در نقاط مختلف مسطحه روی فلز قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.
- با توجه به جهت گیری قطب در نقاط مختلف مسطحه فلزاتی، جهت خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.
- با این آزمایش را بار دیگر با جریانی در جهت مخالف تکرار کنید.
- به کمک چند باری دیگر با تغییر طول مسطحه فلز، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟
- نتیجه این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

با انجام این آزمایش می بینید که خطهای میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل ۳-۱۵ به صورت دایرههای هم مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خطهای میدان مغناطیسی سیم مستقیم حامل جریان را می توان به کمک قطبهای مغناطیسی تعیین کرد. علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست نیز می توان این جهت را تعیین کرد؛ مطابق این قاعده، اگر سیم را در دست راست خود بگیریم، به گرمای که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت شست نسبت به جهت خطهای میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می دهد.

نکته: شکل ۳-۱۵: قاعده دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ در اطراف سیم مستقیم حامل جریان.

شکل ۳-۱۵: جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سیم و در ناحیه پایین آن برعکس است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

پرسش ۳-۶
با توجه به قاعده دست راست، جهت جریان مشخص می شود (شکل زیر).



نکته ۳-۳

در حالت خود را از شکل های الف و ب بیان کنید. در بیان خود به چگونگی تغییر جهت و اندازه میدان $\vec{B}$ در اطراف سیم حامل جریان اشاره کنید.

آزمایش ۳-۴

جهت میدان مغناطیسی برآیند (مجموع) را با بانی از سیمهای موازی و بسته حامل جریان را در هر یک از خطهای الف، ب و ج پیدا کنید. نقطه الف در فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.

فکری و کار با گروه: میدان های مغناطیسی زمین

تمام پشتهای زمینی بین انسان به طور الکتریکی فعال اند. جریانهای الکتریکی ضعیف در بدن، میدانهای مغناطیسی ضعیف و ولی قابل اندازه گیری تولید می کنند. اندازه میدانهای حاصل از عضله های اسکلتی کوچکتر از 10^{-10} تی، حتی در حدود یک میلیونیم میدان مغناطیسی زمین است. میدانهای مغناطیسی حاصل از مغز بسیار ضعیفتر و در حدود 10^{-11} تی هستند و برای اندازه گیری آنها باید مغناطیس سنجهای بسیار حساس به کار رود. در حال حاضر، چنین مغناطیس سنجهایی به نام اسکوپید ساخته شده اند. شکل رویه رو یک دستگاه اسکوپید را نشان می دهد که در حال اندازه گیری میدان مغناطیسی تولید شده در مغز است.

تئوری بین سیمهای موازی حامل جریان: در آزمایش آورنده، دهیم که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان، میدان مغناطیسی وجود دارد. همچنین در بخش ۳-۳ با بررسی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان آشنا شدیم. حال فرض کنید برای تولید میدان مغناطیسی به جای آمپر، از یک سیم حامل جریان استفاده کنیم. اگر سیم حامل جریان دیگری را در نزدیکی آن سیم قرار دهیم، آیا نیرویی بر آن وارد می شود؟ آزمایش نشان می دهد که پاسخ این پرسش مثبت است. به طوری که اگر جریانها در یک جهت از دو سیم موازی بگذرد، نیروی بین آنها را بانی است (شکل ۳-۱۶ الف). همچنین اگر جریانها در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرد، نیروی بین آنها را بانی است (شکل ۳-۱۶ ب).

نکته: شکل ۳-۱۶: نیروی بین سیمهای موازی حامل جریان.

پرسش ۳-۷
انتظار می رود با توجه به مفهوم میدان و خطوط میدان، دانش آموزان در پاسخ به این پرسش به موارد زیر اشاره کنند: شکل الف) خطوط میدان مماس بر مسیر میدان هستند و در فاصله مساوی از سیم حامل جریان، اندازه میدان $\vec{B}$ ثابت است ولی جهت آن تغییر می کند. با افزایش فاصله از سیم حامل جریان، اندازه میدان $\vec{B}$ نیز کاهش می یابد. شکل ب) در این شکل به نوعی دیگر، کاهش اندازه میدان $\vec{B}$ با افزایش فاصله از سیم حامل جریان نشان داده شده است و افزایش فاصله بین خطوط میدان دایروی، نیز به همین نکته اشاره دارد.

تمرین ۳-۳

در نقطه a ، میدان‌های ناشی از هر دو سیم حامل جریان برون سو است و برآیند آن نیز برون سو است.

در نقطه b ، میدان ناشی از سیم بالایی درون سو و میدان ناشی از سیم پایینی، برون سو است، لذا با توجه به اینکه فاصله b از دو سیم یکسان و جریان مساوی از دو سیم می‌گذرد، برآیند میدان در نقطه b صفر است.

در نقطه c ، میدان ناشی از دو سیم و همچنین میدان برآیند درون سو است.

در شکل ۱۶-۳، خطوط میدان $\vec{B}$ اطراف دو سیم حامل جریان با توجه به الگوی دو ذره باردار رسم شده است. لازم است دانش‌آموزان توجه کنند که خطوط رسم شده حاصل میدان برآیند دو سیم حامل جریان است.

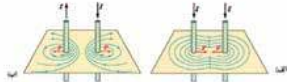
پرسش ۳-۸

با استفاده از قاعده دست راست و با توجه به جهت خطوط میدان $\vec{B}$ درون و بیرون حلقه، جهت جریان عبوری از حلقه، ساعت گرد است.

توجه

در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲، آزمایش پیشنهادی در خصوص نحوه کار بلندگوها آمده است که می‌توانید آن را در سایت گروه فیزیک مشاهده کنید. چنانچه فرصت کافی داشته باشید، اجرای این آزمایش در کلاس درس می‌تواند ارتباط خوبی بین مفاهیمی که در این فصل مطرح شده است، کاربرد آنها را فراهم کند.

میدان مغناطیسی



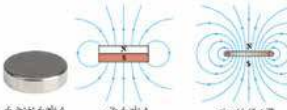
شکل ۱۶-۳ الف) برآیند میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان در سری بین آنها
ب) برای جریان‌های همسو، برآیند میدان در بیرون حلقه همسو و درونی است

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان، شکل ۱۶-۴ الف، خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره‌ای نشان می‌دهد که حامل جریان I است. همان‌طور که دیده می‌شود خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه داخلی حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در آن ناحیه قوی‌تر است. از آن برآید، در خط‌های روی محور حلقه، میدان مغناطیسی هم‌جور است. جهت خط‌های میدان مغناطیسی حلقه را می‌توان با قاعده دست راست و روش نشان داده شده در شکل ۱۶-۴ ب تعیین کرد.



شکل ۱۶-۴ الف) خط‌های میدان مغناطیسی در اطراف یک حلقه حامل جریان. ب) برای هر خطی از میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان با استفاده از قاعده دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ یک حلقه حامل جریان

ورس و مشابه میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل نشان می‌دهد. که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است. شکل ۱۶-۴ ب. به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دیو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

۱۶۷

میدان مغناطیسی

شکل ۱۶-۴ الف) برآیند میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان در سری بین آنها
ب) برای جریان‌های همسو، برآیند میدان در بیرون حلقه همسو و درونی است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

شکل ۱۶-۴ ب) حلقه حامل جریان در قطب‌دار و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دایره‌ای شکل است

تمرین ۳-۴

$$B = 3 \times 10^{-4} \text{ T} \quad G = 3 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$R = 8 \text{ cm} = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$I = ?$$

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

$$3 \times 10^{-4} \text{ T} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) I}{(2 \times 8 \times 10^{-2} \text{ m})}$$

$$\Rightarrow I \approx 3/8 \times 10^{-2} \text{ A} = 3/8 \text{ mA}$$

تمرین ۳-۵

$$l = 40 \text{ cm}, I = 1/2 \text{ A}$$

$$B = 270 \text{ G} = 270 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$N = ?$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

$$270 \times 10^{-2} \text{ T} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) N (1/2 \text{ A})}{0.4 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow N \approx 7000 \text{ دور}$$

فعالیت ۳-۶

آزمایشی مشابه این فعالیت در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ انجام شده است که می‌توانید از نتایج و شیوه آن نیز استفاده کنید.

مثال ۳-۳: از یک سیم مستطی به نواح $8 \times 10^{-2} \text{ m}$ که از 2000 دور سیم بزرگ درست شده است، جریان 20 mA می‌گذرد. شکل روبرو، اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز بجه به دست آورید.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$R = 8 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad N = 2000, \quad I = 20 \times 10^{-3} \text{ A}, \quad B = ?$$

با جایگذاری این داده‌ها در رابطه داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) (2000) (20 \times 10^{-3} \text{ A})}{2(8 \times 10^{-2} \text{ m})} = 1 \times 10^{-2} \text{ T} = 10 \text{ G}$$

تمرین ۳-۴: اندازه میدان مغناطیسی دور سر آنتن حدود $3 \times 10^{-4} \text{ T}$ اندازه‌گیری شده است. اگرچه جریان‌هایی که این میدان را بوجود می‌آورند بسیار پیچیده‌اند ولی با در نظر گرفتن این جریان‌ها به صورت یک سیم‌های دارای به قطر 1 cm (که یک سیم نخی) می‌توان برآورد کرد که میدان مغناطیسی را تعیین کرد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌های حلقه‌ای (سیم‌های دور آنتن) است که به صورت دایره‌ای به هم پیوسته شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیم‌ها، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی بوجود می‌آید. طرح خط‌های میدان مغناطیسی یک سیم‌های حلقه‌ای (سیم‌های دور آنتن) در شکل ۳-۴ الف و ب نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، خط‌های میدان داخل سیم‌ها بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشانگر ویژگی بودن میدان در داخل سیم‌ها است. از این ویژگی می‌توان برای تعیین میدان در داخل سیم‌ها، به‌ویژه در خط‌های نسبتاً دور از لبه‌های آن تقریباً یو‌ای و هم‌فاصله‌اند و این نشانگر یک‌گذاشت بودن میدان مغناطیسی درون سیم‌ها است. جهت میدان مغناطیسی سیم‌ها، به کمک قاعده دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود (شکل ۳-۴ ب).



اگر قطر حلقه‌های سیم‌ها در مقابل آن سیم‌ها کوچک و سیم‌های آن خیلی به هم نزدیک باشند، به این سیم‌ها **سیم‌های آرمی** گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌های آرمی در خط‌های دور از لبه‌ها یک‌گذاشت است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad (\text{سیم‌های آرمی})$$

در این رابطه l جریان عبوری، N طول سیم‌ها، I تعداد دورهای سیم‌ها و μ_0 زوای مغناطیسی خلا و $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ است.

مثال ۳-۴: سیم‌های آرمی به طول 10 cm دارای 800 حلقه سیم‌های دور است. اگر جریان 80 mA از سیم‌ها بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در خط‌های درون سیم‌ها و دور از لبه‌های آن پیدا کنید.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$l = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad N = 800, \quad I = 80 \text{ mA} = 80 \times 10^{-3} \text{ A}, \quad B = ?$$

با این ترتیب داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) (800) (80 \times 10^{-3} \text{ A})}{0.1 \text{ m}} = 1 \times 10^{-2} \text{ T} = 10 \text{ G}$$

تمرین ۳-۵: سیم‌های آرمی به طول 40 cm چنان طراحی شده است که جریان بیشه‌ای به شدت $1/2 \text{ A}$ می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیم‌ها، اندازه میدان مغناطیسی درون آن و دور از لبه‌ها 270 G می‌شود. تعداد دورهای سیم‌ها چقدر باید باشد؟



آسا و آسا بار الکتریک، پائستی و کوئیدیہ یون بار
جگوہ، توسط یک الکتریک و سگوب می توانم تشخیص دهم که:
الف) یک میله باردار است یا نه؟
ب) میله رساناست یا عایق؟
پ) آیا بار میله باردار چیست؟



شکل ۲۰۰۰، دو گوی مشابه به جرم 2.0×10^{-3} و بار مثبت q در فاصله 0.040 م از هم قرار دارند، که گوی پایانی به حالت معطل مانده است. بار الکتریکی‌های کنده شده از هر گوی چقدر



۲ یک مبله پلاستیکی را با بارچرخه بنامی مثلثی می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی مبله پلاستیکی -17ABC می‌شود. الفبا بار الکتریکی ایجاد شده در بارچرخه بنامی چقدر است؟
ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از بارچرخه بنامی به مبله پلاستیکی را محاسبه کنید.
۳ الفبا بار الکتریکی اتم هشت‌اتم کربن ($^{12}_6\text{C}$) چند کولن است؟
ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^{2-}) چقدر است؟

۱-۳ قانون کوئن

۱-۳-۱ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به پاره‌ای $q = +4 \text{ nC}$ و $Q = -6 \text{ nC}$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس با فاصله 0.05 m از هم دور می‌کنیم. نیروی درهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو را نشان است یا رانش؟

۱-۳-۲ سه ذره باردار $q_1 = 4 \text{ nC}$ ، $q_2 = 4 \text{ nC}$ و $q_3 = -9 \text{ nC}$ به سطح ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = q_3 = 0.001 \text{ m}$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارده بر بار q_3 را به حسب برداری بکشد و $\vec{F}$ تعیین کنید.



1

مثال ۱-۱۹: دستگاه رقم یوزش نامیده می‌شود (دایره بالا)

تولید خانوان از نوعی زرد پنبیل انجیرکی، لیس از یک دستگاه چاپ است که برای تولید این نوع زرد پنبیل از یک دستگاه چاپ استفاده می‌شود. این دستگاه چاپ به گونه‌ای طراحی شده که بتواند به سرعت و به صورت خودکار، زرد پنبیل را چاپ کند. این دستگاه چاپ به گونه‌ای طراحی شده که بتواند به سرعت و به صورت خودکار، زرد پنبیل را چاپ کند.

[illegible]

که با توجه به فرض مسئله این همان انرژی تخلیه شده در بدن بیمار است.

مثلاً برای اولی روی صفحات موازی برابر است با

پیدا توان متوسط انرژی تحلیله شده در بدن بیمار برابر است با

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{196 \text{ J}}{9 \times 10^{-4} \text{ s}} = 99 \times 10^3 \text{ W}$$

$\mathcal{L}_{\text{Definition}}$	$\mathcal{L}_{\text{Feldes}}$
-----------------------------------	-------------------------------

۳-۶ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

راهنمای تدریس: به طور کلی اتم‌های مواد یا به طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی اند یا فاقد آن هستند. توجه به این نگاه که اساس تقسیم مواد از لحاظ مغناطیسی است و در تمرین پایانی فصل نیز به صورت نقشه مفهومی به آن پرداخته شده است، اهمیت زیادی دارد.

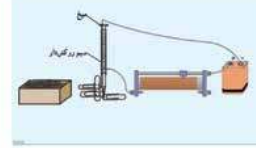
توجه

تقسیم‌بندی از لحاظ مغناطیسی، با توجه به چگونگی وجود آنها در طبیعت انجام می‌شود. برای مثال هیدروژن به صورت اتمی، دارای دو قطبی مغناطیسی ذاتی است ولی نکته قابل توجه این است که هیدروژن به صورت تک اتمی در طبیعت وجود ندارد و به صورت مولکولی H_2 در طبیعت یافت می‌شود. به همین دلیل هیدروژن جزو مواد دیامغناطیس رده‌بندی می‌شود.

[illegible]

١٣-٢٠ القياس على ما هو عليه

قسمتی از سیستم بارگرفتاری، در یک دور
محل اصلی تکیه‌تخت سیمه و دارای مفاتیح
تک‌التماسی می‌باشد. با فشار دادن روستا.
چراغ‌های در مدار را خاموش می‌کند.
روستای سیمه برای سیمه‌ریزان (الکترونیک)
آفرینش الکتریکی که تعداد گروه‌های
موتورخانه‌ای که یک بارگرفتاری در یک دور
برای خود ایجاد کند که جایگزین خواهد شد.

[illegible]

226

عامل گشتاور دوقطبی ذاتی اتم‌ها به چرخش الکترون‌ها دور خودشان (حرکت اسپینی) و چرخش الکترون‌ها دور هسته (حرکت مدار) مربوط می‌شود. به عبارت دیگر گشتاور دوقطبی ذاتی اتم‌ها دارای دو مماس گشتاور اسپینی و گشتاور مداری است که سهم گشتاور اسپینی در این میان، خیلی بیشتر از سهم گشتاور مداری است.

فعالیت ۷-۳

در انجام این فعالیت باید به گونه‌ای لوله آزمایش محتوی الکل طبی را روی سطح افقی میز قرار دهید تا حباب هوا درست در وسط آن قرار گیرد. سپس به کمک یک آهنربای قوی آزمایش را دنبال کنید. وقتی آهنربا را بالای حباب به یک طرف می‌کشید، به دلیل دیامغناطیس بودن الکل، الکل در جهت مخالف حرکت آهنربا، حرکت می‌کند و به نظر می‌رسد که حباب هوا در جهت حرکت آهنربا حرکت می‌کند. این فعالیت را به‌طور عمودی، مطابق آنچه در فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ انجام داده‌ایم، دنبال کنید. در این فیلم افزون بر مواد یا مغناطیس، آزمایش برای مواد پارامغناطیس نیز انجام شده است.

هر فرد سازنده مواد پارامغناطیس، یک آهنربای مغناطیسی است.

مواد پارامغناطیس: اتم‌های مواد پارامغناطیس، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها، به‌طور کلی دارای جهت‌گیری گزیده‌اند. و میدان مغناطیسی حاصل ایجاد نمی‌کنند (شکل ۲۳-۳). با قرار دادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (شکل ۲۳-۳) یک آهنربای قوی، در قطب‌های مغناطیسی آنها، مانند قطب‌های مغناطیسی درون آهنربا رفتار می‌کند و به مقدار مشخصی در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آنها، دوباره به‌طور کلی دارای جهت‌گیری نمی‌کنند.

به این ترتیب، می‌توان گفت مواد پارامغناطیس در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و وقت‌بدا می‌کنند. آلومینم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسید و اکسید نئوزان از جمله مواد پارامغناطیس‌اند.

شکل ۲۳-۳: گشتاور کلاسیک و دوقطبی‌های مغناطیسی در یک ماده پارامغناطیس در میدان مغناطیسی

یک لوله آزمایش را تا نزدیک لبه آن از الکل طبی (شکل ۲۳-۳) درعما پر کنید. در لوله را بپایه و آن را به‌طور افقی قرار دهید. حباب هوا، یک آهنربای قوی‌تر را بالای حباب هوای درون لوله بگذرد و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیلی آتیجه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفتگو بگذارید.

مواد دیامغناطیس: اتم‌های مواد دیامغناطیس، نظم‌ساز، سرد و بی‌سخت، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خاصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیس شود. در فصل بعد با دلایلی این موضوع، با تفصیل بیشتری آشنا خواهیم شد.

مواد فرومغناطیس: نوع دیگری از مواد به نام مواد فرومغناطیس وجود دارد که اتم‌های آنها به‌طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عنصرها فرومغناطیس‌اند. هرگشت‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که این دوقطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در جبهه‌هایی که سوزهای مغناطیسی دارند می‌نویسد. همسود، نمونه‌ای از ساختار حوز‌های مواد فرومغناطیس در شکل ۲۳-۳ الف نشان داده شده‌است. درون هر حوز، تقریباً از مرتبه 10^{23} اتم وجود دارد که دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها هم‌جهت‌اند.

مواد فرومغناطیس را می‌توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیس، آهنربا کرد. اگر میدان مغناطیسی خارجی و حوز‌های مغناطیسی ذاتی می‌شود که دوقطبی‌های مغناطیسی هر حوز تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد و جهت آنها به جهت میدان خارجی منطبق شود. به این ترتیب، حوز‌هایی که نیست، به میدان همسو هستند، زنده می‌کنند و جهتشان زیاد می‌شود. از سوزی دیگر حجم حوز‌های



شیشه به عنوان یک ماده دیامغناطیس، به آرامی از آهنربای قوی دور می‌شود.



آلومینیم به عنوان یک ماده پارامغناطیس، به آرامی به طرف آهنربای قوی حرکت می‌کند.

پرسش ۳-۹

این پرسش به صورت آزمایش ساده‌ای در فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک انجام شده است و روی دلایل آنچه مشاهده می‌شود بحث شده است.

مغناطیسیت

که بستگی آنها در راستای میدان نیست، اگر می‌شود، در این فرایند، عرض بین بیشتر حوزه‌ها جایگاه می‌شود، و ماده، خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند. شکل ۲۳-۳: یک ماده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل ۲۳-۴: در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی تر نشان می‌دهد.

آید مواد را در حالت خود، با هم می‌چسبند و به هم می‌چسبند. این مواد را مواد فرومغناطیسی می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچیده و سیم‌کشی‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی را برای ساخت آهن‌رباهای الکتریکی (آهن‌رباهای غیر دائمی) نیز استفاده می‌کنند (چرا؟). برخی مواد دیگر مانند فولاد (آهن) به اضافه ۲ درصد کربن، آهن‌رباهای آهن، کربن و نیکل به سختی آهن‌ربا می‌شوند؛ حتی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌ها در آنها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، بستگی گوی در قطب‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زمان زیادی، تقریباً به بین تغییر نمی‌ماند. به عبارت دیگر، پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کند. به همین دلیل، این مواد برای ساخت آهن‌رباهای دائمی مناسب‌اند. برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی، مقدار اتساع یا پهنای دایره وجود دارد. این وضعیت هنگامی وجود دارد که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که درصد بالایی از نواحی‌های مغناطیسی حوزه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌تافته شود. به عبارت دیگر، حجم حوزه‌های که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

موسسه فزایی پناه مغناطیسی شکل ۲۳-۵: در یک سیم‌کشی که در یک سیم‌کشی مغناطیسی پیچیده شده است قرار دارد. با بستن کلید و عبور جریان از این سیم‌کشی، مشاهده می‌شود که دو میل از یکدیگر دور می‌شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می‌شود، میل‌ها به محل اولیه باز می‌گردند.

آنها چرا با عبور از یکدیگر دور می‌شوند؟
باید با دلیل توضیح دهید میل‌های فزایی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می‌گیرد. میل‌های فزایی

۱۰۳

الف) چون میل‌ها از جنس ماده فرومغناطیسی هستند، آهن‌ربا می‌شوند و از یکدیگر دور می‌شوند.
ب) از آنجا که وقتی کلید باز می‌شود، میل‌ها به محل اولیه باز می‌گردند، نتیجه این می‌شود که میل‌ها از جنس فرومغناطیسی نرم هستند.

دانستنی برای معلم

میدان‌های مغناطیسی بدن انسان

فعالیت الکتریکی عصب‌ها و عضله‌ها باعث تولید جریان‌های الکتریکی در بدن انسان می‌شود. در هر جایی که این جریان‌ها به سطح بدن می‌رسند، اختلاف پتانسیلی به وجود می‌آورند که با قرار دادن الکترودها در پوست قابل اندازه‌گیری است. الکتروکاردیوگرام ECG منحنی تغییرات اختلاف پتانسیل تولید شده در قلب بر حسب زمان، و الکتروانسفالوگرام EEG منحنی تغییرات اختلاف پتانسیل تولید شده در مغز بر حسب زمان را نشان می‌دهد. ECG یک وسیله ضروری برای تشخیص بیماری‌های قلبی و EEG وسیله بسیار با ارزشی برای تشخیص بعضی اختلالات مغزی است.



اشکال چنین اندازه‌گیری‌هایی در این است که پتانسیل‌های سطحی به‌طور غیرمستقیم به فعالیت اندام‌های داخلی بستگی دارند. پوست رسانای الکتریکی ضعیفی است و کسر بسیار کوچکی از جریان تولید شده در یک عضو به آن می‌رسد. برای نشان دادن جریان یک عضو به‌طور مستقیم، اخیراً دستگاه‌هایی ساخته شده است که می‌توانند میدان تولید شده به‌وسیله این جریان‌ها را اندازه‌گیری کنند.

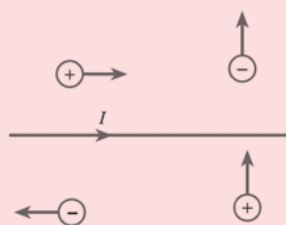
جریان نسبتاً زیاد قلب، میدان مغناطیسی تقریبی $10^{-6} \times 1$ گاوس را در اطراف قفسه سینه به‌وجود می‌آورد و جریان‌های ضعیف در مغز، میدان مغناطیسی تقریبی $10^{-8} \times 3$ گاوس را در اطراف سر تولید می‌کنند. این میدان‌ها از میدان مغناطیسی زمین (5×10^{-5} گاوس) یا حتی از میدان‌های مربوط به جریان‌های سیم‌های برق در منازل ($10^{-2} \times 5$ گاوس) ضعیف‌ترند و برای اندازه‌گیری آنها از روش‌های ویژه‌ای استفاده می‌شود.

در یکی از این روش‌ها بدن انسان را در داخل اتاقی قرار می‌دهند که به وسیله دیوارهای آهنی از تأثیر میدان‌های مغناطیسی خارجی محفوظ است. روش دیگر، اندازه‌گیری اختلاف شدت میدان مغناطیسی در دو نقطه نزدیک بدن است. اثر میدان‌های مغناطیسی دور در این نقطه یکسان‌اند و حذف می‌شوند، در حالی که میدان بدن انسان در نزدیکی انسان به‌طور قابل ملاحظه‌ای از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند و یکدیگر را حذف نمی‌کنند. در روش سوم، از این واقعیت استفاده می‌شود که قسمت اعظم میدان زمینه نسبت به زمان ثابت است و به راحتی از سیگنال متغیر قابل تشخیص است.

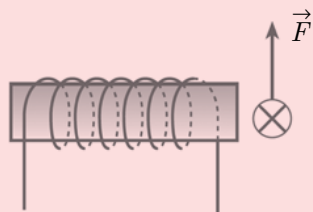
اندازه‌گیری به وسیله الکتروکاردیوگرام یا مگنتوکاردیوگرام MCG از اندازه‌گیری با الکتروآنسفالوگرام یا مگنتوآنسفالوگرام MEG بسیار راحت‌تر است. زیرا میدان مغناطیسی مغز بسیار ضعیف‌تر از میدان مغناطیسی قلب است. انتظار می‌رود که روش‌های آشکارسازی میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف، به تدریج کامل شوند و دریچه کاملاً جدیدی را به روی اعمال انسان بگشایند.

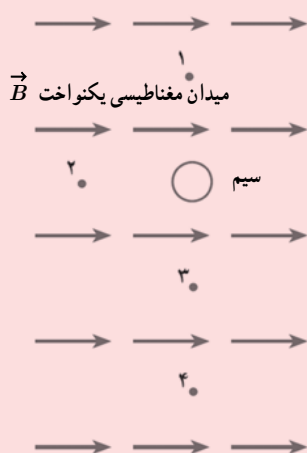
پیشنهادهای

۱ در شکل زیر جهت نیروی وارد بر هریک از ذره‌های باردار، ناشی از میدان مغناطیسی سیم حامل جریان، به کدام طرف است؟



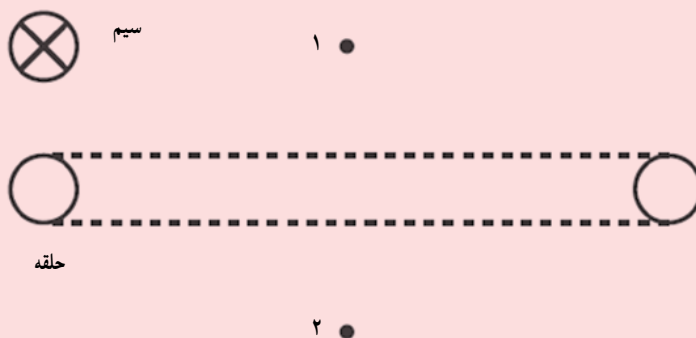
۲ جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریانی که در نزدیکی سیم‌لوله‌ای قرار دارد مطابق شکل زیر است. جهت جریان را در سیم‌لوله تعیین کنید.





۳ سیم بلند و مستقیمی عمود بر صفحه کتاب مطابق شکل روبه‌رو درون میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. برآیند میدان مغناطیسی در نقطه ۳ صفر است. (الف) جهت جریان الکتریکی را در سیم (روی شکل) مشخص کنید. (ب) فاصله نقطه‌های ۱ و ۲ از سیم همانند نقطه ۳ و فاصله نقطه ۴ از سیم بیشتر از فاصله نقطه ۳ از سیم است. در هر یک از نقطه‌های ۱، ۲ و ۴ میدان مغناطیسی ناشی از سیم و همچنین میدان برآیند را تعیین کنید.

۴ سیم بلند و مستقیمی که حامل جریان است درست بالای یکی از لبه‌های حلقه حامل جریانی قرار دارد (شکل زیر). سیم و حلقه عمود بر صفحه کتاب اند و میدان مغناطیسی برآیند در نقطه ۱ برابر صفر است. (الف) روی شکل جهت جریان را در حلقه مشخص کنید. (ب) به کمک یک نمودار برداری، میدان مغناطیسی ناشی از سیم، حلقه و برآیند آنها را در نقطه ۲ تعیین کنید.



دانشتنی برای معلم

مواد مغناطیسی

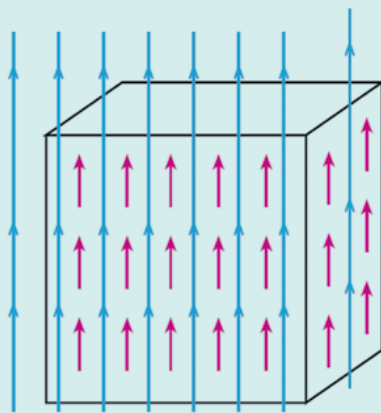
مواد با توجه به رفتارشان در یک میدان مغناطیسی خارجی به پنج دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس، پادفرومغناطیس و فری مغناطیس. به‌طور کلی سه عامل در منشأ مغناطیسی مواد مؤثر است.

(الف) گشتاور اسپینی

(ب) گشتاور مداری الکترون‌ها

(ج) گشتاور القایی ناشی از میدان مغناطیسی خارجی

دو مورد اول در خاصیت پارا، فرو، پادفرو و فری مغناطیسی مواد نقش اساسی دارد و مورد سوم در خاصیت دیامغناطیسی مواد. **۱** **دیامغناطیسی** : هرگاه یک ماده در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرد برهم کنش بین الکترون‌های هر اتم و میدان مغناطیسی خارجی باعث القای یک گشتاور مغناطیسی در اتم می‌شود، این پدیده را دیامغناطیس می‌نامند. از آنجایی که همه مواد از اتم تشکیل شده‌اند، این پدیده در تمام مواد رخ می‌دهد. اما این ساختار الکترونی اتم است که در وجود یا عدم وجود یک گشتاور مغناطیسی دائم یا غیردائم در اتم نقش دارد. پدیده دیامغناطیس در اتم‌های با پوسته بسته که در آنها جمع‌برداری گشتاورهای مداری و اسپینی صفر است بیشتر نمایان می‌شود. جهت گشتاورهای مغناطیسی القایی در ماده، مطابق قانون لنز، در جهتی است که با حضور میدان مغناطیسی خارجی مخالفت می‌کند. بیسموت، بریلیم، متان، دیوکسید کربن، شیشه و... چند ماده دیامغناطیس هستند.



یک ماده پارامغناطیس در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی قوی.

۲ **پارامغناطیس** : مواد پارامغناطیس موادی با ویژگی‌های زیر می‌باشند :

(الف) پوسته الکترونی اتم‌های آنها بسته نیست، بنابراین اتم‌های آنها دارای یک گشتاور مغناطیسی دائم‌اند که منشأ آن همان‌طور که گفته شد گشتاور اسپینی و مداری الکترون‌هاست.

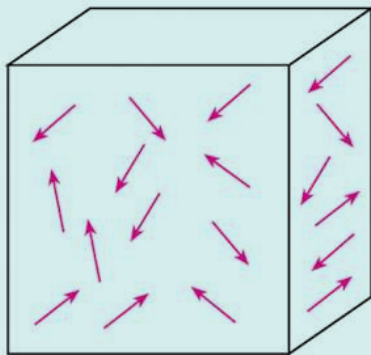
(ب) در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، جهت گشتاورهای دائمی اتم‌های آنها به‌طور کاتوره‌ای در داخل ماده توزیع شده‌اند. زیرا نیرویی که باعث جفت‌شدگی بین این گشتاورها در داخل ماده می‌شود ضعیف است. این نیرو به نیروی تبدلی موسوم است منشأ آن کوانتومی است.

(ج) اگر این مواد در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، علاوه بر القای یک گشتاور مغناطیسی در اتم‌های آنها (پدیده دیامغناطیس)، تعدادی از گشتاورهای مغناطیسی دائم‌اتم‌ها در جهت میدان قرار می‌گیرند به طوری که با افزایش شدت میدان تعداد بیشتری از آنها با میدان هم‌راستا می‌شوند.

اگر میدان مغناطیسی خارجی خیلی قوی باشد همه گشتاورهای مغناطیسی ماده در جهت میدان قرار می‌گیرند. با حذف میدان مغناطیسی خارجی دوباره جهت گشتاور مغناطیسی اتم‌های جسم به حالت کاتوره‌ای باز می‌گردند.

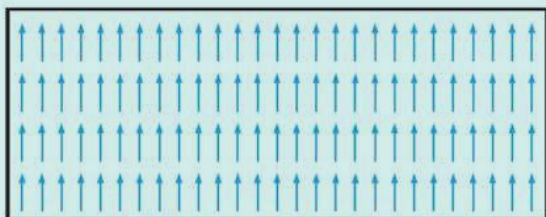
منگنز، پلاتین، آلومینیوم، هوا و... جزء مواد پارامغناطیس محسوب می‌شوند.

۳ **فرو، پادفرو و فری مغناطیس** : اگر برهم کنش و نیروی تبدلی بین گشتاورهای مغناطیسی (ناشی از حرکت مداری و اسپینی الکترون‌ها در اتم‌ها با پوسته باز) قوی باشد جفت‌شدگی بین گشتاورهای مغناطیسی افزایش می‌یابد. مواد با توجه به نوع جهت‌گیری این گشتاورها به سه نوع فرو، پادفرو و فری مغناطیس تقسیم می‌شوند.

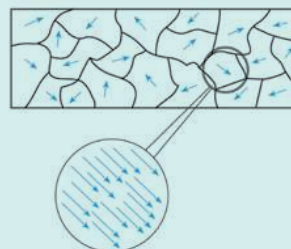


یک ماده پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی خارجی.

در مواد فرومغناطیس گشتاورهای مغناطیسی اتم‌های ماده به صورت موازی و در یک جهت قرار می‌گیرند. این مواد در حالت عادی (در غیاب میدان مغناطیسی خارجی) دارای خاصیت مغناطیسی نیستند. زیرا هر ماده فرومغناطیس از حوزه‌های مغناطیسی زیادی تشکیل شده است که توسط دیواره‌هایی به نام دیوار بلوخ از یکدیگر جدا شده‌اند. به طوری که جهت‌گیری گشتاورهای مغناطیسی در هر حوزه مغناطیسی یکسان است ولی در مجموع گشتاور مغناطیسی برآیند کل نمونه (مغناطش نمونه) برابر صفر است.



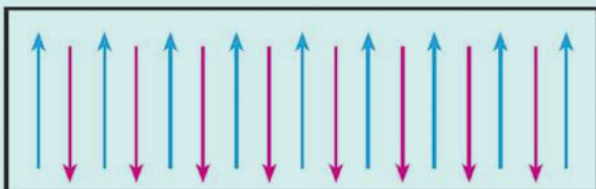
یک ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی



یک ماده فرومغناطیسی در غیاب میدان مغناطیسی

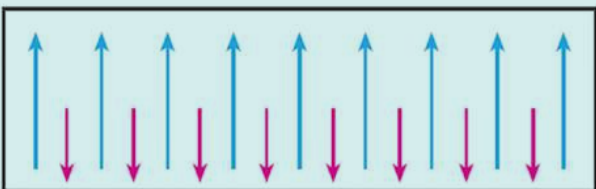
حال اگر یک ماده فرومغناطیس را در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌دهیم، گشتاور مغناطیسی حوزه‌هایی که در جهت (یا تقریباً در جهت) میدان هستند هم جهت با آن قرار می‌گیرند، به طوری که با افزایش شدت میدان به تدریج گشتاورهای مغناطیسی حوزه‌های دیگر نیز در جهت میدان ردیف می‌شوند و در نهایت ماده به یک تک حوزه مغناطیسی تبدیل می‌شود. با حذف میدان، پس از گذشت زمان کوتاهی ماده دوباره به حالت اولیه خود بازمی‌گردد و خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد. آهن، کبالت، نیکل، گادولینیم و دیسپرسیم جزء مواد فرومغناطیس محسوب می‌شوند.

مواد پادفرومغناطیس نیز از حوزه‌هایی تشکیل شده‌اند که هر حوزه نیز از شبکه‌هایی شامل دو زیر شبکه A و B تشکیل شده است به طوری که جهت گشتاورهای مغناطیسی در زیر شبکه‌های A و B به صورت پاد موازی یکدیگرند (شکل زیر). موادی مانند FeO ، MnS ، MnO و ... جزء مواد پادفرومغناطیس هستند.



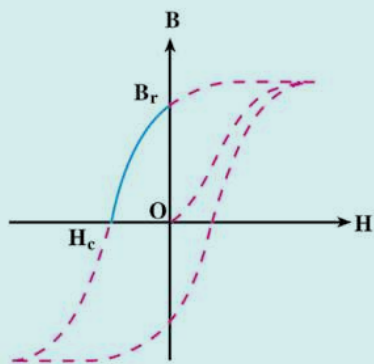
یک حوزه مربوط به ماده پادفرومغناطیس، در مواد پادفرومغناطیس برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه صفر است.

مواد فری مغناطیس نیز مانند مواد پادفرومغناطیس می‌باشند با این تفاوت که اندازه گشتاورهای مغناطیسی در زیر شبکه‌های A و B با هم برابر نیستند و در نتیجه برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه مخالف صفر است (شکل ۴).



یک حوزه مغناطیسی مربوط به ماده فری مغناطیس، در مواد فری مغناطیس برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه مخالف صفر است.

هرگاه یک ماده فری مغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی نسبتاً قوی قرار بگیرد برآیند همه گشتاورهای مغناطیسی اتم‌ها در راستای میدان قرار می‌گیرند. ویژگی مهم این مواد این است که با حذف میدان مغناطیسی خارجی دیگر گشتاورهای مغناطیسی (حوزه‌ها) به حالت اولیه بازمی‌گردند و جسم خاصیت مغناطیسی را به صورت دائم در خود حفظ می‌کند (برخلاف مواد فرومغناطیس نرم که با حذف میدان، خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند). این مواد در صنعت و فناوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند به طوری که به اختصار آنها را فریت می‌نامند. رابطه شیمیایی این مواد به صورت Fe_xO_y ، Mo است، که در آن M یک کاتیون دو ظرفیتی است غالباً Zn ، Fe ، Ni ، Cd ، Cu و یا Mg است. معمولاً این مواد را فرومغناطیس سخت می‌نامند. ویژگی مهم مواد فرو و فری مغناطیس: یکی از بارزترین مشخصات این مواد، منحنی مغناطیدگی یا چرخه پسماند است که در آن تغییرات مغناطیدگی جسم $\vec{M}$ (گشتاور مغناطیسی ماده در واحد حجم یا جرم) را برحسب میدان مغناطیسی خارجی $\vec{H}$ رسم می‌کنند. دلیل وجود این چرخه ناشی از وجود حوزه‌های مغناطیسی در این مواد است. برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر حوزه مخالف صفر است ولی با توجه به اینکه گشتاورهای حوزه‌های مختلف در جهت‌های متفاوتی هستند، گشتاور برآیند نمونه صفر است. (نقطه O در شکل (صفحه بعد)). حال اگر این مواد را در یک میدان مغناطیسی قرار دهیم و میدان را به تدریج افزایش دهیم، ابتدا حجم حوزه‌هایی که گشتاور مغناطیسی آنها با میدان هم جهت (یا تقریباً هم جهت) است زیاد می‌شود و با افزایش شدت میدان، گشتاورهای حوزه‌های دیگر نیز به تدریج می‌چرخند و در جهت میدان قرار می‌گیرند و سرانجام در یک میدان مغناطیسی نسبتاً قوی گشتاور مغناطیسی تمام حوزه‌ها با میدان مغناطیسی هم جهت می‌شوند و کل نمونه به صورت یک تک حوزه مغناطیسی درمی‌آید. اکنون اگر میدان مغناطیسی خارجی را به تدریج کاهش دهیم گشتاورهای حوزه‌های مغناطیسی به حالت اولیه خود بازمی‌گردند، یعنی در غیاب میدان مغناطیسی، مغناطیدگی، ماده صفر نمی‌شود و به عبارتی ماده از خود پسماند مغناطیسی نشان می‌دهد. در عمل به جای رسم منحنی $M-H$ ، منحنی $B-H$ را (که در آن B القای مغناطیسی درون ماده است) را رسم می‌کنند.



منحنی مغناطیدگی (یا چرخه پسماند) یک ماده فرو یا فری مغناطیس

در این نمودار B_r پسماند مغناطیسی در ماده است و H_c میدان وادارنده جسم است که خاصیت مغناطیسی را در جسم حفظ می‌کند که معمولاً به آن نیروی وادارندگی می‌گویند. در مواد فرومغناطیس نیروی وادارنده H_c کوچک است به همین دلیل با حذف میدان مغناطیسی خارجی جسم پس از مدت زمانی کوتاه به حالت اولیه خود بازمی‌گردد. در حالی که در مواد فری مغناطیس نیروی وادارنده H_c بزرگ است و مانع آن می‌شود که در غیاب میدان خارجی جسم خاصیت (باقی ماندگی) مغناطیسی خود را از دست بدهد. آن بخش از منحنی پسماند را که در ناحیه دوم قرار دارد (خط پیوسته در شکل بالا) منحنی و امغناطیدگی جسم می‌نامند.

چرا مواد فری مغناطیس برای ذخیره اطلاعات مناسب‌اند؟ با توجه به آنچه گفته شد یک محیط مناسب برای ذخیره اطلاعات باید دارای شرایط زیر باشد:

الف) ذخیره مقدار زیادی اطلاعات در یک فضای کوچک (B_r بزرگ)

ب) حفظ این اطلاعات برای یک مدت زمان طولانی (H_c بزرگ)

ج) ذخیره و بازیابی اطلاعات با توان مصرفی کم

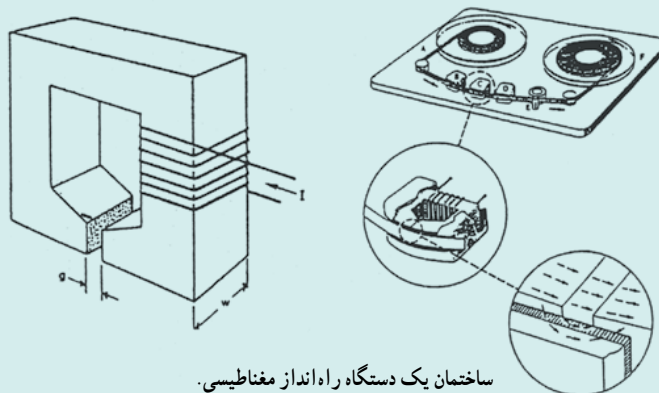
سه ویژگی بالا در مواد فری مغناطیس وجود دارد و از این جهت این مواد برای ذخیره اطلاعات مناسب‌اند.

تاریخچه ضبط (ذخیره) مغناطیسی: ضبط مغناطیسی با استفاده از تبدیل نوسان‌های صوتی به نوسانات الکتریکی (توسط میکروفون و تقویت‌کننده) و تبدیل این جریان الکتریکی به یک میدان مغناطیسی توسط یک هد (که باید از جنس یک ماده فرومغناطیس باشد) و اعمال این میدان مغناطیسی بر روی یک محیط مغناطیسی مناسب (از جنس یک ماده فری مغناطیس) امکان‌پذیر است. ضبط صدای انسان نخستین بار در سال ۱۸۹۸ میلادی توسط پولسن (Poulsen) ابداع گردید. او نوسان‌های صوتی را توسط یک آهنربای الکتریکی که به یک میکروفون وصل شده بود بر روی یک میله فولادی (آهن با ۱ درصد کربن) ذخیره نمود. مجموعه دستگاهی که ایشان فراهم نمود بود به تلگرافون موسوم بود. عیب عمده این دستگاه نوفه (Noise) زیاد در هنگام بازیافت اطلاعات ذخیره شده بود.

در سال ۱۹۲۰ با بهبود کیفیت تقویت‌کننده‌ها، بازیافت اطلاعات با نوفه کمتری همراه شد. در سال ۱۹۲۱ با اختراع روش ضبط با پیش‌ولت ac این نوفه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یافت.

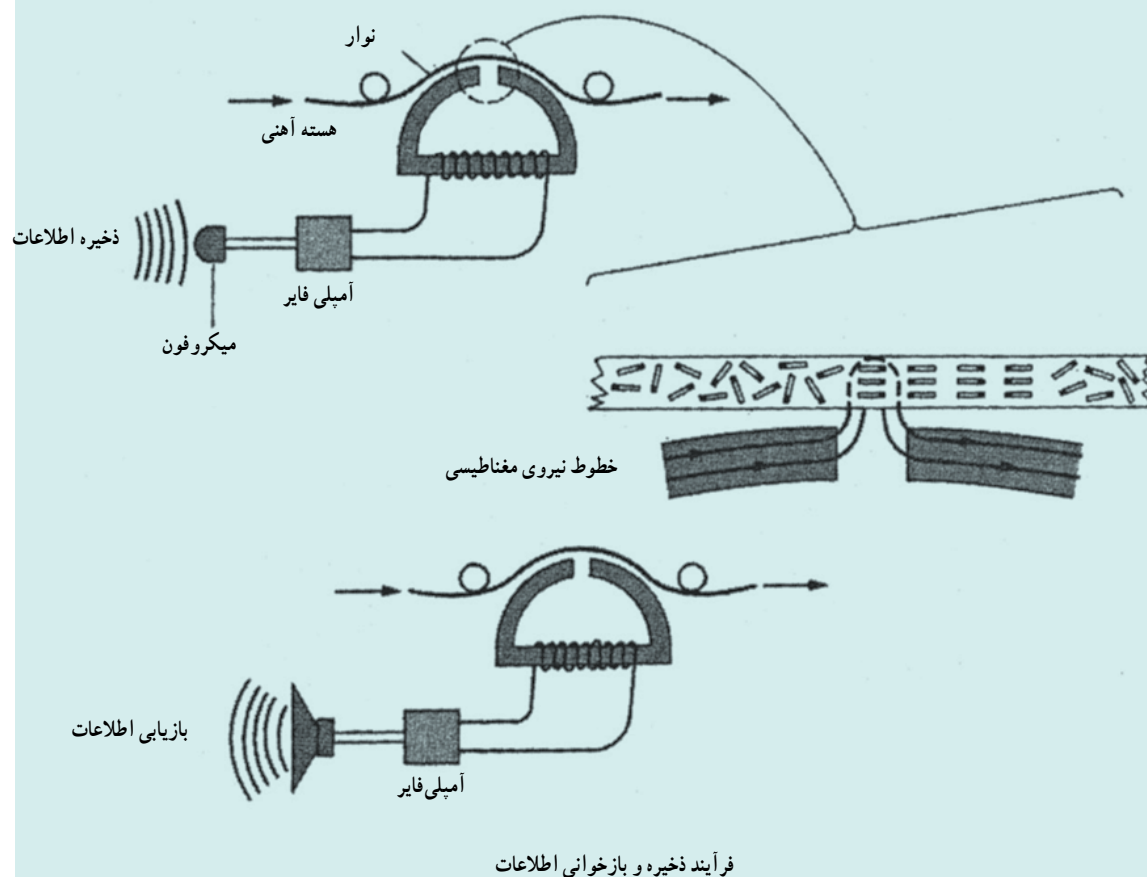
نوارهای ضبط شنیداری ATR نخستین بار با آغشته کردن یک نوار کاغذی مخصوص با یک مایع فری مغناطیس در سال ۱۹۲۷ توسط یک شرکت آمریکایی ابداع گردید و هم‌زمان در آلمان این نوارها با استفاده از نوار کاغذی آغشته به پودر آهن ساخته شدند. در سال ۱۹۴۷ با همکاری سه شرکت آمریکایی نوارهای اکسید آهن ابداع شدند و در سال ۱۹۵۰ نوارهای ضبط دیداری VTR و همچنین درایوهای دیسک مغناطیسی MDD ساخته شدند. در اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی نوارهایی از جنس دیوکسید کروم و در اوایل دهه ۱۹۷۰ نیز نوارهایی از جنس اکسید آهن اصلاح شده با کبالت ساخته شدند. در اوایل دهه ۱۹۸۰ نیز نوارهای فلزی از جنس ذرات بسیار ریز فلزی (پودر آهن) به بازار عرضه شدند.

فرایند ذخیره و بازیابی اطلاعات از محیط‌های مغناطیسی: همان‌طور که گفته شد عمل ذخیره‌سازی مغناطیسی (اعم از صوتی و تصویری) با تبدیل نوسانات صوتی (تصویری) به نوسانات الکتریکی و تبدیل این جریان الکتریکی به یک میدان مغناطیسی توسط دستگاه راه‌انداز و اعمال این میدان بر روی یک محیط مغناطیسی مناسب امکان‌پذیر است (شکل زیر).

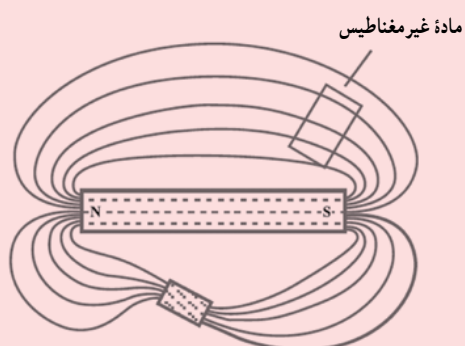


ساختمان یک دستگاه راه‌انداز مغناطیسی.

برای بازیافت اطلاعات فرایند بالا برعکس می شود. یعنی نوار را از مقابل یک راه انداز مغناطیسی عبور می دهند، در نتیجه بر اثر خاصیت مغناطیسی نوار، یک میدان مغناطیسی در دستگاه راه انداز القا می شود و این میدان مغناطیسی باعث ایجاد یک جریان الکتریکی می شود که توسط یک مبدل به نوسان های صوتی تبدیل می شود (شکل صفحه بعد).



پرسش های پیشنهادی

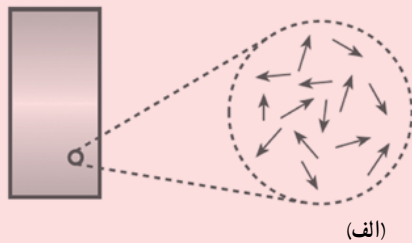


۱ در شکل روبه رو تأثیر وجود یک ماده غیرمغناطیسی (مانند شیشه) و یک ماده مغناطیسی (مانند آهن) در اطراف یک آهنربای میله ای نشان داده شده است.

الف) سمت گیری تقریبی دو قطبی های مغناطیسی را در هر یک از این دو ماده با رسم شکل نشان دهید.

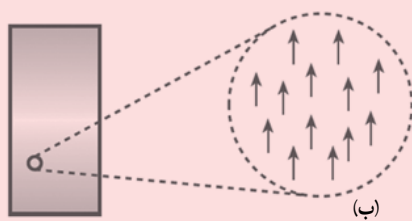
ب) قطب های القا شده در قطعه آهن را تعیین کنید.

۲ الف) در شکل صفحه زیر الف و ب سمت گیری دوقطبی های مغناطیسی در دو ماده مختلف (در مقیاس خیلی ریز) نشان داده است. تفاوت های هر ماده را از لحاظ مغناطیسی بنویسید.



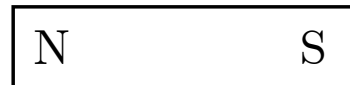
ب) در صورتی که ماده (الف) درون یک میدان مغناطیسی ضعیف قرار گیرد، چه تغییری در سمت گیری دوقطبی های آن رخ می دهد؟ در صورتی که میدان مغناطیسی قوی باشد، چگونه؟

پ) اگر ماده (ب) یک آهنربای میله ای باشد، قطب های آن را در دو طرف آهنربا تعیین کنید.

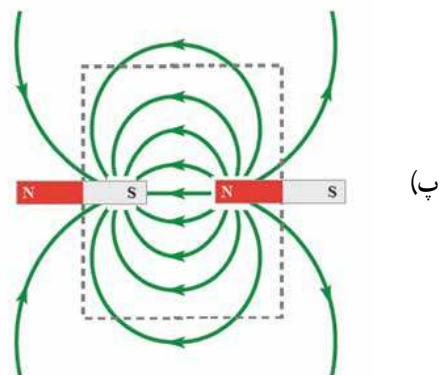
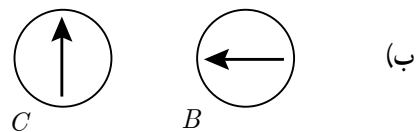


راهنمای پاسخ یابی پرسش ها و مسئله های فصل ۳

۱ دانش آموزان با توجه به شکل ۳-۶ دیدند، جهت قطب های آهنربا به سادگی تعیین می شود.



۲ الف) اندازه میدان در نقطه A حداقل ممکن و نزدیک به صفر است.



۳ الف) ۱- استفاده از یک آهنربا با قطب های مشخص
۲- استفاده از قطب نما

(ب) با توجه به تراکم خطوط میدان در مجاورت قطب ها آهنربای ۲، اندازه میدان $\vec{B}$ این آهنربا از آهنرباهای (۲) بیشتر است.
۴ الف) نوک ثابت آهنی بر اثر پدیده القای مغناطیسی، به آهنربا تبدیل می شود.

(ب) به علت آنکه آهن ماده فرومغناطیس نرم است به راحتی به آهنربا تبدیل می شود و قادر خواهد بود قطعه بلعیده شده را جذب و به بیرون بکشد.

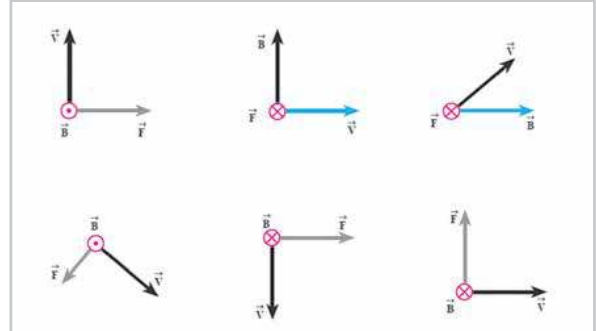
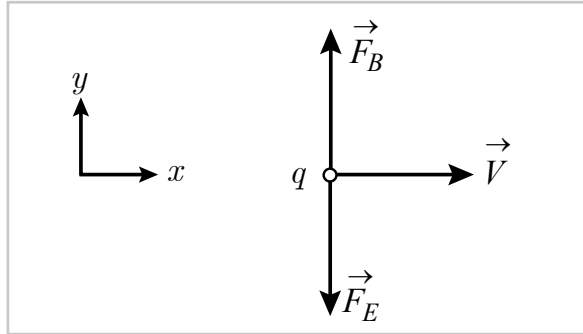


(پ) به علت اینکه مجرای گلو دارای فرورفتگی و برآمدگی است.
(ت) گیره آهنی کاغذ را می توان بیرون آورد زیرا ماده فرومغناطیس نرم است و جذب آهنربا می شود.
۵ با استفاده از قاعده دست راست، نوع بار هر ذره را تعیین می کنیم زیرا ذره ۱ بار مثبت، ذره های ۲ و ۴ بار منفی و ذره ۳ چون از مسیر خود منحرف نشده است، خنثی است.

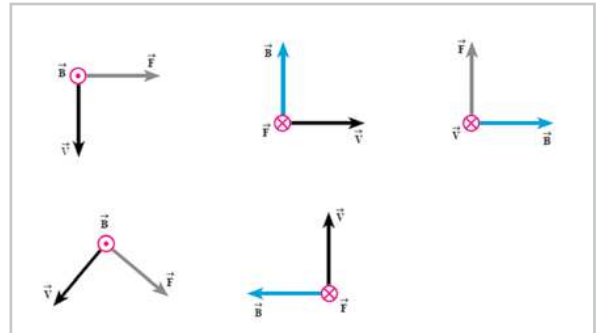


۱۱ برای اینکه ذره باردار در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد، مطابق شکل باید $F_E = F_B$. در این صورت داریم

$$qE = qvB \Rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{450 \text{ N}}{0.18 \text{ T}} = 2500 \text{ m/s}$$



۱۲ با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیرو (الف) به سمت داخل صفحه (درون سو) است.
(ب) به سمت بالا.
(پ) به سمت بالا.



۸ پاد ساعتگرد

$$V = 4/4 \times 10^6 \text{ m/s}, B = 18 \text{ mT}, \theta = 60^\circ$$

$$F = qvB \sin \theta = (1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) = (4/4 \times 10^6 \text{ m/s}) \quad (\text{الف})$$

$$\times (18 \times 10^{-3} \text{ T}) \sin 60^\circ \approx 2/5 \times 10^{-15} \text{ N}$$

(ب)

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{2/5 \times 10^{-15} \text{ N}}{1/7 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 1/4 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$$

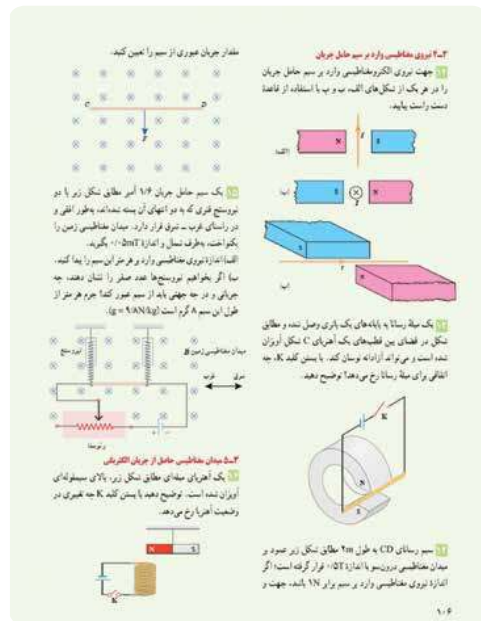
$$v = 2/4 \times 10^5 \text{ m/s}, F_{\max} = 9/871 \times 10^{-14} \text{ N}, B = ?$$

$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow 9/8 \times 10^{-14} \text{ N} = (1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$(2/4 \times 10^5 \text{ m/s}) B$$

$$\Rightarrow B \approx 1/7 \text{ T}$$

چون اندازه نیروی وارد بر الکترون بیشینه فرض شده است $\sin \theta = 1$ گرفته ایم. جهت میدان به سمت غرب است (به بار منفی الکترون توجه شود).



۱۳ میله در همان لحظه وصل کلید، روبه جلو پرتاب می شود. دانش آموزان با توجه به قاعده دست راست و جهت جریان و میدان $\vec{B}$ ، باید جهت نیروی وارد بر میله را تعیین کنند.

$$l = 2m, B = 0.5 \text{ T}, F = 1 \text{ N}, I = ?$$

$$F = IlB \sin \theta \Rightarrow 1 \text{ N} = I(2 \text{ m})(0.5 \text{ T}) \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow I = 1 \text{ A}$$

جهت جریان از D به C است.

$$I = 1/6 \text{ A}, B = 0.5 \text{ mT} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$F = IlB \sin \theta = (1/6 \text{ A})(1 \text{ m})(0.5 \times 10^{-3} \text{ T}) \sin 90^\circ$$

$$= 8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$F = mg \Rightarrow IlB \sin \theta = mg$$

$$I(1 \text{ m})(0.5 \times 10^{-3}) \sin 90^\circ = (8 \times 10^{-5} \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg})$$

$$\Rightarrow I = 1568 \text{ A}$$

که جریان بسیار بزرگی است.

۱۶ با بستن کلید، سیملوله آهنربا می‌شود و با توجه به جهت جریان در آن، پایین سیملوله قطب N و بالای آن قطب S می‌شود. بنابراین قطب N آهنربای آویزان به طرف سیملوله کشیده می‌شود.

۱۷ با قرار دادن باتری A درون مدار، جهت خطوط میدان حاصل از سیم حامل جریان سبب انحراف عقربه مغناطیسی به طرف چپ می‌شود.

۱۸ باتری A ، با توجه به جهت جریان در سیملوله، سمت راست سیملوله قطب S می‌شود و آهنربای آویزان را به سمت خود جذب می‌کند.

۱۹ جهت میدان $\vec{B}$ ناشی از سیم ۱ در نقطه A درون سو است. بنابراین باید جهت میدان ناشی از سیم ۲ در نقطه A برون سو باشد تا برآیند آنها بتواند صفر شود.

بنابراین باید جهت جریان در سیم ۲، بر خلاف جهت جریان در سیم ۱ باشد.

$$N = 250, l = 0.14 \text{ m}, I = 0.8 \text{ A}, B = ?$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(250)(0.8 \text{ A})}{0.14 \text{ m}} \approx 1.8 \times 10^{-3} \text{ T}$$

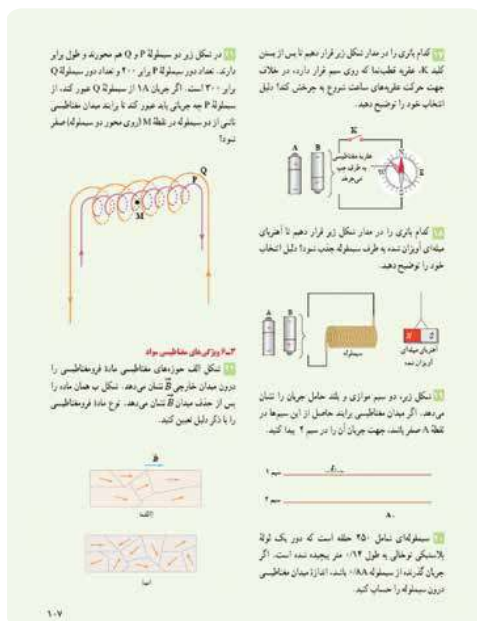
$$N_P = 200, N_Q = 300, I_Q = 1 \text{ A}, I_P = ?$$

$$l_P = l_Q$$

شرط صفر بودن برآیند میدان $\vec{B}$ ناشی از دو سیملوله در نقطه M عبارت است از

$$B_P = B_Q \Rightarrow \frac{\mu_0 N_P I_P}{l_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{l_Q}$$

$$\Rightarrow 200 \cdot I_P = 300 \times 1 \text{ A} \Rightarrow I_P = \frac{3}{2} \text{ A}$$



۲۲ چون پس از حذف $\vec{B}$ ، جهت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی ماده فرومغناطیسی به‌طور کاتوره‌ای درآمده است نوع ماده فرومغناطیس، نرم است.

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

