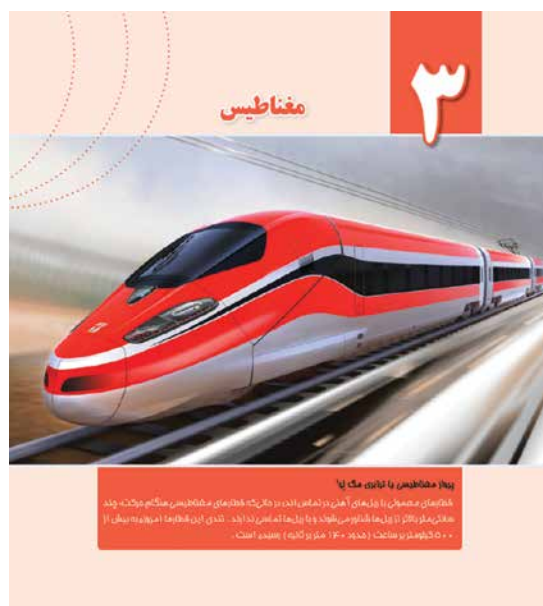


فصل سوم

مغناطیس

هدف‌های فصل

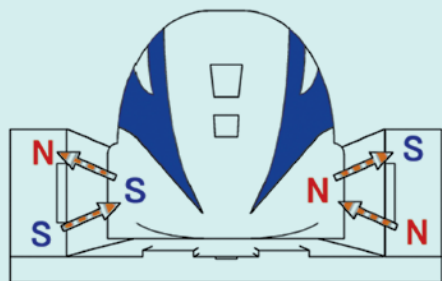
- آشنایی با مفهوم خاصیت مغناطیسی و میدان مغناطیسی، رسم و تعیین جهت خطوط میدان مغناطیسی
- آشنایی با مفهوم میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین و پدیده‌های مربوط به آن.
- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی و حل مسئله‌های مربوط به آن
- آشنایی با نیروی وارد بر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



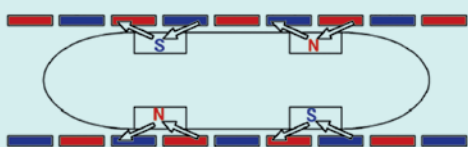
دانستنی برای معلم

قطارهای مغناطیسی

قطارهای مغناطیسی که به اختصار به آنها Maglev می‌گویند (magnetic levitation) وسایل حمل‌ونقل 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 بالشک‌های 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 دیواره‌ی 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 دیواره‌ی 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 S و N مقابل هم باشند نیروها مؤلفه‌ی 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 مؤلفه‌ی افقی به سوی عقب پیدا می‌کرد اما با تغییر قطب‌ها باز هم نیروها مؤلفه‌ی 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 باشد.



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.



شکل ۳-۱ سگ آهنربای طبیع
که اغلب از او به عنوان چتر فلز برای باد می‌سود. ماده کانی سنگین به نام Fe_3O_4 را که ویژگی آهنربایی دارد می‌ساخت.

شکل ۳-۲ از گذشته‌های دور برای جهت‌یابی
مربوط به زمین از قطب‌نمای استفاده می‌شده است.

شکل ۳-۳ آهنربا دو تایی وجود دارد
که خاصیت مغناطیس ارائه بسیار بهتر از قسمت‌های دیگر است.

شکل ۳-۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهنربای
دائمی را چندین بار در یک جهت به یک سوزن
تک‌گانه بکشید، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود (شکل ۳-۴). اگر این سوزن را به آرامی روی سطح
آب درون ظرفی شش‌آور کنید، با آن را توسط رسیالی از وسط آن پلوییم که بتواند آزادانه بچرخد،
یک سوزن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب N و سر دیگر
را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند.

شکل ۳-۵ ممکن است مفهوم قطب‌های مغناطیس 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 نیروی بر وجود تک قطبی مغناطیس
وجود ندارد؛ قطب‌های مغناطیس همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

۳-۱ مغناطیس و قطب‌های مغناطیس
کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، ریشه‌ی روزافزون دارد. فراتر از یک فن-
حیض صدا و تصویر روی محیط‌های انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه
فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین حیض مغناطیس به سنسورهای شش شده است. با وجود این،
ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیس وابسته است.
مغناطیس و آهنربا همچنین در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی،
موتورهای الکتریکی، بخیرگها، و اغلب سامانه‌های شناور و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز
در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌های از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهره فراوانی از مغناطیس و
آثار آن می‌برد.

۳-۲ آهنربا و قطب‌های مغناطیس
آثار مغناطیس دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در کنه‌های از سنگ آهن مغناطیس شده در نزدیکی
نهر باستانی منگشیا (که نام امروزی آن مانسبا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این نکته‌ها
نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهنربای دائمی خوانده می‌شود (شکل ۳-۲). جینی‌های باستان
تیز یا ویژگی‌های مغناطیس برخی از سنگ‌های آهنربایی دانسته و از آنها در ساخت قطب‌نما
برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳-۳).
در علوم هشتم دیده‌اید که هرگاه آهنربایی را درون ظرف محوری براده آهن فرو ببریم، براده‌های آهن
به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیس یا
قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۳-۴).

۳-۳ پرسش
فرض کنید دو میله کلاسیک مشابه، یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید.
با گستره‌گر در گروه خود، روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن و بدون استفاده از هیچ
وسيلة دیگر، بتوان میله‌ای را که از جنس آهنرباست مشخص کرد.

پرسش ۳-۱

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 ۳-۲

۱- دریافت خود را از شکل الف بیان کنید.
۲- در علوم هشتم با پدیده القای مغناطیسی آشنا شدید. با توجه به شکل این پدیده را توضیح دهید و بیان کنید چرا در پدیده القای مغناطیسی همواره جذب وجود دارد؟

فصل ۳-۲ و ۳-۳: کثرت برانگیز در القای مغناطیسی برای بی‌نیاز

لنگه‌های نیرو در کشور میکروسکوپی رویه‌رو، پشته‌های سرقاتی است که از توموری جدا شده‌اند و خطر بخش آنها در سرشتر بدن بسیار وجود دارد. در یک روش تجربی برای مبارزه با این پدیده از ذراتی یک ماده مغناطیسی استفاده می‌شود که به بین تزیق می‌نویسد. این ذرها با ماده شیمیایی خاصی پوشیده شده‌اند که به‌طور هدفمند به پشته‌های سرقاتی متصل می‌شوند. سپس با استفاده از یک آهنربا در بیرون از بدن بیمار، این ذرها (که در شکل به رنگ قهوه‌ای نشان داده شده است) بیرون برانگیز می‌شوند و پشته‌های سرقاتی را با خود می‌برند.

۳-۳ میدان مغناطیسی

هرگاه آهنربایی را به یک میخ آهنی نزدیک کنید می‌بینید که میخ به طرف آهنربا حرکت می‌کند و به سمت آن جذب می‌شود (شکل ۳-۳). مشابه آنچه دربار اجسام باردار دیدیم، برای توجیه این پدیده می‌گوئیم در فضای اطراف آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد که سبب جذب میخ شده است. میدان مغناطیسی نیروی شدت میدان الکتریکی که در فصل ۱ با آن آشنا شدیم، گشتی برابری است و آن را با نماد \vec{B} نمایش می‌دهیم.

۳-۴

یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به یک مغز مغناطیسی نزدیک کنید (شکل رویه‌رو). آنچه را می‌بینید توضیح دهید. با دور کردن آهنربا از قطب‌ها چه اتفاقی می‌افتد؟ دلیلی آن را شرح دهید. فرض کنید که قطب‌ها در اختیار ندارید، یک سوزن نقره مغناطیسی شده را روی سطح آب درون ظرفی نشاند. با این ترتیب سوزن نقره مانند مغز مغناطیسی یک قطب‌ها رفتار می‌کند.

۸۵

پرسش ۳-۲

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

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

۳-۲ میدان مغناطیسی

راهنمای تدریس : از آنجا که دانش‌آموزان در فصل اول به اندازه کافی با مفهوم میدان الکتریکی و خطوط وابسته به آنها آشنا شده‌اند این بخش را با مشابهت‌سازی می‌توانید دنبال کنید.

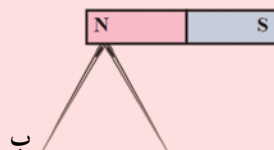
پرسش پیشنهادی

نیروی مغناطیسی وارد بر عقربه مغناطیسی از طرف زمین، بزرگ‌تر، کوچک‌تر یا مساوی با نیروی مغناطیسی‌ای است که از طرف عقربه مغناطیسی بر زمین وارد می‌شود؟
جواب : مساوی است.

پرسش پیشنهادی : الف) بگوئید که چرا دو سوزن که به دو سر یک آهنربا آویزان باشند به یکدیگر متمایل می‌شوند؟

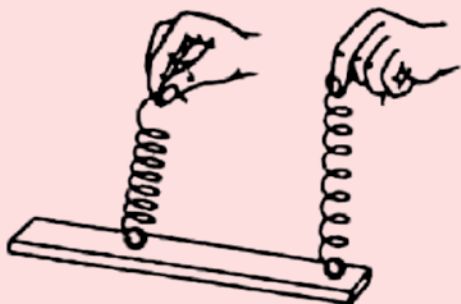


ب) چرا انتهای دو سوزن که به یک قطب یک آهنربا آویزان باشند، یکدیگر را دفع می‌کنند؟



پاسخ : الف) در اثر خاصیت القای مغناطیسی دو سر سوزن‌ها، قطب‌های مخالف می‌شوند و به طرف یکدیگر می‌آیند.
ب) دو انتهای سوزن‌ها قطب‌های همنام شده و یکدیگر را دفع می‌کنند.

فعالیت پیشنهادی

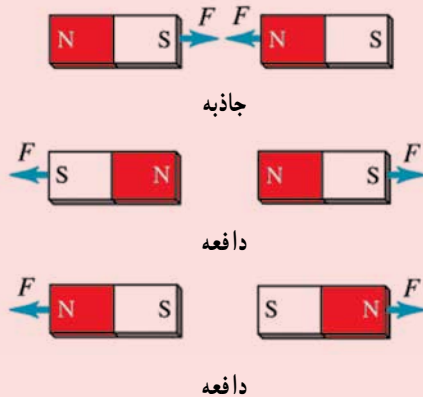


یک گوی آهنی را به یک طرف فنر ماریچی وصل کنید. این گوی را به نقطه‌ای از سطح یک آهنربا تماس دهید و سپس با کشیدن فنر آن را جدا کنید. افزایش طول فنر به هنگام جدا کردن نشانه نیروی لازم برای غلبه بر نیروی جاذبه وارد بر گوی در نقطه تماس با آهنربا است. گوی را در نقطه‌های دیگر (مثلاً در وسط آهنربا) قرار دهید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

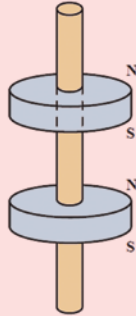
پرسش پیشنهادی

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.



شکل ۵

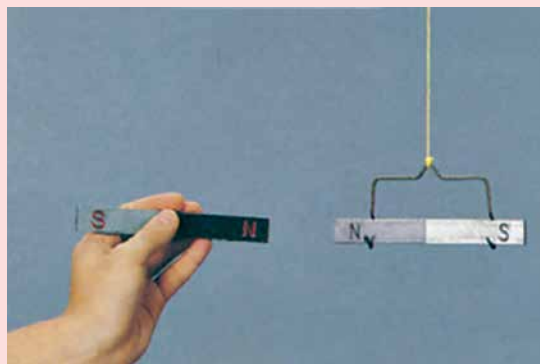
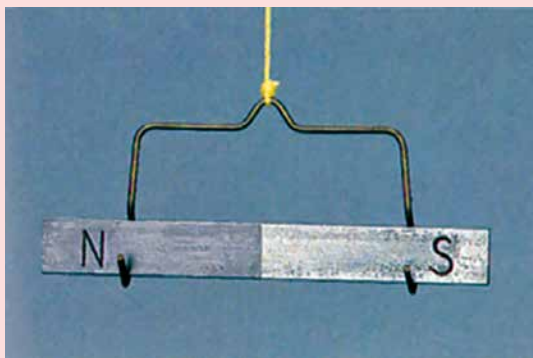
پاسخ :

- 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.



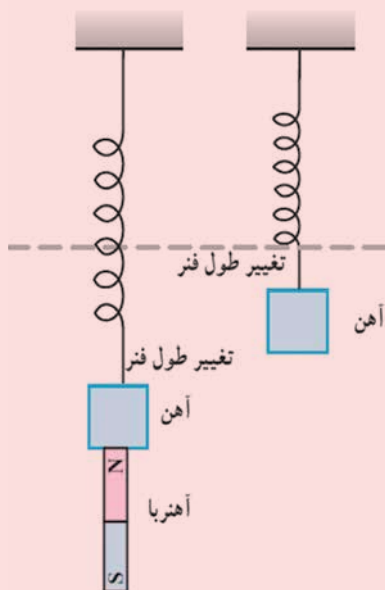
فعالیت پیشنهادی

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 بیاویزید 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 آهنی 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.

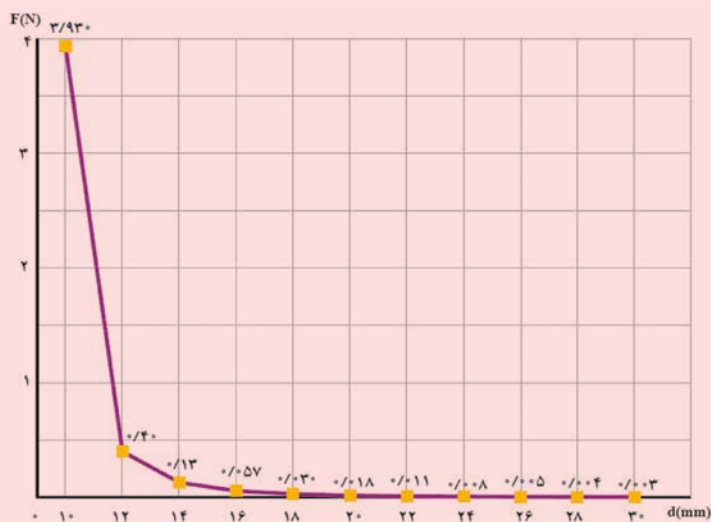
فعالیت پیشنهادی

فعالیت پیشنهادی

نیروی دافعه بین دو قطب همنام دو آهنربا بر اساس فاصله آنها از یکدیگر اندازه‌گیری 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 می‌توانید از نرم‌افزار 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 دانش‌آموزان می‌خواهیم 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 می‌توانید به فیلم مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ مراجعه کنید (سایت گروه فیزیک).

پرسش ۳-۲

۱- با توجه به شکل ۳-۶ الف، دانش‌آموزان به سادگی می‌توانند جهت عقربه‌های مغناطیسی را در پرسش ۱ تعیین کنند.

۲- همان‌طور که اشاره کردیم چون دانش‌آموزان در فصل ۱ به اندازه کافی با مفهوم میدان، خطوط میدان و ویژگی‌های آن آشنا شدند به سادگی می‌توانند 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 (نکته‌ای که باید دوباره به دانش‌آموزان گوشزد شود). با توجه به فاصله خطوط از یکدیگر، اندازه میدان به ترتیب بزرگی در نقطه‌های *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.

به کمک نظریه مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهن‌ربا چنین کرد (شکل ۳-۷ الف). با به تعریف بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پراکنده آهن‌ربا در جهت است که وقتی نظریه مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب *N* مغناطیسی آن جهت را نشان می‌دهد. با همین جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهن‌ربا، می‌توان همان‌گونه که برای میدان الکتریکی انجام دادیم، خط‌های میدان مغناطیسی را رسم کنیم. شکل ۳-۸ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهن‌ربای ساده نشان می‌دهد. این خط‌ها از آهن‌ربا می‌گذرد و هر یک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می‌دهد. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در توپکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



شکل ۳-۸ الف: تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک نظریه مغناطیسی
ب: خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهن‌ربا
ج: خط‌های مغناطیسی در اطراف آهن‌ربا

۳-۸ ب: جهت بردارهای یک آهن‌ربای ساده و تعدادی نظریه مغناطیسی را نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهن‌ربا قطب *N* و کدام سر قطب *S* است؟ (ب) جهت گوی مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهن‌ربا را در هر یک از مکان‌های روی شکل تعیین کنید.

۳-۸ ج: جهت بردارهای یک آهن‌ربای ساده و تعدادی نظریه مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهن‌ربا را در هر یک از مکان‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

۳-۳ فعالیت

یک آهن‌ربای ساده را روی سطح افقی بزرگ قرار دهید. یک قطب‌نما یا نظریه مغناطیسی را بالای یکی از قطب‌های آهن‌ربا قرار دهید. روی سویی مادامی‌که قطب‌نما در آهن‌ربا، نظریه را با آرامی حرکت دهید (شکل ۳-۹). در هر یک از مکان‌ها که در هر حرکت نظریه چند درجه می‌چرخد.

فعالیت ۳-۲

این فعالیت نیز به صورت فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ در سایت گروه فیزیک موجود است که می‌توانید مشاهده کنید. در ضمن این فعالیت در کلاس درس نیز باید توسط دانش‌آموزان انجام شود و پس از انجام آن نتیجه را گزارش کنند. (پاسخ نهایی فعالیت: ۷۲° درجه).

آزمایش ۳-۱

علاوه بر روشی که در آزمایش آمده است به روش دیگری که در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ در سایت گروه فیزیک موجود است می‌توانید این آزمایش را به کمک دانش‌آموزان دنبال کنید.

۳-۱ آزمایش

هدف: مشاهده نحوه خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از پودر آهن

وسایلهای موردنیاز: آهن‌ربای ساده، پودر آهن، یک ورقه نیشه‌ای یا مقوای، یک بشقاب رسیه دیگری برای پشتیبان برده آهن‌ربا و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری)

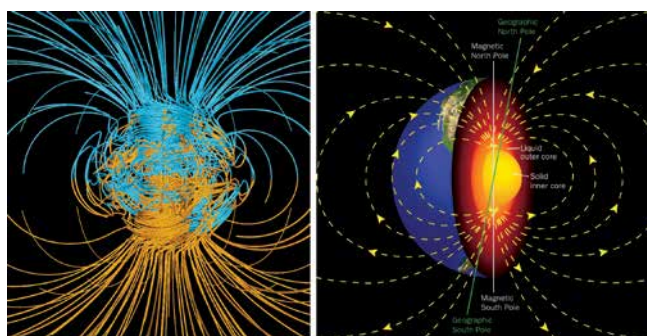
شرح آزمایش:

- یکی از آهن‌رباهای ساده را روی میز قرار دهید و صفحه نیشه‌ای یا مقوای را روی آن بگذارید.
- به کمک نیک پاش، کمی پودر آهن را به طور یکنواخت روی نیشه (مقوای) پاشید.
- چند حبه آرام به صفحه نیشه‌ای نزدیک تا بردارهای آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرد. طریقی که روی صفحه نیشه‌ای پدیدار می‌شود، نشانه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای ساده است (شکل ۳-۱۰ الف).
- مراحل بالا را برای دو آهن‌ربای ساده که پارزیب، قطب‌های هم‌نام و قطب‌های ضد نام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند، انجام دهید (شکل‌های ب و ج).

میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهن‌ربای بسیار بزرگ رفتار می‌کند و طرح خط‌های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط‌های آهن‌ربای ساده بزرگی است که در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در توپکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است (شکل ۳-۱۱). نشان دادن خط‌های میدان مغناطیسی زمین به صورت خط‌های میدان یک آهن‌ربای ساده، تنها یک مدل ساده از ساختار پیچیده و ناشناخته عوامل ایجاد میدان مغناطیسی زمین است. نشانه زمین‌شناسی نشان می‌دهد که جهت این میدان در بازه‌های زمانی بسیار طولانی (تا یک میلیون سال) بطور کامل وارون می‌شود. قطب‌های مغناطیسی زمین بر خط‌های جغرافیایی آن متعلق هستند. در واقع، قطب‌های مغناطیسی جغرافیایی زمین هم‌نام است با قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که نظریه مغناطیسی قطب‌ها در جهت شمال و قطب‌های جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و با 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 مشابهت‌سازی و مدل‌سازی میدان مغناطیسی زمین با یک آهنربای میله‌ای، بسیار ساده‌سازی شده است. شکل‌های زیر مدل‌سازی کامل‌تری از خطوط میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین را نشان می‌دهد.



توضیح در خصوص چند زاویه مغناطیسی

زاویه میل مغناطیس (**magnetic declination angle**) همان‌طور که در کتاب درسی نیز اشاره شده است چون محور مغناطیسی زمین با محور جغرافیایی آن (محور چرخش زمین) به‌طور کامل موازی نیست، در نتیجه خواننده یک قطب‌نما تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد. این انحراف که با مکان تغییر می‌کند زاویه میل مغناطیسی نامیده می‌شود. در برخی منابع برای این زاویه از عبارت **وردش مغناطیسی (magnetic variation)** نیز استفاده شده است. همچنین میدان مغناطیسی در بیشتر نقاط روی سطح زمین افقی نیست، زاویه آن به سمت بالا یا پایین را **شیب مغناطیسی (magnetic inclination angle)** می‌نامند.

در خصوص عبارت زاویه انحراف مغناطیسی (**magnetic deviation angle**) نیز لازم به ذکر است که این عبارت تنها برای شرایطی به کار می‌رود که قطب‌نما 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 جهت‌گیری عقربه مغناطیسی و در نتیجه عددی که برای میل مغناطیسی گزارش می‌شود به وجود می‌آید.

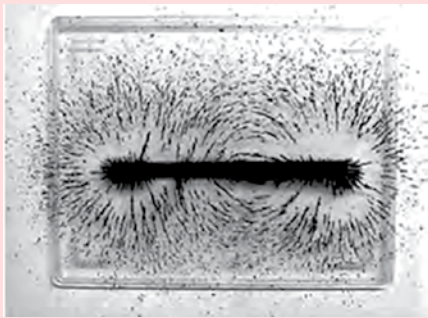
آزمایش پیشنهادی

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

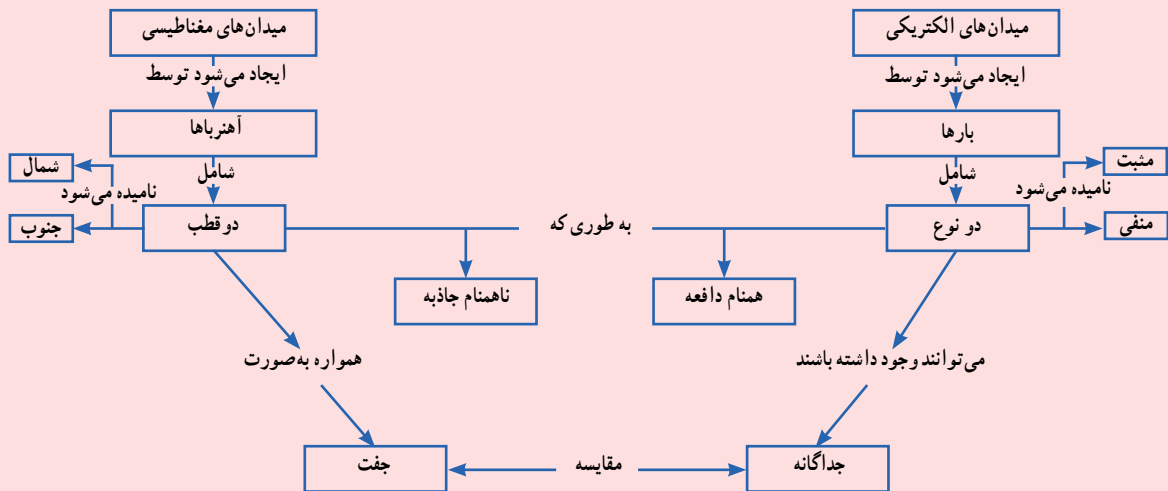


روش‌ی برای ثبت کردن طرح خط‌های میدان مغناطیسی روی کاغذ

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.



فصلت ۳-۳

وقتی یک سوزن مغناطیسی نده با یک قطب مغناطیسی را از وسط آن آویزان می‌کنیم در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین می‌ماند. به این زاویه، **شیب مغناطیسی** گفته می‌شود. برای یافتن شیب مغناطیسی جملی که در آن زنگی می‌کنند درست به وسط یک سوزن مغناطیسی شده با قطب مغناطیسی بزرگ، تخی را بیند و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک قالیق، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که امتداد سوزن با قطب مغناطیسی یا راستای افق می‌سازد. عدد بدست آمده شیب مغناطیسی جمل زنگی شماست. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌تواند از آن نیز استفاده کنید.

نوبت است به‌عنوان جهت‌یابی مغناطیسی، بر خط‌های

بسیاری از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. خرچینگ خاردار کارابین در برابر میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است شکل آلفا. این جاندار یک فیلدینهای مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال جنوب شرق و غرب را برایش امکان‌پذیر می‌کند. این خرچینگ همچنین می‌تواند تفاوت‌های در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت، در یافتن مسیر خود بهره بگیرد.

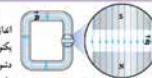
در سال ۱۷۷۰ میلادی دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری‌های موجود در لجن به بالاچهار متوجه شدند که این باکتری‌ها دارای قسمت‌هایی کوچک در بدن خود هستند که خاصیت مغناطیسی دارند. این قسمت‌ها به صورت زنجیری در یک خط قرار دارند در نتیجه، یک قطب مغناطیسی کوچک را تشکیل می‌دهند شکل بیا. باکتری‌ها به کمک این مغناطیسی داخلی می‌توانند از میدان مغناطیسی زمین بهره بگیرند و به طرف مواد غذایی در آن‌ها حرکت می‌کنند. جالب اینکه باکتری‌های مربوط به همسگرا جنوبی زمین، برای رسیدن به آب‌انگیز در خلاف جهت خط‌های میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرند.



بیا

بیا

میدان مغناطیسی بکترها باعث حرکت در نقاط مختلف باجه‌ای از قطب جنوب و امتداد آن در میدان مغناطیسی بکسان باشد. در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه بکترها می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی بکترها در ناحیه بزرگی از قطب سیار مذکور و در عمل امکان‌پذیر است. با این وجود، می‌توان در ناحیه کوچکی از قطب، مانند ناحیه بین قطب‌های یک آهن‌ربای C شکل، میدان مغناطیسی بکترها ایجاد کرد شکل ۳-۳.



در صورت نیاز به سایت www.magnetism-distribution.com ویدیو درج شده در این مطلب (Magnetic Inclination) دست‌اندرآمده ۳۳ را ببینید. ۱۱۱ عدد و رنگ درونی خط عمود خود، شیب مغناطیسی را در محل زنگی خود، اندازه بگیرید. شیب مغناطیسی در ایران از حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه می‌باشد. در مکانی جنوبی داخل خط عرضی خود است. AA

دانشتنی برای معلم

میدان مغناطیسی زمین

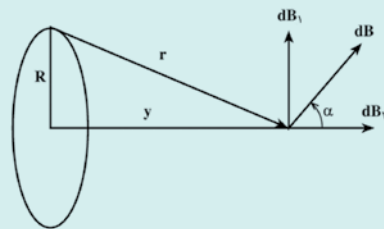
نخستین بار سر ویلیام گیلبرت عنوان کرد که زمین آهنربای بزرگی است که قطب و استوای مغناطیسی دارد. در آن زمان تصور می‌شد که میدان مغناطیسی زمین ناشی از آهنربای بزرگ درون آن است. می‌دانیم، بخش درونی زمین به‌طور عمده از نیکل و آهن مذاب تشکیل شده که دمای آن دست کم حدود ۲۲۰۰ درجه سلسیوس است و می‌تواند آزادانه 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 به‌گونه‌ای 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 :

$$B = \int dB_{\tau} = \int dB \cos \alpha = \frac{\mu IR}{4\mu r^3} \int dI \Rightarrow B = \frac{\mu IR^2}{2r^3}$$



اندازه شدت میدان مغناطیسی حلقه برابر است با :

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{IR^2}{2(R^2 + y^2)^{3/2}} \quad (1)$$

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

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

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

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

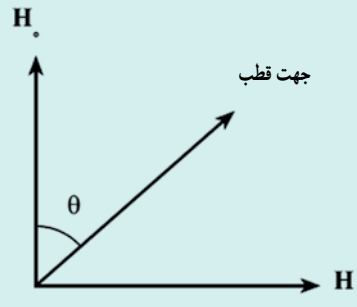
در این سیستم R و y برحسب سانتی‌متر، I برحسب آمپر و H برحسب گاوس است. جهت H با کمک قانون دست راست به دست می‌آید. یعنی اگر جریان در جهت انگشت شست دست راست باشد، جهت میدان در امتداد بسته شدن چهار انگشت دست راست خواهد بود. از آنجا که میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه، به دو مؤلفه افقی و قائم قابل تجزیه است، 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 :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{H_0} \quad (4)$$

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 بیج تولید می‌کنیم، از رابطه‌های ۳ و ۴ داریم:

$$H = H_0 \cdot \text{tg} \theta \Rightarrow \frac{\gamma \mu N I R^\gamma}{(R^\gamma + y^\gamma)^{\gamma/\gamma}} = H_0 \cdot \text{tg} \theta \tag{5}$$

$$\Rightarrow I = \frac{(R^\gamma + y^\gamma)^{\gamma/\gamma}}{\gamma \pi N I R^\gamma} H_0 \cdot \text{tg} \theta$$



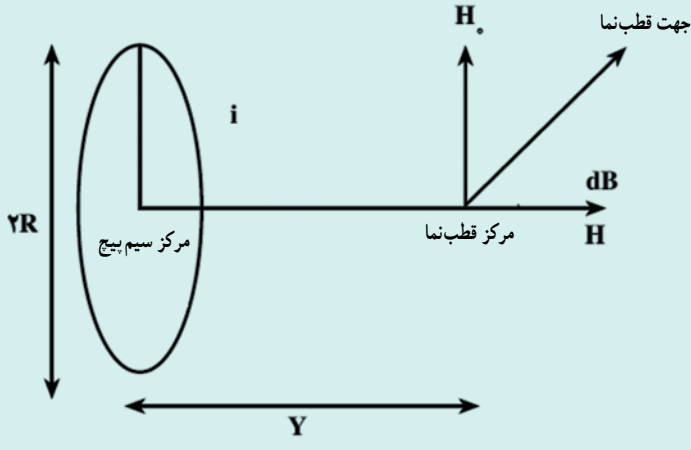
که می‌توان رابطه ۵ را به‌صورت زیر نوشت:

$$I = m \text{tg} \theta \tag{6}$$

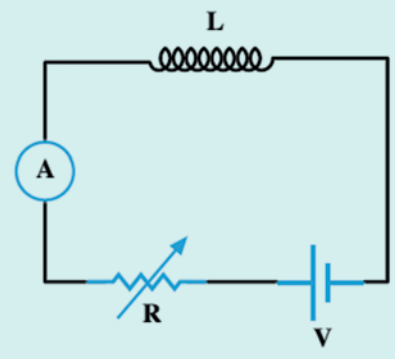
حال می‌توان نمودار I را برحسب $\text{tg} \theta$ رسم کرد. شیب خط حاصل یعنی m را اندازه گرفت و H_0 (شدت میدان مغناطیسی زمین) را به‌دست آورد:

$$H_0 = \frac{\gamma \pi N R^\gamma m}{(R^\gamma + y^\gamma)^{\gamma/\gamma}} \tag{7}$$

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 بیج را آن‌قدر حرکت دهید تا محور عمود بر سیم بیج، 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 آمپر متر را روی 10° آمپر قرار دهید و با تغییر درجه منبع تغذیه و رثوستا، 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 $4/5$ سانتی متر و قطر خارجی آن $6/5$ سانتی متر 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، $10/4$ سانتی متر گرفتیم و N هم برابر 1000 دور است. مقادیر به دست آمده را در جدول (۱) ثبت کرده‌ایم که در آن I برحسب میلی آمپر 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 :

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

جدول ۱

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

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در هر نقطه

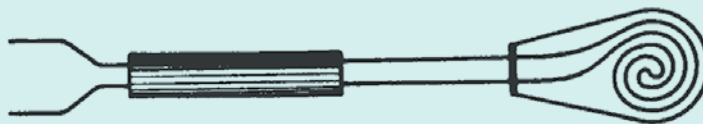
یکی از وسایل اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی، سوزن مغناطیسی است که از رشته کشسانی آویزان است و اساس کار آن شبیه ترازوی پیچشی کولن است. برای اندازه‌گیری زاویه‌های پیچش رشته صفحه مدرجی در بالا به آن نصب شده است و محل نوک‌های سوزن با کمک درجه‌ها روی استوانه بیرونی معین می‌شود. در این دستگاه سوزن فقط وقتی 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 و سبیل از روی زاویه پیچش معین می‌شود. پس می‌توانیم بیشترین نیرو که به ازای $\alpha = 90^\circ$ است را به دست 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.

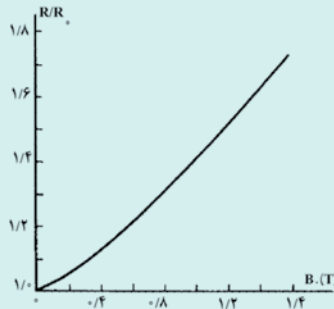
یک سوزن مغناطیسی که در میدان مغناطیسی از موضع تعادل خود تغییر مکان داده باشد، حول آن نقطه نوسان می‌کند. اگر جرم سوزن زیاد و در معرض اصطکاک ناحیج باشد قبل از توقف چندین نوسان می‌کند. بنابراین دوره نوسان‌ها را می‌توان با دقت اندازه‌گیری کرد. محاسبات نشان می‌دهد که هرچه گشتاور نیروی وارد بر سوزن بزرگ‌تر، 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. مارییج 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 داوری کرد. طبیعی است باید مارییج بیسموت را با قرار دادن در میدان‌هایی با بزرگی معلوم ابتدا مدرج کنیم. مارییج‌های بیسموت را برای اندازه‌گیری میدان‌های قوی که بزرگی آنها هزاران برابر میدان مغناطیسی زمین است به کار می‌برند.



مارییج 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 ماریچج 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 $B = 0/8T$ 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 ۳-۳ 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 با سرعت \vec{v} در میدان مغناطیسی \vec{B} حرکت کند (به نوبت آنکه جهت حرکت آن با میدان مغناطیسی موازی نباشد) بر آن نیروی وارد خواهد شد که مطابق شکل ۳-۳ الف و برآسانی سرعت و میدان مغناطیسی صود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می نامند و جهت آن مطابق شکل ۳-۳ ب و ب به کمک قاعده دست راست تعیین می شود. اگر دست راست خود را طوری نگه دارید که انگشتان بار شما در جهت \vec{v} باشند و به گونه ای که وقتی آنها را روی زاویه کوچکتری که \vec{v} با \vec{B} می سازد و در جهت جریش طبیعی انگشتان خود کنیم در جهت \vec{B} قرار گیرد. انگشت دست ما در جهت نیروی وارد بر ذره باردار، مشت خواهد بود. توجه کنید که نیروی وارد بر بار متحرک، در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

شکل ۳-۳ الف: ذره باردار که با سرعت \vec{v} در میدان مغناطیسی \vec{B} حرکت می کند، نیروی مغناطیسی \vec{F} وارد می شود. ابعاد این جهت این نیرو به کمک قاعده دست راست تعیین می شود.

شکل ۳-۳ ب: اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی در حال حرکت از رابطه زیر به دست می آید:

$$F = qvB \sin \theta \quad (3-3)$$

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

رابطه ۳-۳ نشان می دهد وقتی بار الکتریکی q صود بر راستای میدان مغناطیسی حرکت کند (رابطه $\theta = 0^\circ$ یا 180°)، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، پهنه می شود ($\sin 0^\circ = \sin 180^\circ = 0$)، یا به رابطه ۳-۳، $F = 0$ ، باری که میدان مغناطیسی اعمال است یا.

بازی که \vec{v} و \vec{B} موازی است میدان مغناطیسی

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} = 0$$

این بازی به اعزاز نیکنان سلا دانسته و مطرح شد. سلا نامیده می شود و به اختصار با T نشان داده می شود. به این ترتیب می توان نوشت:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} = 0 \quad (3-4)$$

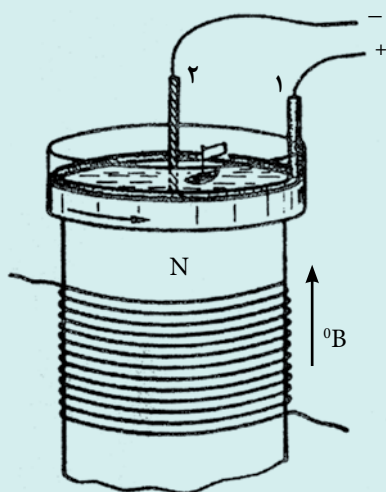
۸۱

آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک

شکل زیر ظرف پر از محلول کترولیتی را نشان می‌دهد. دو الکتروود، یعنی حلقه ۱ و میله ۲ به قطب‌های باتری (منبع تغذیه) متصل شده‌اند. در الکترولیت جریان از الکتروود ۱ به سوی ۲ برقرار می‌شود، یعنی یون‌ها در امتداد شعاع‌های ظرف حرکت می‌کنند. ظرف را بالای یکی از قطب‌های آهنربا 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 می‌کنند. 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).

ب) موارد بررسی

۱ مشاهده چرخش محلول الکترولیت در ظرف شیشه‌ای و توجیه 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

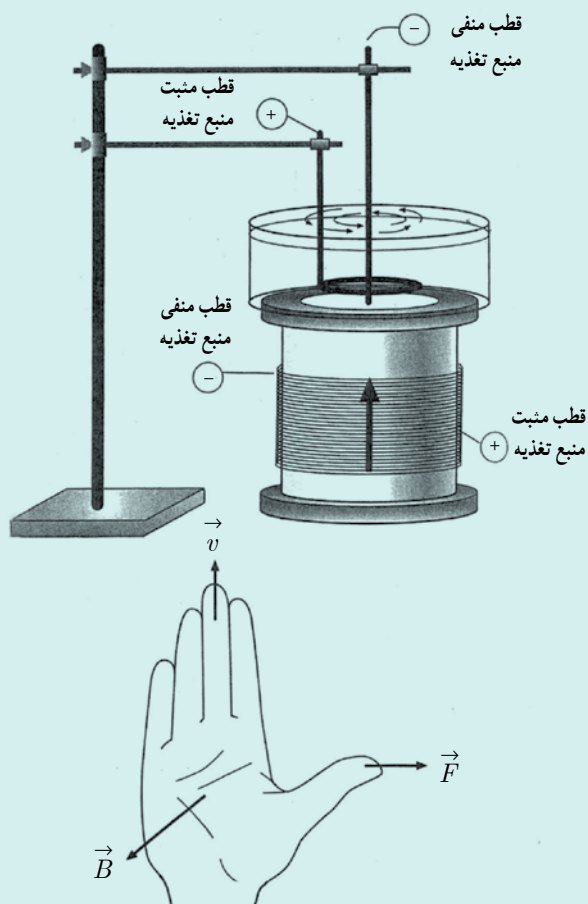
نیرو به صورت مماس بر دایره است و مجموعه این نیروها باعث چرخش می شود. (برای مشاهده بهتر چرخش، تعدادی قایق کاغذی کوچک بر سطح محلول شناور کنید)

۲ با تغییر ورودی میله‌ها یعنی عوض کردن مثبت و منفی (تغییر جهت \vec{v}) و با تغییر ورودی سیم لوله (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 سیم لوله (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.

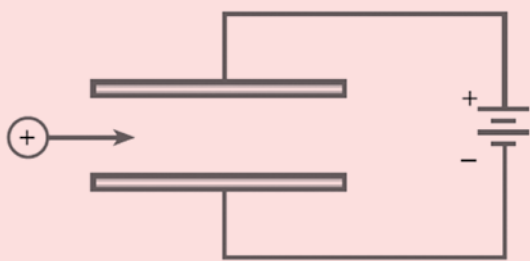
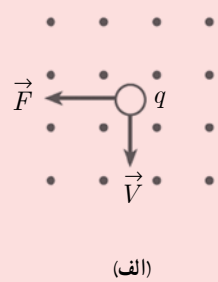
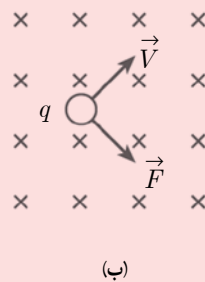
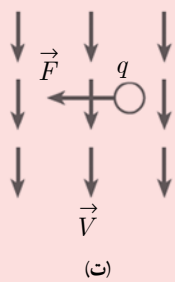
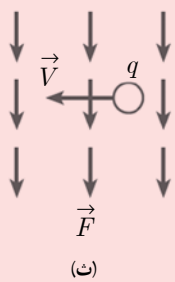
۴ با استفاده از حلقه‌های ورودی جریان، با شعاع‌های مختلف می توان فاصله‌های کاتد و آند را کم و زیاد کنیم و در نتیجه سرعت واکنش را تغییر دهیم و نقش آن را در بزرگی F بررسی می کنیم.

۵ می توان 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.



پرسش پیشنهادی

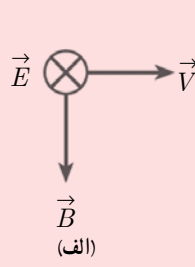
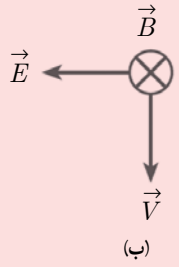
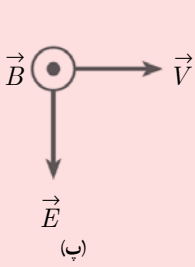
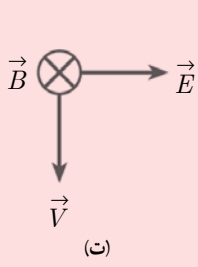
۱ در هر یک از حالت‌های شکل زیر جهت حرکت \vec{V} ، جهت میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} و جهت نیروی وارد بر بار q (مثبت یا منفی) نشان داده شده است. نوع بار q را در هر حالت با علامت + یا - مشخص کنید.




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؟



اسلا کاپا بزرگی است و در برخی موارد از کاپا نسبی (S) و کوچکتری به نام گاوس (یا ساد G) استفاده می‌کنند به طوری که داریم $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$. اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطبها بیشترین (۰.۶۵) و در استوا کمترین (۰.۳۵) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آفریقای میانی کوچک حدود $0.1 \sim 0.2$ اسلا است. همچنین بزرگترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۵۰ اسلا است.



مثال ۱-۳
 ذراتی با بار $q = 2 \times 10^{-16} \text{ C}$ و با تندی $v = 2 \text{ ms}^{-1}$ در جهتی حرکت می‌کنند که با میدان مغناطیسی بگراشت $B = 2 \text{ G}$ زاویه $\theta = 60^\circ$ می‌سازد. (شکل روبرو). اندازه نیروی مغناطیسی وارده بر این ذره را حساب کنید.
پاسخ: با توجه به فرضهای مسئله داریم:
 $q = 2 \times 10^{-16} \text{ C}$, $v = 2 \text{ ms}^{-1}$, $B = 2 \times 10^{-4} \text{ T}$ و $\theta = 60^\circ$
 با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۳ داریم:
 $F = |q|vB \sin \theta$
 $= (2 \times 10^{-16} \text{ C})(2 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1})(2 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 60^\circ = 8.3 \times 10^{-20} \text{ N}$

تمرین ۱-۳
 ۱- بر بروقی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی بگراشتی به اندازه $B = 2 \text{ T}$ در حرکت است نیروی با اندازه $F = 5 \times 10^{-14} \text{ N}$ وارده می‌شود. تندی و طول چند کولمتر بر ثانیه است؟
 ۲- سه ذره هر کدام با بار $q = 6 \times 10^{-16} \text{ C}$ و تندی $v = 4 \times 10^6 \text{ m/s}$ در میدان مغناطیسی بگراشتی با اندازه $B = 0.02 \text{ T}$ در حرکتند. (شکل روبرو). اندازه نیروی وارده بر هر ذره را حساب کنید.

پرسش ۳-۴
 الکتریکی نمودار میدان مغناطیسی بگراشتی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان \vec{B} کدام است؟
 راست روینسو روینسو چپ

خوبه است دیدار کنید که در کیهان چه اتفاقی می‌افتد آنجا

در بروز از من جز زمین، ذراتهای باردار بسیاری با شدت‌های بسیار زیادی در حرکتند. این ذراتهای سریع را که معمولاً از جنس پروتون، هسته اتم هلیوم (آلفا) و الکترون هستند و در فضا پراکنده می‌باشند. این پرتوهای آلفا و پروتون، برای سامانه‌های الکتریکی واقع در فضا نیز خطرناک است. خوشبختانه بیشتر این پرتوهای باردار توسط میدان مغناطیسی زمین منحرف می‌شوند و مانع از آسیب‌رسانی به موجودات و سامانه‌های روی زمین می‌شوند. ذرات باردار که در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتند، گریزهای ناشی از آن را تشکیل می‌دهند (شکل قبلا).

این گریزها در سال ۱۹۵۸ میلادی در اواسط دهه‌های گراوری شده، توسط مأموران آپولولو ۱ کشف شده و به نام حیزر زانی (۱۹۵۹-۱۹۶۲) یکی از کشفیات آن نام‌گذاری شدند. فضاگردان در فضاها این بسیار پهن‌تر از این گریزهای ناشی از زمین می‌گردند. هرگز توپ‌های خورشیدی، ذراتهای باردار را به صورت فوران‌های عطسی‌ریاف کنند. بسیاری از آنها از زمین زمین می‌گریزند و در گریزها و نواحی به دام می‌افتند. شفق قطبی ابرهای نسجی (چند زبانی است که با نور و خورشید ذراتهای باردار موجود در گریزها و نواحی باردار می‌شود) زمین بوجود می‌آید (شکل قبلا).

۳-۴ نیروی مغناطیسی وارده بر سیم حامل جریان
 مورهای الکتریکی از راهی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها نظیر جاروی برقی، نوار برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... را تشکیل می‌دهند. شکل ۳-۴ بر سه‌ساده‌ای اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می‌دهد که در علوم سطح هشتم با شما آشنا شدند. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کار کند؟



تمرین ۳-۴ فرض شده از یک موتور الکتریکی، دور مغناطیسی B وارده بر الکترونی که با سرعت v در جهت \vec{v} حرکت می‌کند، عطف را می‌گرداند.

تمرین ۳-۱

$\theta = 30^\circ, B = 32 \text{ G} = 3/2 \times 10^{-2} \text{ T}$

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

$F = qvB \sin \theta$

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

$(3/2 \times 10^{-2} \text{ T}) \sin 30^\circ$

$\Rightarrow v = 2/0 \times 10^6 \text{ m/s}$

پرسش ۳-۴
 با توجه به قاعده درست و با توجه به این که بار الکترون منفی است، جهت میدان \vec{B} به صورت درون سو است.

۳-۴ نیروی مغناطیسی وارده بر سیم حاوی جریان

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).

۳۳ شکل ۳-۱۱

در هر موتور الکتریکی، سیم‌هایی وجود دارند که حامل جریان (یعنی بارهای الکتریکی) در آنها در حرکتند و از آنها نیروی متحرک می‌شود. در این آزمایش، سیم‌هایی که در این دو طرف سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود و این نیروها حلقه را می‌چرخاند.

آزمایش ۳-۲

هدف: مشاهده نیروی وارد بر سیم حامل جریان

وسایلهای مورد نیاز: آهنربای قطب شمالی، سیم مسی ضخیم، سیم رابط، پایه نخ و باتری

شرح آزمایش:

۱- مدار حلقه‌ای شکل آهنربا را به سیم مسی وصل کنید. آنچه را که مشاهده می‌کنید، در گروه خود به بحث بگذارید.

۲- در صورتی که وسایلهای مشابه شکل ب را در آزمایشگاه مدرسه در اختیار دارید می‌توانید آن استفاده کنید.

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

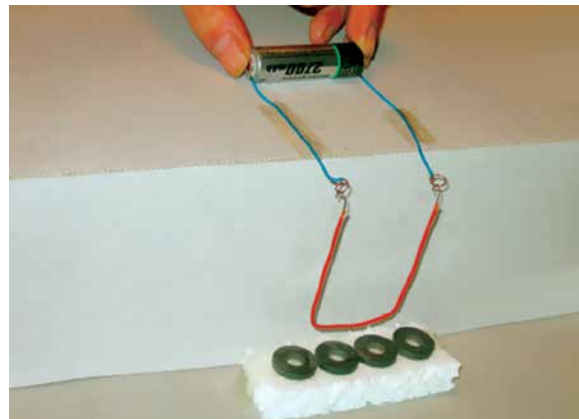
نتیجه آزمایش را به کلاس گزارش دهید.

پورسنت (فیزیکدان دلفین‌زایی) با انجام آزمایش‌های شبیه آزمایش ۳-۲ و ۳-۳، اندازه‌گیری نیروی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی وارد می‌شود، نشان داد:

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

شکل ۳-۱۲ القای نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی. آهنربای مغناطیسی را بر سیم حاملی که جهت جریان دارد، نگه دارید. آهنربا قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی شکل آهنربا.

۳۴



عواملی مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارده بر سیم راست رسانای حامل جریان آزمایشی مشاهده آزمایش ۳-۳ نشان می‌دهد که نیروی مغناطیسی وارده بر یک سیم رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای، به عواملی مختلفی بستگی دارد که این عوامل در رابطه زیر بیان شده‌اند:

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

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

بررسی ۳-۱:
اگر در شکل ۳-۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارده بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه حالتی بزرگی آن نیرو بیشینه می‌شود؟

مثال ۳-۱:
یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای به بزرگی 4×10^{-4} در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم 5×10^{-8} باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارده بر 1 cm از این سیم را حساب کنید.
پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:
با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۳ داریم:
 $F = I l B \sin \theta = (5 \times 10^{-8})(1 \times 10^{-2})(4 \times 10^{-4}) \sin 30^\circ = 1 \times 10^{-13} \text{ N}$

نویس ۳-۱:
سیم مغناطیسی به طول 1 cm حامل جریان 10 A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 0.5 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارده بر این سیم را تعیین کنید.
 $F = 5 \times 10^{-4} \text{ N}$ به سمت مغناطیسی زمین (شرق به غرب است)

نکته ۳-۱:
آزمایشی 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 ابزارهای دیجیتال (آمپمتر یا دقت $0.1 \mu\text{g}$) 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.

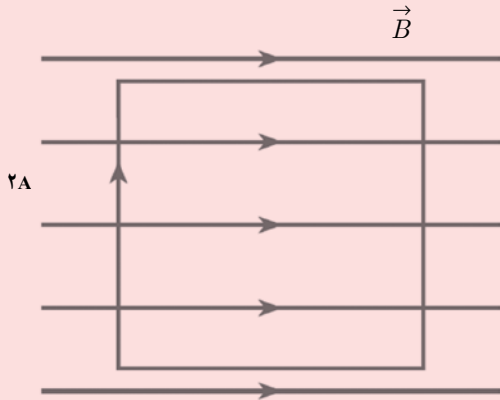
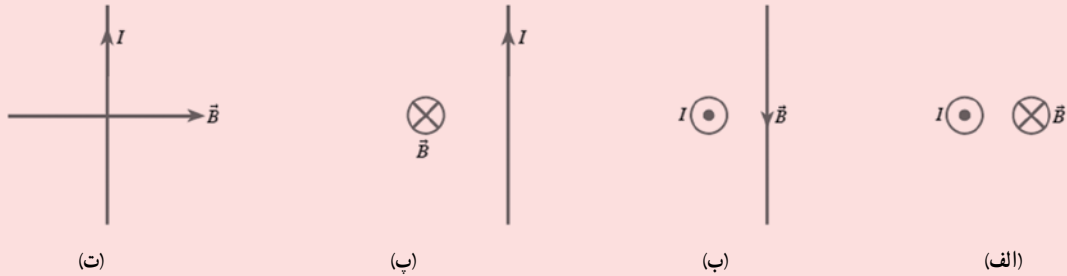
فعالیت ۳-۴

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



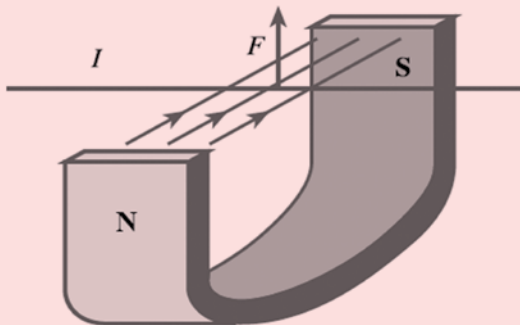
پرسش پیشنهادی

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 روبه‌رو 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.

توضیح: جهت پیشبرد نظر کلاس گالوانومتر



گالوانومتر وسیله‌ای است که با آن می‌توان جریان‌های الکتریکی بسیار کوچک از مرتبه میکروآمپر را اندازه گرفت. با استفاده از مغناطیس که تاکنون فراگرفته‌ایم، می‌توان سوزن و کلاس گالوانومتر ظریفی را مورد بررسی قرار داد.

هر گالوانومتر ظریفی دارد که دور آن سیمی پیچیده شده است. این پیچه در میدان مغناطیسی آهنربای دائمی قرار دارد. وقتی جریان از پیچه می‌گذرد، میدان مغناطیسی با آن گردن نیرو به سیم‌های حامل جریان، گسترده‌تری ایجاد می‌کند که پیچه را می‌چرخاند. شکل روی‌رو، از نظریه متصل به پیچه منحرف می‌شود. هر قدر جریان بزرگ‌تر شود، چرخش پیچه و انحراف طریقه بیشتر خواهد شد. اگر جهت جریان وارون شود، جهت چرخش پیچه و انحراف طریقه نیز وارون خواهد شد. با قطع جریان، فنر طرف نشان داده شده در شکل پیچه و طریقه را به حالت اولیه خود برمی‌گرداند. صفحه گالوانومتر که طریقه در مقابل آن می‌چرخد را بر حسب مکانی میکروآمپر معیار می‌کنند.

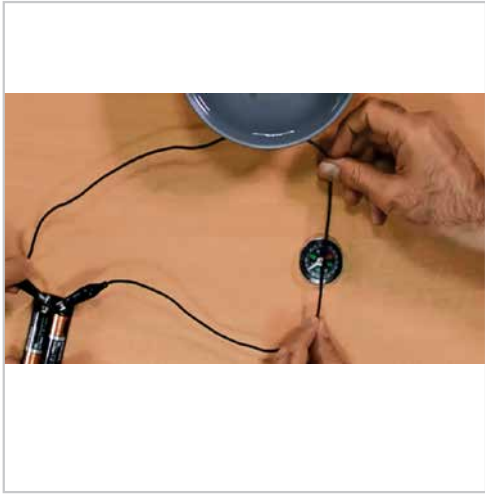
۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

تا اینجا می‌بینیم که در فضای اطراف آهنربای دائمی میدان مغناطیسی وجود دارد. در ادامه این فصل با چشمتی دیگر ایجاد میدان مغناطیسی آشنا خواهیم شد.

اورستد دانشمند دانمارکی، در سال ۱۸۲۰ میلادی ضمن انجام برخی آزمایش‌های الکتریسیته، مشاهده کرد که طریقه مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی متحرک می‌شود. شکل ۳-۳ (۱) را با اجزای این آزمایش بیشتر کشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا، در اطراف آن یک میدان مغناطیسی وجود می‌آورد. این کشف اورستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس بود که به گسترش صیحت الکترومغناطیس انجامید. در این بخش، به بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم‌های وازیم.



شکل ۳-۳ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را می‌توان با قرار دادن تعدادی طریقه مغناطیسی بر طول آن نشان داد.



آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی آثار مغناطیس جریان الکتریکی (آزمایش امپدا)

وسایلهای مورد نیاز: باتری، سیم مسی، سنج، مسخه نظری، قطب مغناطیس (قطب‌نما)، رولتسا و سیم رابط

شرح آزمایش:

سیم مسی را از مسخه نظری بگذرانید و با آن مدار مسخه نظری شکل روی رولتسا تشکیل دهید.

محل از بزرگی جریان الکتریکی، قطب مغناطیس را در مجاورت سیم روی رولتسا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.

با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم عبور دهید و به جهت‌گیری قطب مغناطیس توجه کنید.

مغز مغناطیس را در قطبهای مختلف روی رولتسا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.

با توجه به جهت‌گیری مغز در نقاط مختلف مسخه نظری، جهت خط میدان مغناطیس را رسم کنید.

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

به کمک چند باتری دیگر با تغییر ولتاژ، روند تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریانی 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 می‌بینید که خطهای میدان مغناطیس حاصل از یک سیم حامل جریان، مسخه نظری شکل ۳-۳۲ به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خطهای میدان مغناطیس سیم مستقیم حامل جریان را می‌توان به کمک قطب مغناطیس همین گرد، علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست نیز می‌توان این جهت را تعیین کرد. مطابق این قاعده، اگر سیم را در دست راست خود بگیریم به گونه‌ای که انگشت دست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت دست نسبت به خطهای میدان مغناطیس را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نمودار ۳-۳۲

شکل روی رولتسا، جهت میدان مغناطیس در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیس درون سیم و در ناحیه پایین آن رو به بیرون است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

پرسش ۳-۶

با توجه به قاعده دست راست، جهت جریان مشخص می‌شود (شکل زیر).

پرسش ۳-۷

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

تمرین ۳-۳

جهت میدان مغناطیس برآیند (محصول) را با یکی از سیم‌های موازی و یک سیم حامل جریان را در هر یک از نقطه‌های a، b و c پیدا کنید. فقط با در فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.

تشریح و کاربرد میدان مغناطیس زمین

تمام پدیده‌های زمینی مانند پهن شدن قطب‌های الکتریکی، جریان‌های الکتریکی شدید در بین میدان‌های مغناطیس زمین و غیره قابل اندازه‌گیری تولید می‌کنند. اندازه میدان‌های حاصل از قطب‌های الکتریکی کوچک‌تر از 10^{-4} تا 10^{-5} تنی در حدود یک میلیونیم میدان مغناطیس زمین است. میدان‌های مغناطیس حاصل از مغز مغز حیوانات و در حدود 10^{-12} هستند و برای اندازه‌گیری آنها باید مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس کار برد. در حال حاضر، چنین مغناطیس‌سنج‌هایی به نام اسکوپ‌ها ساخته شده‌اند. شکل روی رولتسا، یک دستگاه اسکوپ را نشان می‌دهد که در حال اندازه‌گیری میدان مغناطیس تولید شده در مغز است.

تئوری بین سیم‌های موازی حامل جریان، در آزمایش آورده شده، درجه‌ای که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان، میدان مغناطیس وجود دارد. همچنین در بخش ۳-۳ با تئوری مغناطیس واره بر سیم حامل آشنا شدیم. عمل فرض کنید برای تولید میدان مغناطیس به جای آهن‌ربا، از یک سیم حامل جریان استفاده کنید. اگر سیم حامل جریان دیگری را در نزدیکی این سیم قرار دهیم، آیا نیروی بر آن وارد می‌شود؟ آزمایش نشان می‌دهد که پاسخ این پرسش مثبت است. به طوری که اگر جریان‌ها در یک جهت از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آنها وابسته است به شکل ۳-۳۳ الف. همچنین اگر جریان‌ها در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آنها وابسته است به شکل ۳-۳۳ ب.

۱۶

پرسش ۳-۷

انتظار می‌رود با توجه به مفهوم میدان و خطوط میدان، دانش‌آموزان 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 می‌کند. با افزایش فاصله از سیم حامل جریان، اندازه میدان \vec{B} نیز کاهش می‌یابد.

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.

مشقی

۱۶-۳۳) پاره میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان در سری هم آهنگ (الف) برای جریان همسو، با همسان است؛ و برای جریان عکس، با همسای است.

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه واپاری حامل جریان، شکل ۱۶-۳۳ الف، خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره‌ای نشان می‌دهد که حامل جریان I است. همان‌طور که دیدیم، می‌تواند خطوط میدان مغناطیسی در ناحیه داخلی حلقه به یکدیگر نزدیک‌تر باشد؛ یعنی میدان در این ناحیه قوی‌تر است. اکنون برای، در خط‌های روی محور حلقه، میدان مغناطیسی محوری در جهت خطوط میدان مغناطیسی حلقه را می‌توان با قاعده دست راست و روی نشان داده شده در شکل ۱۶-۳۳ ب تعیین کرد.

۱۶-۳۳) الف) خطوط میدان مغناطیسی در اطراف یک حلقه حامل جریان. ب) ابرغ خطوط میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان در داخل آن. ج) استفاده از قاعده دست راست برای تعیین جهت \vec{B} یک حلقه حامل جریان. در سری و فاصله میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آمپر یا جهت دایره‌ای نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است (شکل ۱۶-۳۳). در همین شکل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیریم.

۱۶-۳۳) حلقه حامل جریان در قطب‌ها، در میدان مغناطیسی از داده یک آمپر یا جهت دایره‌ای نشان می‌دهد.

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، ساعت‌گرد است.

توجه

مشقی

۱۶-۳۳) شکل رویه دو یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.

حلقه است به‌عنوان قطب‌های

یک کاربرد مشابه برای دو سیم حامل جریان در پدیده‌ها یافت می‌شود (شکل زیر). میدان مغناطیسی که توسط اجزای داخلی تولید می‌شود نیروی و پیچیدگی دارد می‌کند که با جریانی که از پیچیدگی می‌گذرد متناسب است. جهت این نیرو بسته به جهت جریان، به طرف راست یا به طرف چپ است. جریانی که از قوت‌کند می‌آید، هر از نظر جهت و هر از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچیدگی و مخروط‌شدگی که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه جریان در پیچیدگی نوسان می‌کند. با افزایش جریان قوت‌کند، دامنه‌ای نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.

میدان مغناطیسی آمپری دائم

موج صدا

موج صدا

میدان مغناطیسی حلقه رسانای

آمپری یک پیچیدگی آمپری دائم میدان مغناطیسی می‌تواند نیروی که در هر دو جریان‌ها که از پیچیدگی می‌گذرد وارد می‌کند، برای هر دو که در شکل نشان داده شده است نیرو به طرف راست است. اگر جریان الکتریکی در پیچیدگی رسانا، در طرف چپ که حاصل از پیچیدگی است، همان‌طور که نشان داده شده است.

استفاده از یک حلقه برای تولید میدانی با دامنه متعین ممکن است آسان‌تر از جریان بزرگی باشد که از دامنه جریان سیم‌ها پیچیدگی فراز باشد. در چنین شرایطی به جای یک حلقه، از پیچیدگی برای تولید میدان مغناطیسی استفاده می‌شود (شکل ۱۶-۳۳).

اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، پیچیدگی حلقه R که حامل جریان است از رابطه $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ است. اگر به جای یک حلقه، پیچیدگی حلقه R و هر از پیچیدگی حلقه R باشد، پسوند آن‌ها از میدان مغناطیسی در مرکز آن پیچیدگی که معمولاً به آن پیچیدگی نیز گفته می‌شود، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2R} \quad (۱۶-۳۳)$$

دلیل آنکه برای تولید میدان‌های مغناطیسی قوی به‌جای یک حلقه از پیچیدگی استفاده می‌شود همین ضرب N در رابطه ۱۶-۳۳ است. استفاده از یک حلقه برای تولید میدانی با دامنه مطلوب نیازمند آن‌چنان بزرگی است که ممکن است از مقدار مجاز عبوری از سیم حلقه بیشتر باشد. از این پیچیدگی برای تولید میدان مغناطیسی در بسیاری از وسیله‌های وقتی استفاده می‌شود.

۱۶-۳۳) حلقه

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.

تمرین ۳-۴

$$B = 3 \times 10^{-4} \text{ T} \quad G = 3 \times 10^{-2} \text{ T}$$

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

$$I = ?$$

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

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

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

تمرین ۳-۵

$$l = 4 \text{ cm}, I = 1/2 \text{ A}$$

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

$$N = ?$$

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

$$2\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ T} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A} N (1/2 \text{ A})}{0.04 \text{ m}}$$

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

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 ۳-۴
از یک سیم به شعاع 2 cm که از 2000 دور سیم بزرگ درست شده است، جریان 2 mA می‌گذرد (شکل رویه). اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز سیم به دست آورید.
پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:
 $R = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$, $I = 2 \text{ mA} = 2 \times 10^{-3} \text{ A}$, $B = ?$
با جایگذاری این داده‌ها در رابطه ۳-۲ داریم:
$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(2 \times 10^{-3} \text{ A})}{2(2 \times 10^{-2} \text{ m})} = 2 \times 10^{-8} \text{ T} = 2 \text{ G}$$

تمرین ۳-۴
اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $3 \times 10^{-5} \text{ T}$ اندازه‌گیری شده است. اگرچه جریان‌هایی که این میدان را بوجود می‌آورند بسیار چیده‌اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان‌ها بصورت تک حلقه‌ای دارای به قطر 14 cm (هنگامی که سر صاف می‌تواند مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان I سیم‌لوله، سیم‌لوله‌ای است که بصورت مارپیچی باشد. پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیم‌لوله، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی بوجود می‌آید. طرح خطای میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله حامل جریان الکتریکی در شکل ۳-۳ الف و ب نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، خطای میدان داخل سیم‌لوله بسیار متراکم‌تر از خطای میدان در خارج آن است و این نشانگر ویژگی بودن میدان داخل سیم‌لوله است. از این رو، میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله، پیچیده‌تر و در فضای بیرون آن از لحاظ نیروی اثر بر بارهای مثبت و منفی، متراکم‌تر است و در میدان مغناطیسی بیرون سیم‌لوله است. جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله، به کمک قانون دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود (شکل ۳-۳ ب).



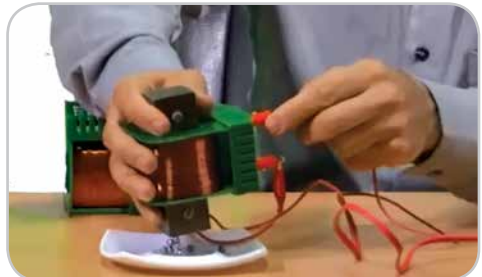
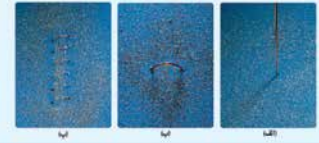
شکل ۳-۳ الف) میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله حامل جریان. ب) تعیین جهت میدان به کمک قانون دست راست. ابعاد خطای میدان مغناطیسی سیم‌لوله با استفاده از قانون دست راست.

مثال ۳-۵
اگر قطر حلقه‌های سیم‌لوله در شبیه با طول آن بسیار کوچک و حلقه‌های آن خیلی به هم نزدیک باشند، به آن سیم‌لوله **سیم‌لوله آزاد** گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌لوله آزاد در خطای دور از لحاظ یکدست است و اندازه‌اش از رابطه زیر به دست می‌آید:
$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad (3-7)$$
 (سیم‌لوله آزاد)
در این رابطه، I جریان عبوری، l طول سیم‌لوله، N تعداد دورهای سیم‌لوله و μ_0 فراوانی مغناطیسی خلا و برای $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ است.

مثال ۳-۵
سیم‌لوله‌ای آزادی به طول 10 cm دارای 600 حلقه سیم‌لوله و یک به هم است. اگر جریان 800 mA از سیم‌لوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در خطای درون سیم‌لوله و دور از لحاظ آن پیدا کنید.
پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:
 $l = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$, $N = 600$, $I = 800 \text{ mA} = 800 \times 10^{-3} \text{ A}$, $B = ?$
با این ترتیب داریم:
$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(600)(800 \times 10^{-3} \text{ A})}{0.1 \text{ m}} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ T} = 24 \text{ G}$$

تمرین ۳-۵
سیم‌لوله‌ای آزادی به طول 40 cm چنان طراحی شده است که جریان بیشینه‌ای شدت 1.2 A می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیم‌لوله، اندازه میدان مغناطیسی بیرون آن دور از لحاظ 24 G می‌شود. تعداد دورهای سیم‌لوله چقدر باید باشد؟

نکته ۳-۶
آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان با استفاده از داده‌ها، طرح خطای میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم‌لوله شکل‌دهنده، یک حلقه دارای شکل بیضی و یک سیم‌لوله حامل جریان شکل بیضی ایجاد کرد.



مثال ۱-۱-۱) مساحت و مرکز ثقل یک ذره باردار (همه بارها را)

تفاهیم: برای حل این مسئله، باید از فرمول‌های مساحت و مرکز ثقل یک ذره باردار استفاده کرد. در این مسئله، ذره باردار دارای بارهای مثبت و منفی است و باید مرکز ثقل آن را پیدا کرد.

راه حل: فرض می‌کنیم که ذره باردار دارای بارهای مثبت و منفی است. مساحت آن را می‌توان با استفاده از فرمول مساحت یک ذره باردار محاسبه کرد. مرکز ثقل آن را می‌توان با استفاده از فرمول مرکز ثقل یک ذره باردار محاسبه کرد.

فرمول‌ها:

$$S = \frac{1}{2} \times \text{طول} \times \text{عرض}$$

$$x_{\text{cm}} = \frac{\sum x_i q_i}{\sum q_i}$$

$$y_{\text{cm}} = \frac{\sum y_i q_i}{\sum q_i}$$

نتیجه: مساحت ذره باردار $S = 10 \text{ cm}^2$ و مرکز ثقل آن در نقطه $(x_{\text{cm}}, y_{\text{cm}}) = (2, 3)$ قرار دارد.

۱-۱-۱) بار الکتریکی، پتانسیل و گویه پون در

یک ذره باردار دارای بارهای مثبت و منفی است. پتانسیل آن را می‌توان با استفاده از فرمول پتانسیل یک ذره باردار محاسبه کرد. گویه پون در آن را می‌توان با استفاده از فرمول گویه پون در محاسبه کرد.

فرمول‌ها:

$$V = \frac{kq}{r}$$

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

نتیجه: پتانسیل ذره باردار $V = 10 \text{ V}$ و گویه پون در آن $F = 10 \text{ N}$ است.

۳-۶ ویژگی های 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.

۳-۳-۱) مسیول به هسته آهنی - آهنربای الکتریکی

مسئله: یک آهنربای الکتریکی با هسته آهنی در یک مدار الکتریکی قرار دارد. مسیول به هسته آهنی را می‌توان با استفاده از فرمول مسیول به هسته آهنی محاسبه کرد.

فرمول‌ها:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

نتیجه: مسیول به هسته آهنی $\mu = 1000$ است.

توجه

تقسیم بندی از لحاظ مغناطیسی، با توجه به چگونگی وجود آنها در طبیعت انجام می‌شود. برای مثال هیدروژن به صورت اتمی، دارای دوقطبی 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 رده بندی می‌شود.

۳-۳-۲) ویژگی های مغناطیسی مواد

تفاهیم: برای حل این مسئله، باید از فرمول‌های ویژگی های مغناطیسی مواد استفاده کرد. در این مسئله، مواد دارای بارهای مثبت و منفی است و باید ویژگی های مغناطیسی آن را پیدا کرد.

راه حل: فرض می‌کنیم که مواد دارای بارهای مثبت و منفی است. ویژگی های مغناطیسی آن را می‌توان با استفاده از فرمول ویژگی های مغناطیسی مواد محاسبه کرد.

فرمول‌ها:

$$\chi = \frac{M}{H}$$

نتیجه: ویژگی های مغناطیسی مواد $\chi = 1000$ است.

عامل گشتاور دو قطبی ذاتی اتم‌ها به چرخش الکترون‌ها دور خودشان (حرکت اسپینی) و چرخش الکترون‌ها دور هسته (حرکت مدار) مربوط می‌شود. به عبارت دیگر گشتاور دو قطبی 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.

مثال ۳-۱
 هر ذره باردار مواد پارامغناطیس یک آهنربای کوچک می‌باشد.

مواد پارامغناطیس: اتم‌های مواد پارامغناطیس، خاصیت مغناطیس دارند اما دو قطبی ذاتی ندارند. به خاطر کانون‌های سنت‌گری از مدار و میدان مغناطیس خارجی ایجاد نمی‌کنند. شکل ۳-۱۲. با قرار دادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیس خارجی قوی اندکاً نزدیک یک آهنربای قوی، دو قطبی‌های مغناطیس آنها، مانند قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مدار منحصری در راستای خطای میدان مغناطیس منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دو قطبی‌های مغناطیس آنها، دوباره به‌طور کانون‌های سنت‌گری می‌کنند.

به این ترتیب می‌توان گفت مواد پارامغناطیس در حضور میدان‌های مغناطیس قوی، خاصیت مغناطیس ضعف و عرفت پیدا می‌کنند. اوراتیم، پلاتین، آلومینیم، سیم، آکسید و اکسید نیونون از جمله مواد پارامغناطیس است.

مثال ۳-۲
 یک لوله آزمایش را تا نزدیک لبه آن از لکل طبی (تقریباً ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را پهنه و آن را به‌طور افقی قرار دهید. ششک، شکل یک آهنربای توربین را بالای حباب‌های درون لوله بگردد و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیلی آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفتگو بگذارید.

مواد پارامغناطیس: اتم‌های مواد پارامغناطیس، نظم‌ساز، قوی، سرد و بی‌سخت، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیس است. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دو قطبی مغناطیس خاصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیس خارجی، می‌تواند سبب القای دو قطبی‌های مغناطیس در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد پارامغناطیس شود. در فصل بعد با دلائل 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 دو قطبی مغناطیس هستند. آهن، نیکل، کبالت و مسی‌ری از آلیاژهای دارای این خصوصیات فرومغناطیس است. هر یک از این مواد، در دو قطبی‌های مغناطیس در آن مواد موجب می‌شود که این دو قطبی‌ها، حتی در دمای بسیار بالا، در جهت‌های مغناطیس‌شان با هم می‌مانند. به سبب این، توانایی این فلزات در جذب مواد فرومغناطیس در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است. درون هر حوزة فریاد از مرتبه ۱۰^{۱۸} اتم وجود دارد که دو قطبی‌های مغناطیس‌شان با هم جهت‌دارند.

مواد فرومغناطیس را می‌توان از قرار دادن یک میدان مغناطیس آهنربا کرد. اگر میدان مغناطیس خارجی بر حوزة مغناطیس باقی می‌ماند که دو قطبی‌های مغناطیس هر حوزة تحت‌تأثیر میدان مغناطیس قرار گرفته و جهت آنها به جهت میدان خارجی منتهی شود. به این ترتیب، حوزة‌های مغناطیس در میدان هستند. روند می‌کنند و جهتشان زیاد می‌شود. از سوی دیگر حوزة‌های

فعالیت ۳-۷

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 پارامغناطیس، آزمایش برای مواد پارامغناطیس نیز انجام شده است.



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.

کدام‌گویی آنها در راستای میدان هسته، گرم می‌شود. در این فرآیند، میزان بیشتر حوزه‌ها جابجا می‌شود و ماده خاصیت آهنربایی می‌کند. شکل ۲۴-۳ ب یک ماده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل ۲۴-۳ ب در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی نشان می‌دهد.

این ماده از مرتبه دوم پدیده فرومغناطیسی در مواد فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی می‌باشد.

میزان مغناطیسی داخلی در مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کند و ماده خاصیت آهنربایی می‌شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را بازشی از دست می‌دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته چغندر و سلفون‌های انتقالی می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرمی سخت آهنربایی با گذشتن از آهنربای غیر دائمی (آهن یا فولاد) نرمی مواد دیگر مانند فولاد آهنی به اضافه ۲ درصد کربن، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند؛ حتی در حضور میدان مغناطیسی خارجی. صغیر حوزه‌ها در آنها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، هسته‌های دو قطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، با شدت زمان زیاد، برای آن‌ها چون مغز باقی می‌ماند. 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 ساختن آهنربای دائمی مناسب است. برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی، مقدار اتساع یا پهنای وجود دارد. این وضعیت هنگامی بر وجود می‌آید که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که در همه 10^{-2} از دو قطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌بندی شود. به عبارت دیگر، حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی ضعیف هستند، به بیشترین مقدار خود رسیده.

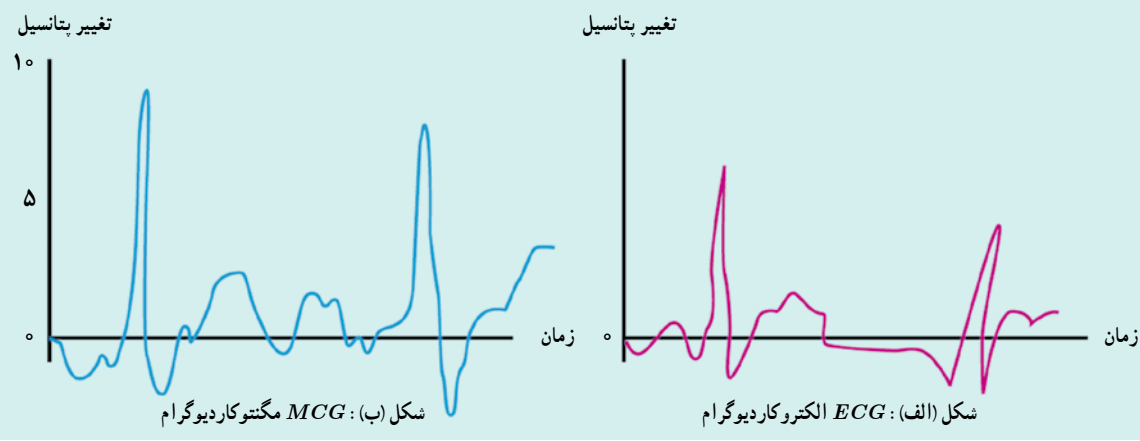
توضیح ۳-۹: دو سلفون قوی در یک مغناطی شکل زوایای درون سلفون‌هایی که دور یک سلفون مغناطیسی پیچیده شده است قرار دارد. با بستن کلید و عبور جریان از این سلفون، مشاهده می‌شود که دو سلفه از یکدیگر دور می‌شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می‌شود، سلفه‌ها به محل اولیه باز می‌گردند. آنگاه چراغ با عبور جریان از پیچیده سلفه‌ها از یکدیگر دور می‌شوند! آیا با دلیل توضیح دهید سلفه‌های قوی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می‌گیرند. سلفون قوی

الف) چون میله‌ها از جنس ماده فرومغناطیس هستند، آهنربا می‌شوند و از یکدیگر دور می‌شوند. ب) از آنجا که وقتی کلید باز می‌شود، میله‌ها به محل اولیه باز می‌گردند، نتیجه این می‌شود که میله‌ها از جنس فرومغناطیس 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 می‌آورد که با قرار دادن الکترودها در پوست قابل اندازه‌گیری است. الکتروکاردیوگرام *ECG* منحنی تغییرات اختلاف پتانسیل تولید شده در قلب برحسب زمان، و الکتروانسفالوگرام *EEG* منحنی تغییرات اختلاف پتانسیل تولید شده در مغز برحسب 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.

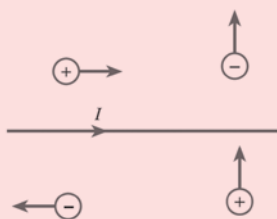
جریان نسبتاً زیاد قلب، میدان مغناطیسی تقریبی 1×10^{-6} گاوس را در اطراف قفسه سینه به‌وجود می‌آورد و جریان‌های ضعیف در مغز، میدان مغناطیسی تقریبی 3×10^{-8} گاوس را در اطراف سر تولید می‌کنند. این میدان‌ها از میدان مغناطیسی زمین (۵/۰ گاوس) یا حتی از میدان‌های مربوط به جریان‌های سیم‌های برق در منازل (5×10^{-2} 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.

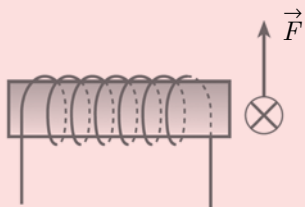
اندازه‌گیری به وسیله الکتروکاردیوگرام یا مگنتوکاردیوگرام MCG از اندازه‌گیری با الکتروآنسفالوگرام یا مگنتوآنسفالوگرام MEG بسیار راحت‌تر است. زیرا میدان مغناطیسی مغز بسیار ضعیف‌تر از میدان مغناطیسی قلب است. انتظار می‌رود که روش‌های آشکارسازی میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف، به تدریج کامل شوند و دریچه کاملاً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

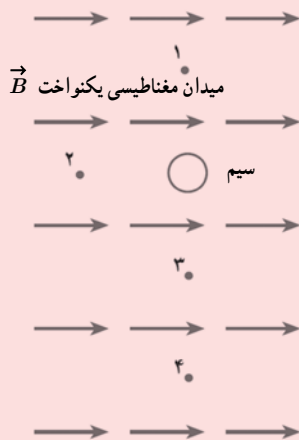
پرسی های پیشنهادی

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



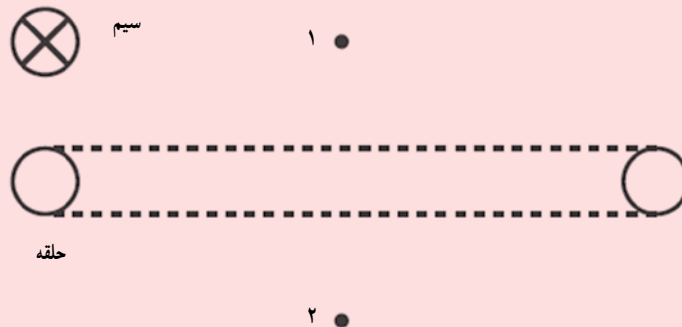
۲ جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریانی که در نزدیکی سیم‌لوله‌ای قرار دارد مطابق شکل زیر است. جهت جریان را در سیم‌لوله تعیین کنید.





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، ۴ و 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 کتاب‌اند 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.



دانستنی برای معلم

مواد مغناطیسی

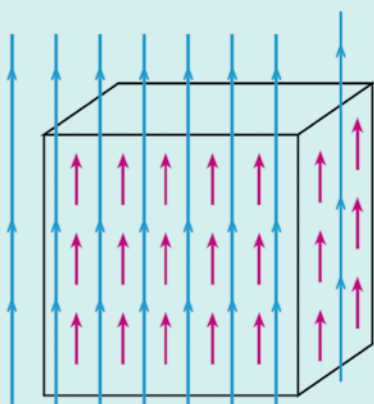
مواد با توجه به رفتارشان در یک میدان مغناطیسی خارجی به پنج دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس، پادفرومغناطیس و فری مغناطیس. به طور کلی سه عامل در منشأ مغناطیسی مواد مؤثر است.

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.

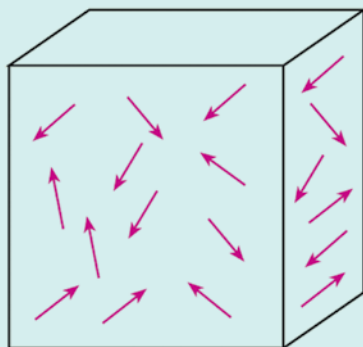
ب) در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، جهت گشتاورهای دائمی اتم‌های آنها به‌طور کاتوره‌ای در داخل ماده توزیع شده‌اند. زیرا نیرویی که باعث جفت‌شدگی بین این گشتاورها در داخل ماده می‌شود ضعیف است. این نیرو به نیروی تبادلی موسوم است منشأ آن کواتومی است.

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 دائم اتم‌ها 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 بازمی‌گردند.

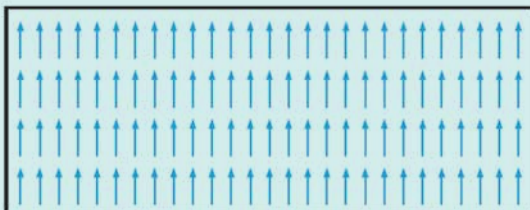
منگنز، پلاتین، آلومینیوم، هوا و... جزء مواد پارامغناطیس محسوب می‌شوند.

۳ فرو، پادفرو و فری مغناطیس : اگر برهم کنش و نیروی تبادلی بین گشتاورهای مغناطیسی (ناشی از حرکت مداری و اسپینی الکترون‌ها در اتم‌های 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.

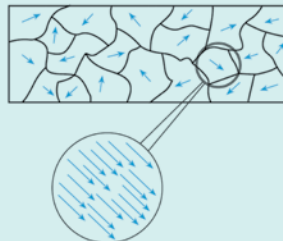


یک ماده پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی خارجی.

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.



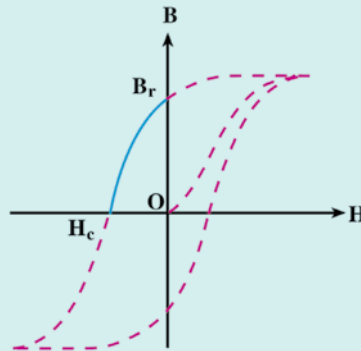
یک حوزه مربوط به ماده پادفرومغناطیس، در مواد پادفرومغناطیس برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه صفر است.

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 و حوزه 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 Mo ، Fe_3O_4 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 بر حسب 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 مناسب اند؟ 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

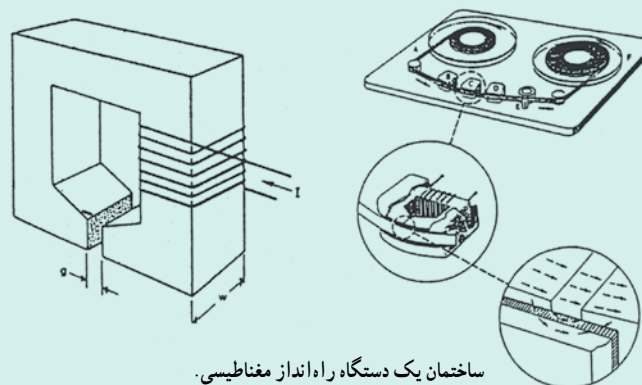
سه ویژگی بالا در مواد فری مغناطیس وجود دارد و از این جهت این مواد برای ذخیره اطلاعات مناسب اند.

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.

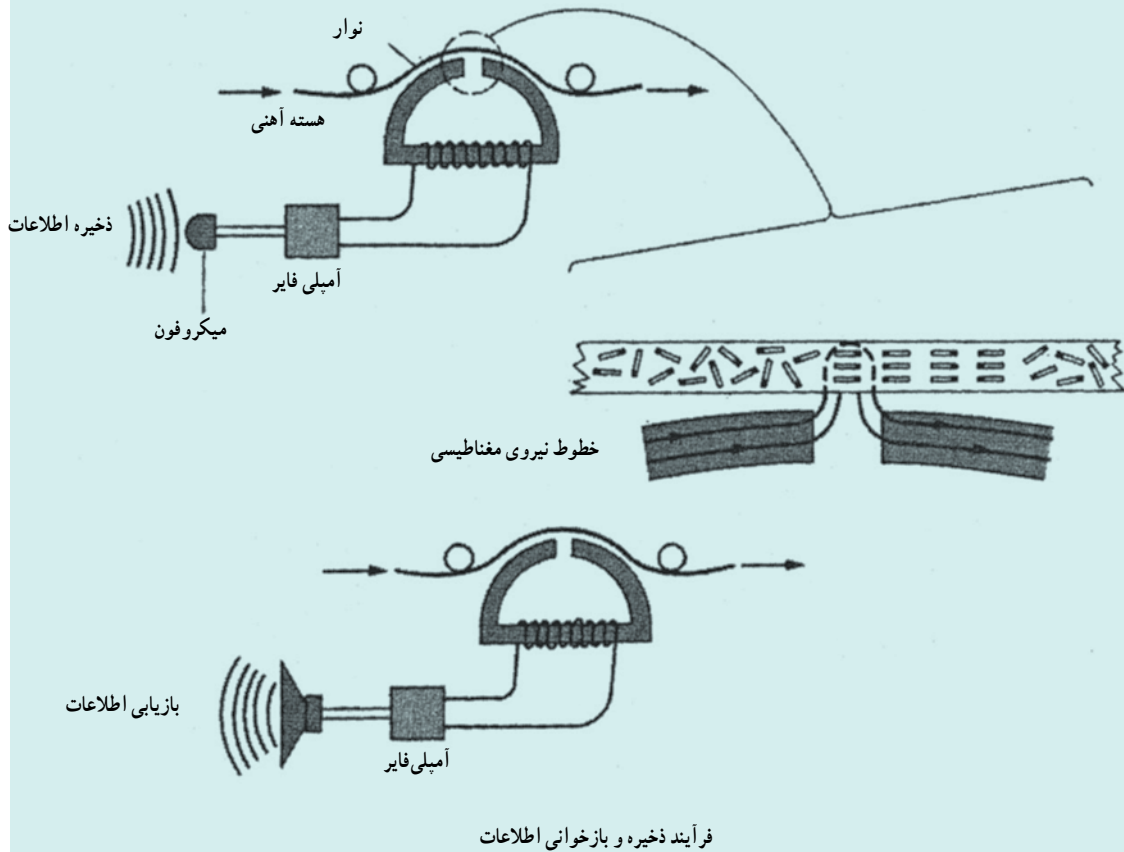
نوارهای ضبط شنیداری *ATR* نخستین بار با آغشته کردن یک نوار کاغذی مخصوص با یک مایع فری مغناطیس در سال ۱۹۲۷ توسط یک شرکت آمریکایی ابداع گردید و هم‌زمان در آلمان این نوارها با استفاده از نوار کاغذی آغشته به پودر آهن ساخته شدند. در سال ۱۹۴۷ با همکاری سه شرکت آمریکایی نوارهای اکسید آهن ابداع شدند و در سال 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).

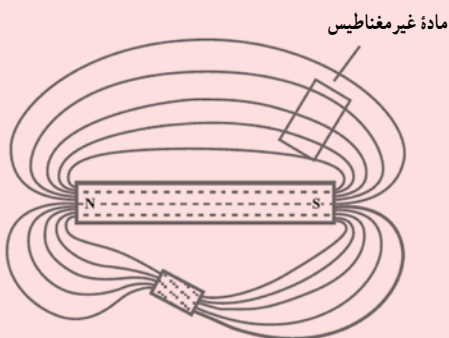


ساختار یک دستگاه راه‌انداز مغناطیسی.

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



- در شکل روبه رو تأثیر وجود یک ماده غیر مغناطیسی (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.

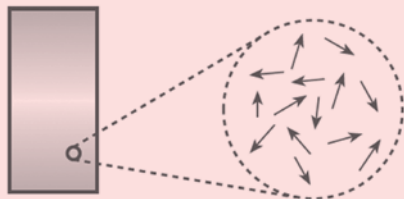
۲ الف) در شکل صفحه زیر الف و ب سمت گیری دو قطبی های مغناطیسی در دو ماده مختلف (در مقیاس خیلی ریز) نشان داده

است. تفاوت های هر ماده را از لحاظ مغناطیسی بنویسید.

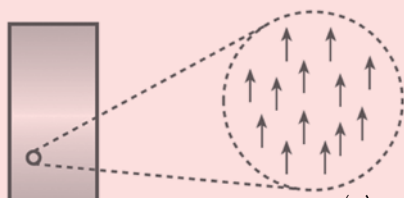
ب) در صورتی که ماده (الف) درون یک میدان مغناطیسی ضعیف قرار گیرد، چه تغییری در سمت گیری دو قطبی های آن رخ می دهد؟ در

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.



(الف)



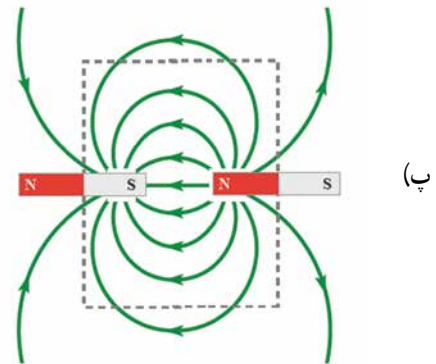
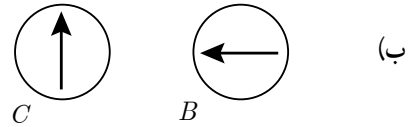
(ب)

راهنمای پاسخ‌یابی پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۱ دانش‌آموزان با توجه به شکل ۳-۶ دیدند، جهت قطب‌های آهنربا به سادگی تعیین می‌شود.



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



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

ب) با توجه به تراکم خطوط میدان در مجاورت قطب‌ها 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 می‌شود.

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

۱-۳ الف) آهنربای ساده با قطب‌های مشخص در اختیار داریم. دست‌کم دو روش را برای تعیین قطب‌های این آهنربا بیان کنید.
ب) آهنربای ساده با قطب‌های مشخص بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیک قطب‌های آهنربا با هم مقایسه کنید.

الف) آهنربای ساده با قطب‌های مشخص در شکل زیر نشان داده شده است. جهت خطوط میدان مغناطیسی را در نزدیک آهنربای ساده نشان دهید.
الف) دایره آهنربای ساده با قطب‌های مشخص در شکل زیر نشان داده شده است. جهت خطوط میدان مغناطیسی را در نزدیک آهنربای ساده نشان دهید.

ب) اگر مانند شکل زیر یکی از آهنربا را برچسبیم با جای قطب‌های آن عوض شود، خطوط میدان مغناطیسی را در ناحیه قطب‌نما رسم کنید.

ب) با استفاده از آهنربای ساده، یک آهنربا را با یک آهنربای دیگر مقایسه کنید.

پ) به علت اینکه مجرای گلو دارای فرورفتگی و برآمدگی است. (ت) گیره آهنی کاغذ را می‌توان بیرون آورد زیرا ماده فرومغناطیس نرم است و جذب آهنربا می‌شود.

۵ با استفاده از قاعده دست راست، نوع بار هر ذره را تعیین می‌کنیم زیرا ذره ۱ بار مثبت، ذره‌های ۲ و ۴ بار منفی و ذره ۳ چون از مسیر خود منحرف نشده است، خنثی است.

۱-۳ الف) حلقه رسانای مستطیل شکل که حامل جریان I است. مطابق شکل بدون درون میدان مغناطیسی یکواخت می‌چرخد. جهت جریان را در حلقه تعیین کنید.

ب) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره بار مثبت در میدان مغناطیسی همگن را در شکل زیر مشخص کنید. جهت خطوط میدان مغناطیسی در هر دو صورت را مشخص کنید.

الف) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت را در هر یک از حالت‌های نشان داده در شکل زیر تعیین کنید.

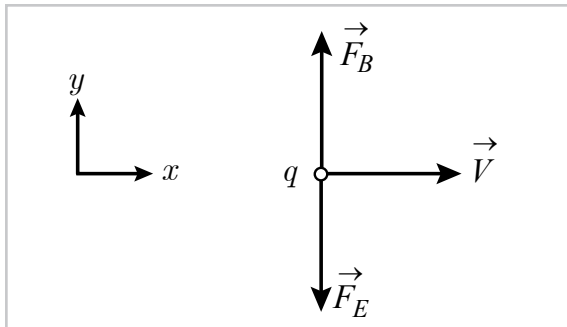
ب) جهت خطوط میدان مغناطیسی \vec{B} در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت حرکت را تعیین کنید.

الف) جهت نیروی مغناطیسی \vec{F} وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی \vec{B} در حرکت است، در شکل زیر نشان داده شده است. فرض کنید رسانای حرکت الکترون در میدان مغناطیسی عمود است. در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت حرکت را تعیین کنید.

ب) جهت خطوط میدان مغناطیسی \vec{B} در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت حرکت را تعیین کنید.

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

$$qE = qvB \Rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{۴۵۰ N}{۰/۱۸ T} = ۲۵۰۰ m/s$$



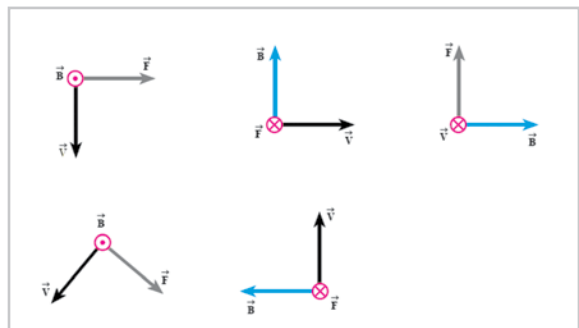
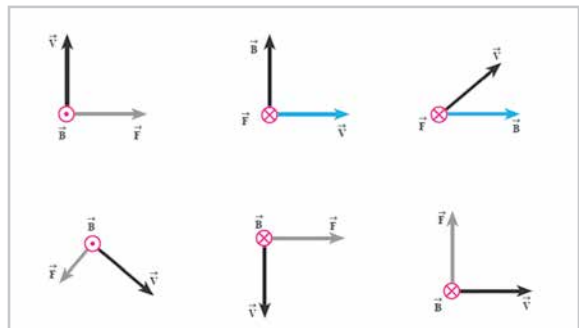
۱۲ با استفاده از قاعده دست راست، جهت نیرو (الف) به سمت داخل صفحه (درون سو) است.
 (ب) به سمت بالا.
 (پ) به سمت بالا.

۱۳ مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

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

۱۵ یک سیم حامل جریان ۱۰ A در مسطحی عمود بر صفحه در امتداد محور x به سمت راست قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را بگویند. با فرض $B = ۰.۰۰۰۵ T$ و $l = ۰.۱ m$ را بیابید.

۱۶ سیم رسانای CD به طول ۱۰۰ cm عمود بر صفحه در امتداد محور x قرار گرفته است. اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر ۱ N باشد، جهت و مقدار B را بیابید.



۱۸ باد ساعتگرد

۹ $V = ۴/۴ \times ۱۰^۶ m/s, B = ۱ \mu mT, \theta = ۶۰^\circ$
 (الف) $F = qvB \sin \theta = (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C) = (۴/۴ \times ۱۰^۶ m/s)$
 $\times (۱ \mu T) \sin 60^\circ \approx ۲/۵ \times ۱۰^{-۱۵} N$
 (ب)

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{۲/۵ \times ۱۰^{-۱۵} N}{۱/۷ \times ۱۰^{-۲۷} kg} = ۱/۴ \times ۱۰^{۱۲} m/s^2$$

۱۰ $v = ۲/۴ \times ۱۰^۵ m/s, F_{max} = ۶/۸۷۱ \times ۱۰^{-۱۴} N, B = ?$
 $F = qvB \sin \theta \Rightarrow ۶/۸ \times ۱۰^{-۱۴} N = (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C) (۲/۴ \times ۱۰^۵ m/s) B$
 $\Rightarrow B \approx ۱/۷ T$

۱۲ میله در همان لحظه وصل کلید، روبه جلو پرتاب می‌شود. دانش‌آموزان با توجه به قاعده دست راست و جهت جریان و میدان \vec{B} ، باید جهت نیروی وارد بر میله را تعیین کنند.

چون اندازه نیروی وارد بر الکترون بیشینه فرض شده است $\sin \theta = ۱$ جهت میدان به سمت غرب است (به بار منفی الکترون توجه شود).

$$l = 2m, B = 0.5 T, F = 1N, I = ?$$

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

$$\Rightarrow I = 1A$$

۱۴

جهت جریان از D به C است.

$$I = 1/6 A, B = 0.05 mT = 0.05 \times 10^{-3} T$$

$$F = IlB \sin \theta = (1/6 A)(1m)(0.05 \times 10^{-3} T) \sin 90^\circ$$

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

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

$$I(1m)(0.05 \times 10^{-3}) \sin 90^\circ = (8 \times 10^{-5} kg)(9.8 N/kg)$$

$$\Rightarrow I = 1568 A$$

۱۵

(الف)

(ب)

که جریان بسیار بزرگی است.

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

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

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

۲. کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا اجزای میله‌ای آویزان شده به طرف سیمولوله جنوب تیرودا مثل انحنای خود را توضیح دهید.

۳. شکل آلف، حوزدهای مغناطیسی مادام فرود مغناطیسی را درون میدان خارج از نشان می‌دهد. شکل ب همان ماده را پس از حذف میدان B نشان می‌دهد. توجع ماده فرود مغناطیسی را با ذکر دلیل تعیین کنید.

۴. سیمولوله‌ای شامل ۲۵۰ حلقه است که دور یک تیرودا بلاستیک توخالی به طول ۱۲ سانتی‌متر پیچیده شده است. اگر جریان گرفته از سیمولوله ۱.۸۸ آمپد، اندازه میدان مغناطیسی درون سیمولوله را حساب کنید.

۱۸ باتری A، با توجه به جهت جریان در سیمولوله، سمت راست سیمولوله قطب S می شود و آهنربای آویزان را به سمت خود جذب می کند.

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، برخلاف جهت جریان در سیم ۱ باشند.

$$N = 250, l = 0.12 m, I = 0.8 A, B = ?$$

۲۰

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} T \cdot m / A)(250)(0.8 A)}{0.12 m} \approx 1.05 \times 10^{-3} T$$

$$N_P = 200, N_Q = 300, I_Q = 1A, I_P = ?$$

۲۱

$$l_P = l_Q$$

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

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

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

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.

