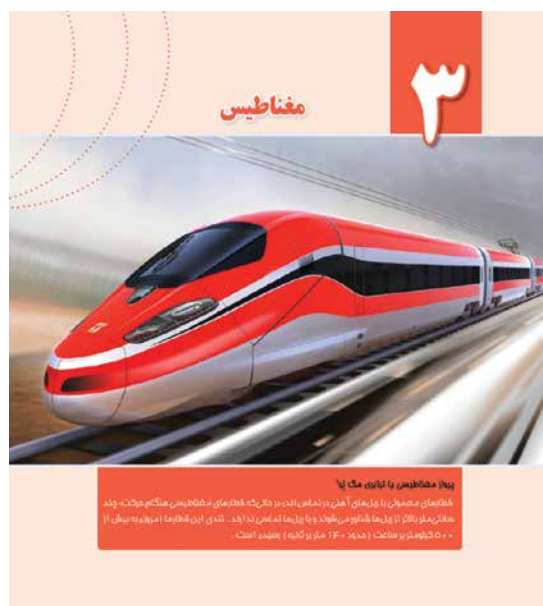


فصل سوم

مغناطیس

هدف‌های فصل

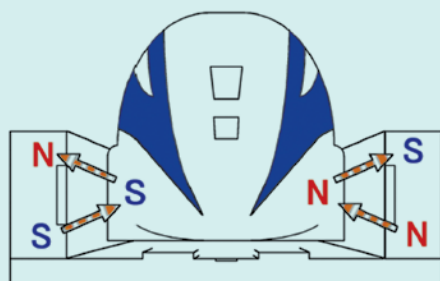
- آشنایی با مفهوم خاصیت مغناطیسی و میدان مغناطیسی، رسم و تعیین جهت خطوط میدان مغناطیسی
- آشنایی با مفهوم میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین و پدیده‌های مربوط به آن.
- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی و حل مسئله‌های مربوط به آن
- آشنایی با نیروی وارد بر 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



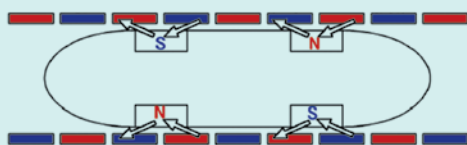
دانستنی برای معلم

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 بالش‌تکی از هوا قرار گرفته‌اند. در نوع ژاپنی برای ایجاد نیروی رانشی بر آهنرباهای قرار گرفته در زیر پایه‌های قطار از آهنرباهای الکتریکی ابررسانا استفاده می‌شود که در امتداد ریل موجود در کف دالان هدایت‌کننده قطار قرار گرفته‌اند. این نیرو قطار را بین ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از ریل نگه می‌دارد. واگن‌هایی که به این طریق از سطح زمین فاصله گرفته‌اند، با نیروی الکترومغناطیسی به جلو رانده می‌شوند. برای اعمال این نیروی جلوبر آهنرباهای الکتریکی دیگری در امتداد دیواره‌های واگن‌ها و دیواره‌های جانبی دالان تعبیه شده‌اند. این آهنرباها



الف



ب

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

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

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

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، زندگی روزافزون دارد. «فراوان یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌های انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیس به تنبیه‌های سنتی شده است، با وجود این، ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیس وابسته است. مغناطیس و آهنرباها همچنین در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها، و اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. زندگی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌های از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهره فراوانی از مغناطیس و اثر آن می‌برد.»



شکل ۳-۱: سنگ آهنربای طبیعی، تابی که اغلب از او به عنوان چسب برای پانچ می‌شود. عذاب گاهی ممکن است ۹۰ تا ۹۵ را که ویژگی آهنربایی دارد می‌باشد.

۱-۳-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیس

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



شکل ۳-۲: اثر گندمی در برای جهت‌یابی در قرن‌های اول قبل از میلاد می‌باشد.

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهنربایی را درون ظرف محظوری براده آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۳-۴).

فرش ۳-۱

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



شکل ۳-۳: هر آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی ارائه می‌دهد. به هر از قسمت‌های دیگر است.

هنگامی که یک آهنربای دائمی را درون ظرفی از یک جهت به یک سوزن خیاطی با سوزن ته‌گرد کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود (شکل ۳-۵). اگر این سوزن را به آرامی روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، با آن را توسط ریسمانی از وسط آن بپاریم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سوزن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سوزن را قطب شمال یا قطب N و سوزن دیگر را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند.

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

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

۸۴

پرسش ۱-۳

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

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

توجه

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

پرسش ۳-۲

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

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

۳-۲ میدان مغناطیسی

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

۳-۳ پرسش

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

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

۳-۳ پرسش

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

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

پرسش پیشنهادی

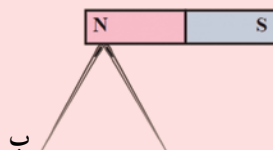
نیروی مغناطیسی وارد بر عقربه مغناطیسی از طرف زمین، بزرگ تر، کوچک تر یا مساوی با نیروی مغناطیسی ای است که از طرف عقربه مغناطیسی بر زمین وارد می شود؟

جواب : مساوی است.

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



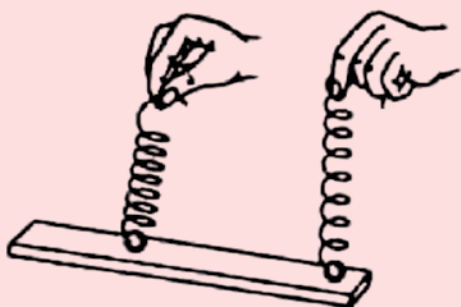
ب) چرا انتهای دو سوزن که به یک قطب یک آهنربا آویزان باشند، یکدیگر را دفع می کنند؟



پاسخ : الف) در اثر خاصیت القای مغناطیسی دو سر سوزن ها، قطب های مخالف می شوند و به طرف یکدیگر می آیند.

ب) دو انتهای سوزن ها قطب های همنام شده و یکدیگر را دفع می کنند.

فعالیت پیشنهادی

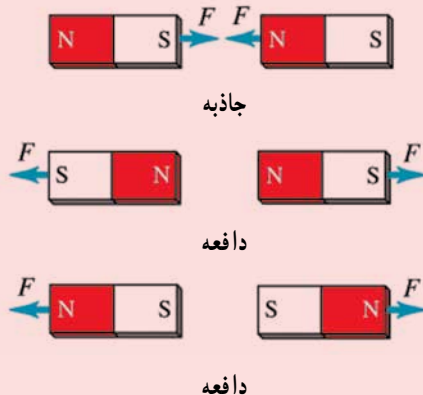


یک گوی آهنی را به یک طرف فنر مارپیچی وصل کنید. این گوی را به نقطه‌ای از سطح یک آهنربا تماس دهید و سپس با کشیدن فنر آن را جدا کنید. افزایش طول فنر به هنگام جدا کردن نشانه نیروی لازم برای غلبه بر نیروی جاذبه وارد بر گوی در نقطه تماس با آهنربا است. گوی را در نقطه‌های دیگر (مثلاً در وسط آهنربا) قرار دهید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

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

پرسش پیشنهادی

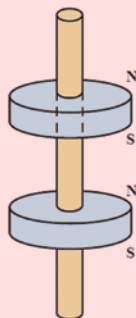
به شکل زیر به دقت نگاه کنید و آنچه را درک می‌کنید به صورت یک نقشه مفهومی بنویسید.



فعالیت پیشنهادی

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

پاسخ :



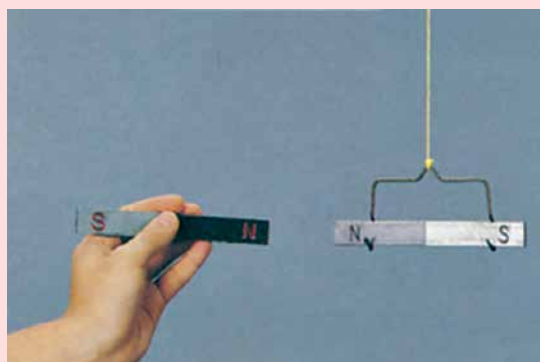
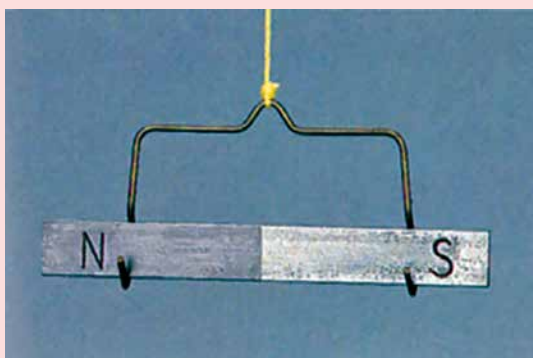
شکل ۵

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



فعالیت پیشنهادی

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

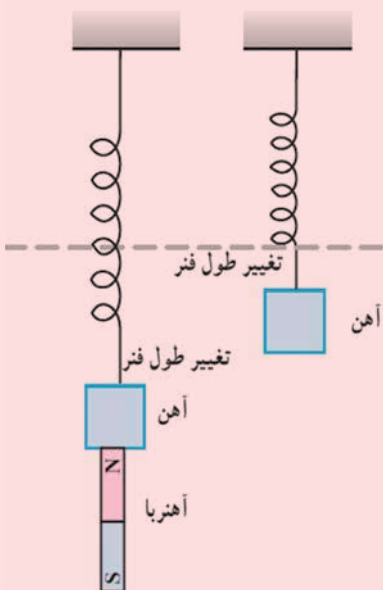


فعالیت پیشنهادی

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

ب) قطعه‌ای آهنی را به انتهای آن 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.



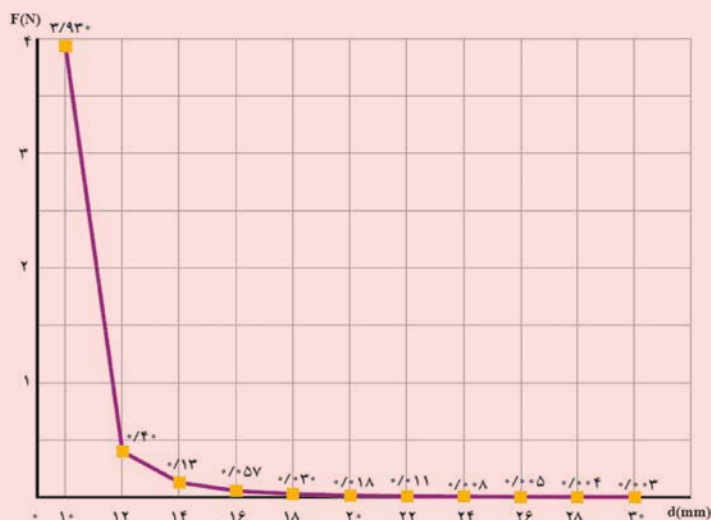
فعالیت پیشنهادی

فعالیت پیشنهادی

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

جدول (۱)

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



پاسخ:

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

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

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

پرسش ۳-۳

۱- با توجه به شکل ۳-۶ الف، 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.

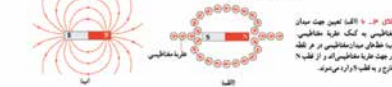
فعالیت ۲-۳

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: 72° درجه).

آزمایش ۱-۳

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.

به کمک خط‌های مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهن‌ربا (چین کرد شکل ۳-۲ الف). با به تعریف بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف یک آهن‌ربا در جهتی است که وقتی خط‌های مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب N قرار می‌گیرد. 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 ۳-۲ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهن‌ربای میانه 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 ترکیب قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



۳-۲ الف: آهن‌ربای جهت میدان مغناطیسی به کمک خط‌های مغناطیسی. این خط‌ها میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف آهن‌ربا نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهن‌ربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (ب) جهت‌گیری خط‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید. ۳-۲ ب: آهن‌ربای جهت میدان مغناطیسی در ترکیب قطب‌ها. این خط‌ها از آهن‌ربا می‌گذرد و هر یک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می‌دهد. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در ترکیب قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.

۳-۳ الف: آهن‌ربای میله‌ای را روی سطح افقی قرار دهید. یک قطب‌نما با خط‌های مغناطیسی را بالای یک آهن‌ربای میله‌ای قرار دهید. روی سویی دارای یک شکل در آهن‌ربا، عقربه را به آرامی حرکت دهید. شکل در روی سویی، پس از یک دور حرکت، عقربه چند درجه می‌چرخد.

۴۶

آزمایش ۱-۳

هدف: مشاهده خطوط خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از ابزاری آسان و ساده‌های مورد نیاز: آهن‌ربای میله‌ای دو عدد، براده آهن، یک ورقه نیشی یا مغناطی، یک بشقاب و یک وسیله دیگری برای پاشیدن براده آهن و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری).

شرح آزمایش: یکی از آهن‌رباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحه نیشی یا آهن‌ربا را روی آن بگذارید. به کمک یک بشقاب، براده آهن را به طور یکدست روی نیش پاشیده (پخش) کنید. چند دقیقه آرام به صفحه نیشی بزنید تا براده‌های آهن بر راس‌های خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحه نیشی دیده می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای میله‌ای است. شکل ۱-۳ الف. مراحل بالا را برای دو آهن‌ربای میله‌ای که به ترتیب: قطب‌های هم‌نام و قطب‌های هت‌نام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند، انجام دهید. شکل‌های ب و ج.

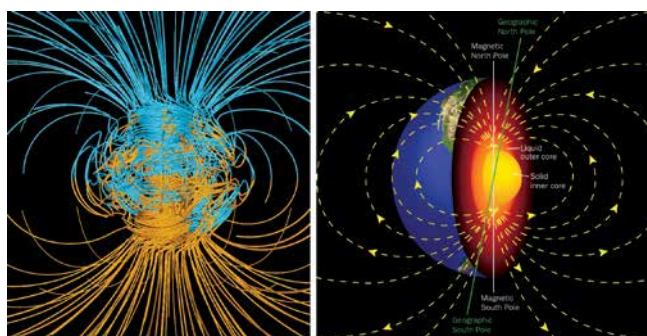
۱-۳ الف: آهن‌ربای میله‌ای دو عدد، براده آهن، یک ورقه نیشی یا مغناطی، یک بشقاب و یک وسیله دیگری برای پاشیدن براده آهن و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری).

میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهن‌ربای بسیار بزرگ رفتار می‌کند و طرح خط‌های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط‌های آهن‌ربای میله‌ای بزرگی است که در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در ترکیب قطب جنوب جغرافیایی زمین است (شکل ۱-۳ ب). نشان دادن خط‌های میدان مغناطیسی زمین به صورت خط‌های میدان یک آهن‌ربای میله‌ای، تنها یک مدل ساده از ساختار پیچیده و ناشناخته عوامل ایجاد میدان مغناطیسی زمین است. نواهد زمین‌شناسی نشان می‌دهد که جهت این میدان در بازه‌های زمانی بسیار طولانی (ده‌ها هزار تا یک میلیون سال) به طور کامل وارون می‌شود. قطب‌های مغناطیسی زمین بر خط‌های جغرافیایی آن تطبیق ندارند. در واقع، قطب‌های جنوب مغناطیسی جغرافیایی زمین فاصله بسیار زیادی از یکدیگر دارند. مثلاً قطب جنوب مغناطیسی تقریباً در فاصله ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که خط‌های مغناطیسی قطب‌ها در جهت شمال و جنوب واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و با حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.

۴۷

میدان مغناطیسی زمین

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



توضیح در خصوص چند زاویه مغناطیسی

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

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

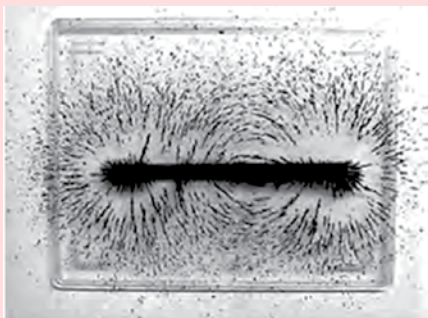
آزمایش پیشنهادی

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



میدان مغناطیسی آهنربای میله ای در سه بعد

آزمایش پیشنهادی

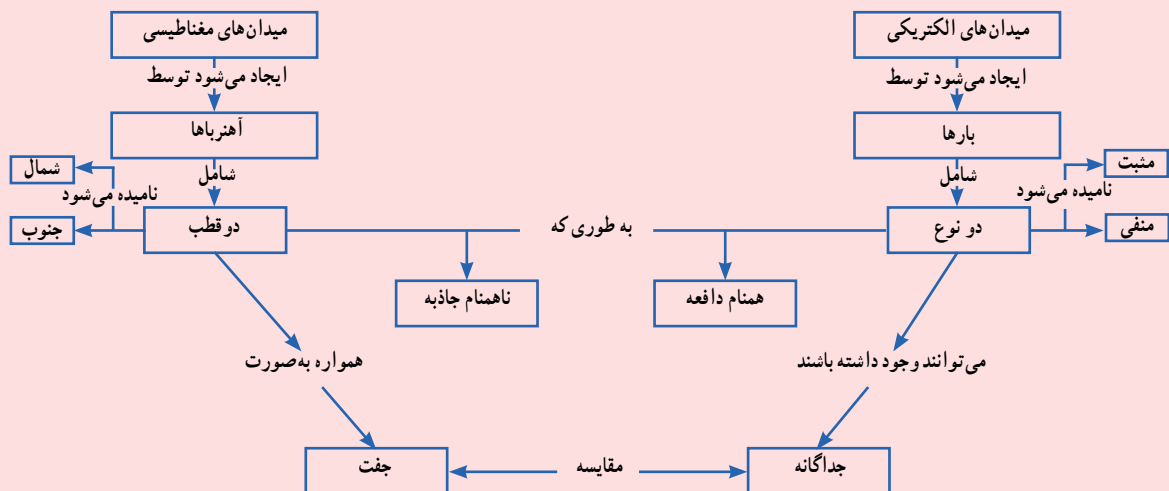


روشی برای ثبت کردن طرح خط‌های میدان مغناطیسی روی کاغذ

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

فعالیت پیشنهادی

نقشه مفهومی زیر را به صورت یک متن ساده فیزیکی بنویسید به طوری که این متن برای دانش آموزی 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.



ویدیو یک سوزن مغناطیسی نند با یک قطب مغناطیسی را از وسط آن آویزان می‌کنیم در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و انحراف آن با سطح افقی زمین را می‌سازد. به این زاویه، **شیب مغناطیسی** گفته می‌شود.
برای یافتن شیب مغناطیسی جملی که در آن زدگی می‌کنند درست به وسط یک سوزن مغناطیسی نند با قطب مغناطیسی بزرگ تخیلی را پیوند و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک قاعده زاویه‌ای را اندازه بگیرید که انحراف سوزن با قطب مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد بدست آمده، شیب مغناطیسی جمل زدگی شماست. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌توانید از آن نیز استفاده کنید.

نمونه‌ای از شیب‌سنج مغناطیسی و خط‌های زمین

پیمایی از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. خرچنگ‌ها را در کارابین در برابر میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است شکل گرفته. این جاندار یک فیلدشای مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال، جنوب، شرق و غرب را وایش امکان‌پذیر می‌کند. این خرچنگ همچنین می‌تواند تفاوت‌های در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت، در یافتن مسیر خود بهره‌بردار می‌گردد.
در سال ۱۹۷۵ میلادی دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری‌های موجود در لجن به بالاخ‌ها، 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 به باکتری‌ها به کمک این مغناطیس داخلی می‌تواند از میدان مغناطیسی زمین بهره‌بردار و به طرف مواد غذایی در آن‌ها حرکت نماید. چنانچه این باکتری‌های مربوط به نیمکره جنوبی زمین، برای رسیدن به پل‌های دیگر در خلاف جهت خط‌های میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد.



میدان مغناطیسی یک کره است، هرگاه در نقاط مختلف با هم‌ای از خطا جهت و اندازه از میدان مغناطیسی یکسان باشد، در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه یک کره می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی یک کره در ناحیه بزرگی از خطا بسیار دشوار و در عمل امکان‌ناپذیر است. با این وجود، می‌توان در ناحیه کوچکی از خطا، مانند ناحیه بین قطب‌های یک آهن‌ربا شکل C، میدان مغناطیسی یک کره ایجاد کرد (شکل ۳-۳).

در سوابق به سایت www.magnetism-distribution.com رفته و درجی از شیب مغناطیسی (Magnetic Inclination) دست‌انداز جدول ۳-۳ را درج کنید. با نصب بر روی یک قطب مغناطیسی در محل خود، شیب مغناطیسی را در جدول خود، ثبت کنید. شیب مغناطیسی در ایران از حدود ۱۰° تا ۲۰° متغیر است. در جدول خودی با خط‌های یک کره است.

دانستنی برای معلم

میدان مغناطیسی زمین

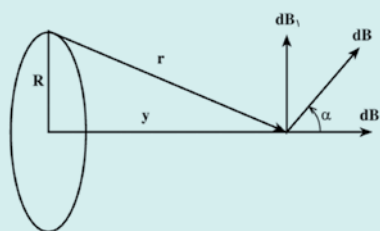
نخستین بار سر ویلیام گیلبرت عنوان کرد که زمین آهنربای بزرگی است که قطب و استوای مغناطیسی دارد. در آن زمان تصور می‌شد که میدان مغناطیسی زمین ناشی از آهنربای بزرگ درون آن است. می‌دانیم، بخش درونی زمین به‌طور عمده از نیکل و آهن مذاب تشکیل شده که دمای آن دست کم حدود ۲۲۰۰ درجه سلسیوس است و می‌تواند آزادانه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

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



اندازه شدت میدان مغناطیسی حلقه برابر است با :

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

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

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

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

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

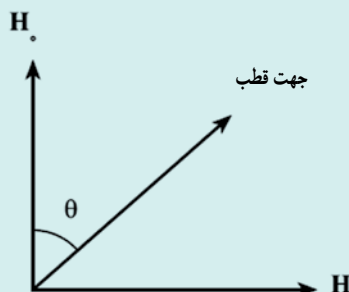
در این سیستم R و y برحسب سانتی‌متر، I برحسب آمپر و H برحسب گاوس است. جهت H با کمک قانون دست راست به دست می‌آید. یعنی اگر جریان در جهت انگشت شست دست راست باشد، جهت میدان در امتداد بسته شدن چهار انگشت دست راست خواهد بود. از آنجا که میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه، به دو مؤلفه افقی و قائم قابل تجزیه است،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

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

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

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

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



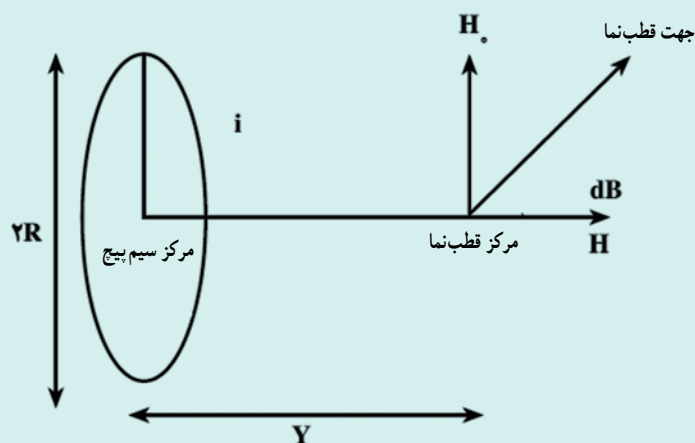
که می‌توان رابطه ۵ را به‌صورت زیر نوشت:

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

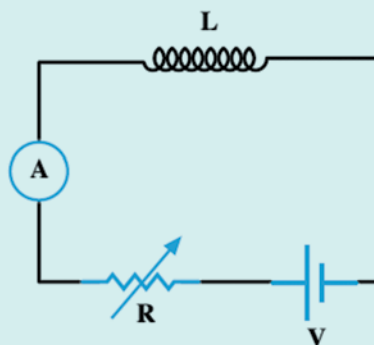
حال می‌توان I را برحسب $\tan \theta$ رسم کرد. شیب خط حاصل یعنی m را اندازه گرفت و H_z (شدت میدان مغناطیسی زمین) را به‌دست آورد:

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

نحوه انجام آزمایش: ابتدا قطب‌نما را روی میز آن‌قدر جابه‌جا کنید که قطب شمال آن تقریباً در راستای شمال – جنوب جغرافیایی قرار گیرد (برای این کار می‌توان آزمایش را روی زمین انجام داد تا از اثرات احتمالی میدان‌های میز آهنی بر قطب‌نما جلوگیری شود). سپس سیم 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 :

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

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

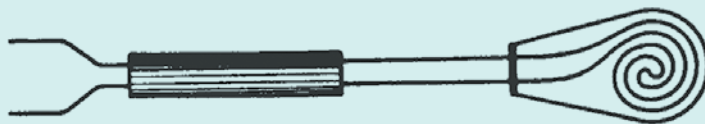
یکی از وسایل اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی، سوزن مغناطیسی است که از رشته کشسانی آویزان است و اساس کار آن شبیه ترازوی پیمایی کولن است. برای اندازه‌گیری زاویه‌های پیمایش رشته صفحه مدرجی در بالا به آن نصب شده است و محل نوک‌های سوزن با کمک درجه‌ها روی استوانه بیرونی معین می‌شود. در این دستگاه سوزن فقط وقتی 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 پیمایش 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 پیمایش 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 مغناطیس سنج 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.

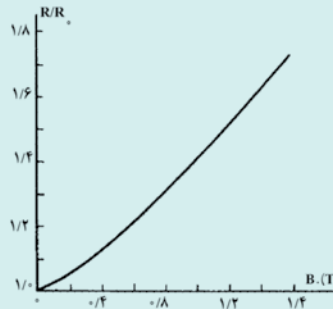
یک سوزن مغناطیسی که در میدان مغناطیسی از موضع تعادل خود تغییر مکان داده باشد، حول آن نقطه نوسان می‌کند. اگر جرم سوزن زیاد و در معرض اصطکاک ناحیز باشد قبل از توقف چندین نوسان می‌کند. بنابراین دوره نوسان‌ها را می‌توان با دقت اندازه‌گیری کرد. محاسبات نشان می‌دهد که هرچه گشتاور نیروی وارد بر سوزن بزرگ‌تر، 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 مغناطیس سنج‌های 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 مغناطیس سنج 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 ماریچ بیسموت در آن 26Ω و در خارج آن 20Ω است.

$$\begin{aligned} R/R_0 &= \frac{26}{20} = 1.3 \\ R &= 26\Omega \\ R_0 &= 20\Omega \end{aligned}$$

پاسخ :

با توجه به نمودار $B = 8^\circ \text{AT}$ 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 ۳-۱ 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 q با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت کند (به شرط آنکه جهت حرکت آن با میدان مغناطیسی موازی نباشد) بر آن نیروی وارد خواهد شد که مطابق شکل ۳-۱ الف و راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می نامند و جهت آن مطابق شکل ۳-۱ ب به کمک قانون دست راست تعیین می شود. اگر دست راست خود را طوری نگه دارید که انگشتان بار شده ما در جهت $\vec{v}$ باشند به گونه ای که وقتی آنها را روی دایره کوچکتری که $\vec{B}$ یا $\vec{q}$ می سازد و در جهت چرخش طبیعی انگشتان خود نگیم در جهت $\vec{F}$ قرار گیرد. انگشت شست ما در جهت نیروی وارد بر ذره باردار، شست خواهد بود. توجه کنید که نیروی وارد بر بار متحرک، در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

شکل ۳-۱ الف بار q در ذره باردار q که با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می کند، نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد می شود. بار q جهت این نیرو به کمک قانون دست راست تعیین می شود.

شکل ۳-۱ ب بار q در ذره باردار q که با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می کند، نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد می شود. بار q جهت این نیرو به کمک قانون دست راست تعیین می شود.

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

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

در این رابطه θ زاویه بزرگی بار الکتریکی، θ تعریف اندازه سرعت بار الکتریکی، θ اندازه میدان مغناطیسی و θ زاویه بین جهت حرکت بار الکتریکی (وارد $\vec{B}$) با جهت میدان مغناطیسی (وارد $\vec{B}$) است. شکل ۳-۱ الف و ب نشان می دهد وقتی بار الکتریکی q عمود بر راستای میدان مغناطیسی حرکت کند (یعنی $\theta = 90^\circ$ ، $\sin 90^\circ = 1$)، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، بیشینه می شود ($F = qvB$). با به رابطه ۳-۱، بکای q از میدان مغناطیسی حاصل است :

$$q = \frac{F}{vB} = \frac{N}{C \cdot m/s \cdot T} \quad (3-2)$$

این بکای به اعتراف بکای q داشته و متغیر q نامی، q نامیده می شود و به اختصار با T نشان داده می شود. به این ترتیب می توان نوشت :

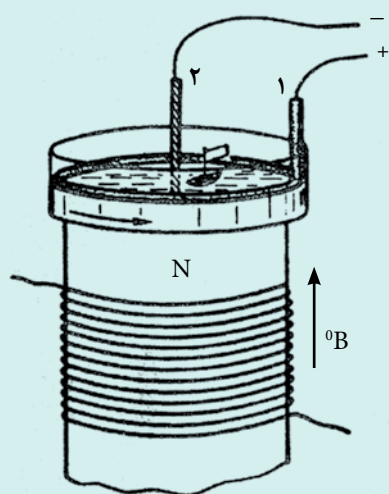
$$1T = 1 \frac{N}{C \cdot m/s} = 1 \frac{N}{A \cdot m} \quad (3-3)$$

شکل ۳-۲ نیروی $\vec{F}$ وارد بر ذره باردار q که با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می کند، نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد می شود. بار q جهت این نیرو به کمک قانون دست راست تعیین می شود.

باید دقت کرد که در این رابطه q بار الکتریکی است و نه بار جرمی. در این رابطه q بار الکتریکی است و نه بار جرمی. در این رابطه q بار الکتریکی است و نه بار جرمی.

آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک

شکل زیر ظرف پر از محلول الکترولیتی را نشان می‌دهد. دو الکترود، یعنی حلقه ۱ و میله ۲ به قطب‌های باتری (منبع تغذیه) متصل شده‌اند. در الکترولیت جریان از الکترود ۱ به سوی ۲ برقرار می‌شود، یعنی یون‌ها در امتداد شعاع‌های ظرف حرکت می‌کنند. ظرف را بالای یکی از قطب‌های 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 الکترودها 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 10 cm
- 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 آنود).
- ۴) پس از اطمینان از کامل شدن طرح و صحت مدار منبع را به برق شهر متصل و آزمایش را شروع می‌کنیم (اتصال دو میله فلزی درون محلول بایستی به طور موازی با اتصال دو سر سیم پیچ به منبع تغذیه متصل و در صورت لزوم در مسیر هر کدام یک مقاومت متغیر (رئوستا) قرار گیرد تا جریان ورودی برای هر قسمت کنترل و قابل تغییر باشد).

پ) موارد بررسی

- ۱) مشاهده چرخش محلول الکترولیت در ظرف شیشه‌ای و 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

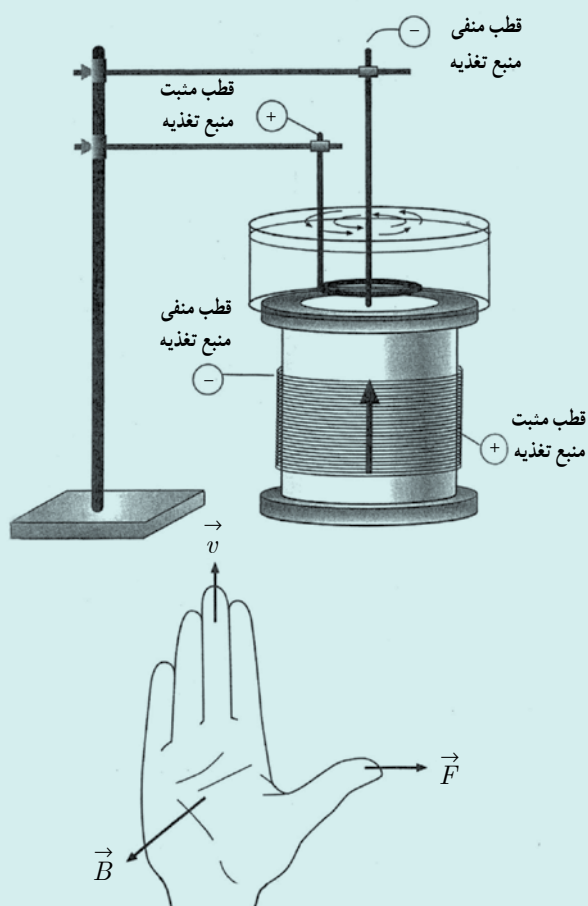
نیرو به صورت مماس بر دایره است و مجموعه این نیروها باعث چرخش می شود. (برای مشاهده بهتر چرخش، تعدادی قایق کاغذی کوچک بر سطح محلول شناور کنید)

۲ با تغییر ورودی میله ها 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 میله ها، تغییرات سرعت چرخش را مشاهده و تغییر در بزرگی F را بررسی کنید.

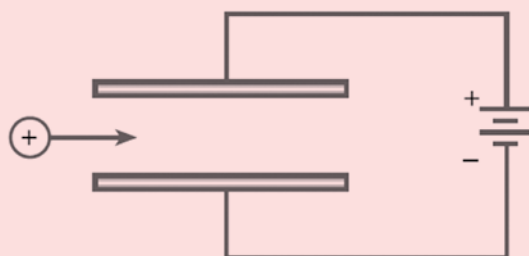
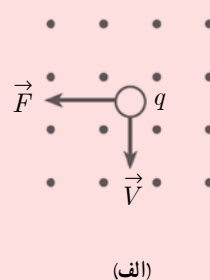
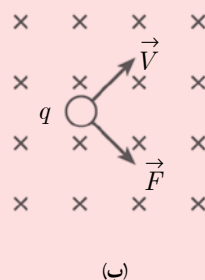
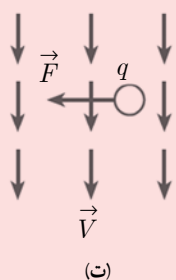
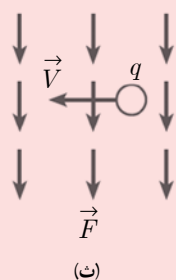
۴ با استفاده از حلقه های ورودی جریان، با شعاع های مختلف می توان فاصله های کاتد و آند را کم و زیاد کنیم و در نتیجه سرعت واکنش را تغییر دهیم و نقش آن را در بزرگی F بررسی می کنیم.

۵ می توان به جای CuSO_4 از محلول های الکترولیت دیگری نیز استفاده کرد که بزرگی یون ها q با Cu^{2+} و SO_4^{2-} تفاوت داشته و نقش بزرگی بار، در بزرگی F را بررسی نمود.



پرسش پیشنهادی

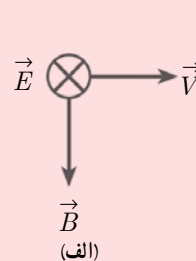
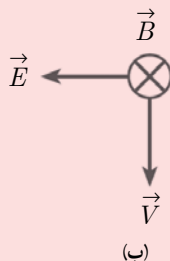
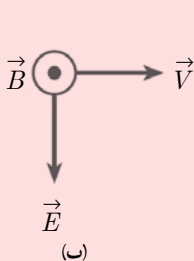
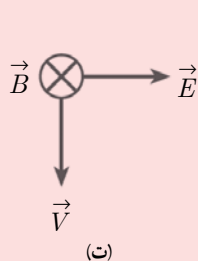
۱ در هر یک از حالت‌های شکل زیر جهت حرکت $\vec{V}$ ، جهت میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ و جهت نیروی وارد بر بار q (مثبت یا منفی) نشان داده شده است. نوع بار q را در هر حالت با علامت + یا - مشخص کنید.



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؟



تمرین ۳-۱

1

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

$$F = qvB\sin\theta$$

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

$$(\mathfrak{z}/\mathfrak{z} \circ \times \mathfrak{z} \circ^{-\mathfrak{z}} \text{ T}) \sin \mathfrak{z} \circ \circ$$

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

پیشکش ۳-۴

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

۳-۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حاوی جریان



مثال ۱-۳ (۱۳۸۵-۱۳۸۶) در یک سیستم مرجع که در آن دما و فشار به ترتیب $T = 20^\circ\text{C}$ و $P = 101.325\text{ kPa}$ باشد، یک گاز ایده‌آل را در یک سیلندر به حجم $V = 1\text{ m}^3$ و با دما $T = 20^\circ\text{C}$ قرار می‌دهیم. اگر این گاز را به دما $T = 100^\circ\text{C}$ گرم کنیم، تغییرات انرژی داخلی، کار و دما را محاسبه کنید.

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

$$= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1.5 \times 10^6 \text{ m/s})(1.5 \times 10^{-2} \text{ T}) \sin 90^\circ = 3.6 \times 10^{-15} \text{ N}$$

نمودار ۱-۱

اسیر و رتوان که با بازتاب $B=2$ نسبت به میدان مغناطیسی یکجانبه با انرژی $B=2T$ (۱) در حرکت است نیروی با انرژی $B=2T$ (۱) دارد می شود. نیروی بدون چند کیلو متر و پایه است.

آهسته آهسته در تمام با $B=2T$ (۱) و در تمام $B=2T$ (۱) در حرکت است.

در میدان مغناطیسی یکجانبه با انرژی $B=2T$ (۱) در حرکت است.

(شکل روبرو)، انرژی نیروی دارد و در تمام با حساب کنید.

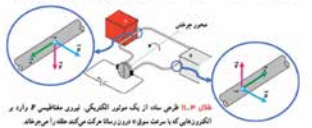
الکترونی عبور در میدان مغناطیسی یکتاختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟
☐ بالا ☐ راست ☐ درون سو ☐ بیرون سو

Strongest Continuous Magnetic Field

9.



۲-۲ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان
 موتورهای الکتریکی از اجزای مستقیم که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و اساس کار بسیاری از دستگاهها نظیر جاروی برقی، مته برقی، آبپاش و ماشین لباسشویی، و بکه و... را تشکیل می دهند. شکل ۱-۳۳ طرح ساده از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می دهد که در علوم هنر هشتم با نحوه ساختن آن آشنا شدید. چیز جالبی باعث می شود یک موتور الکتریکی کار کند؟

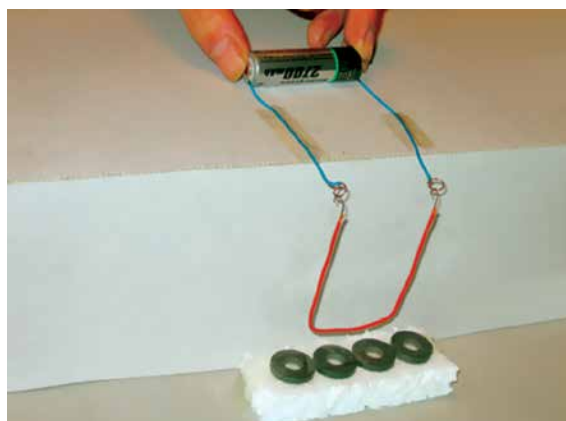


نکته ۱۱-۳: طرحی ساده از یک مولود الکتریکی. نیروی مغناطیسی $\vec{B}$ وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت $\vec{v}$ درون سازه حرکت می‌کنند، حلقه را می‌پوشاند.

از آنجا که دانش‌آموزان 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 دانش‌آموزان به طرح سادهٔ موتور الکتریکی در شکل ۳-۱۱ می‌تواند شروع مناسبی برای این بخش باشد. دانش‌آموزان باید به جهت حرکت حامل بار درون سیم رسانا، قطب‌های باتری و جهت میدان $\vec{B}$ که حلقهٔ 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 ۲-۳

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).



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

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

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

در این رابطه طول بخشی که در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای قرار دارد، زاویه‌ای را که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان دادیم (شکل ۱۳-۳).

بررسی ۳-۱:

اگر در شکل ۱۳-۳ 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^{-3} باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارده بر 1 m از این سیم را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرمول مسئله داریم :

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

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

$$F = I l B \sin \theta = (5 \times 10^{-3})(1)(4 \times 10^{-4}) \sin 30^\circ = 1 \times 10^{-6} \text{ N}$$

تمرین ۳-۱:

سیم مستطیلی به طول 1.7 m حامل جریان 1.5 A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $50 \mu\text{T}$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارده بر این سیم را تعیین کنید.

پاسخ: $F = 0.5 \text{ N}$ به سمت مغناطیسی زمین (موفق باشید)

تذکره 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 آزمون‌های دیجیتال (ارسی) یا دقت 0.1 g استفاده کنید.

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



تمرین ۳-۲

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

$$F = I l B \sin \theta = (2/5 \text{ A})(2 \text{ m}) (\sin 90^\circ)$$

$$F = 2/5 \times 10^{-4} \text{ N}$$

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

پرسش ۳-۵

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

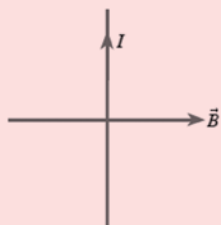
فعالیت ۳-۴

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



پرسش پیشنهادی

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



(ت)



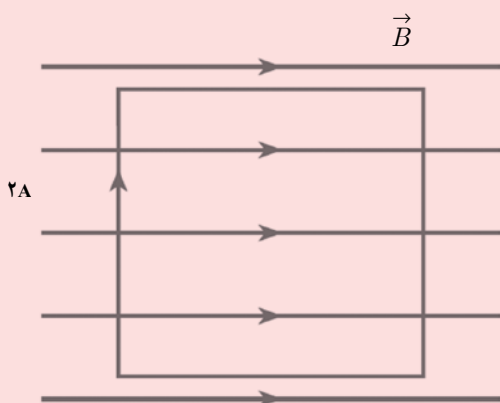
(ب)



(پ)

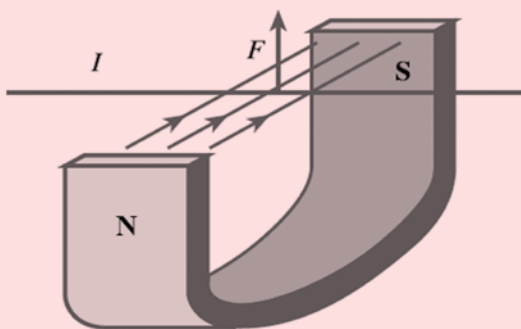


(الف)



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 به‌طوری که دو ضلع حلقه در امتداد میدان قرار دارند. طول هر ضلع مربع را 2 cm در نظر بگیرید. الف) جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هر ضلع حلقه در کدام جهت است؟

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



۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

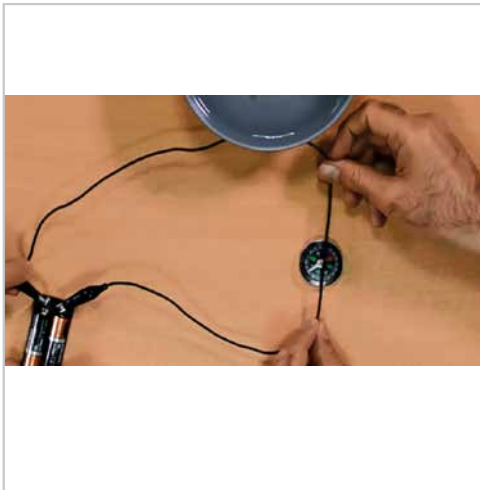
راهنمای تدریس: تا اینجا مقدمات لازم برای بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در بخش‌های قبل بررسی شده است. لذا ضرورت دارد که دانش‌آموزان آشنایی و تسلط کافی به محتوای بخش‌های قبلی داشته باشند. انجام آزمایش اورستد را که به نوعی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی را نشان می‌دهد، می‌توان به شکل‌های مختلفی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



۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی
تا اینجا بی‌روید که در فضای اطراف آهن‌رباهای دائمی میدان مغناطیسی وجود دارد. در ادامه این فصل با پدیده‌های دیگر ایجاد میدان مغناطیسی آشنا خواهیم شد.
اورستد دانشمند دانمارکی در سال ۱۸۲۰ میلادی ضمن انجام برخی آزمایش‌های الکتریسیته، مشاهده کرد که قطره مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی منحرف می‌شود (شکل ۳-۵).
او با انجام دادن آزمایش‌های بیشتر کشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد. این کشف اورستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکتریسیته و مغناطیسی بود که به گسترش بصیرت الکترومغناطیس انجامید. در این بخش به بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم‌های می‌وزنیم.



شکل ۳-۵: میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را می‌توان با قرار دادن آهن‌ربای قطره مغناطیسی بر سیم آن نشان داد.



آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی اثر مغناطیس جریان الکتریکی (آرامش) بر سیم حامل جریان.

در سیم‌های مورد نیاز، باری سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحه بطوری، قطب مغناطیسی (قطب‌نما)، روغنا و سیم رابط طرح آزمایش:

سیم مسی را از صفحه بطوری بگذرانید و با آن مدار مغناطیسی شکل رویید.

دقیق از برقراری جریان الکتریکی، قطب مغناطیسی را در مجاورت سیم روی طوطا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.

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

مطریق مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی طوطا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.

با توجه به جهت‌گیری سیم در نقاط مختلف صفحه بطوری، جهت خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.

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

به کمک چند باری دیگر با تغییر طول و سرعت جویشت کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟

نتیجه این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاسی گزارش دهید.

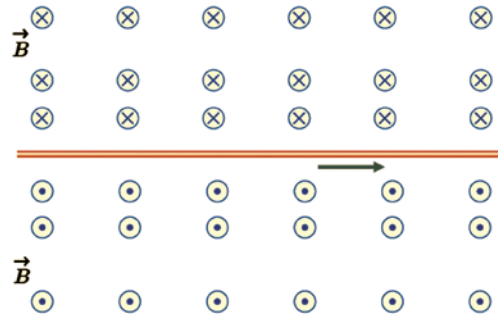
با انجام این آزمایش می‌بینید که خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل ۳-۱۵ به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خط‌های میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست نیز می‌توان این جهت را تعیین کرد؛ مطابق این قاعده، اگر سیم را در دست راست خود بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نکته: جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان هستند. جهت خطوط میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. 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 بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نکته: جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان هستند. جهت خطوط میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. 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 بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

پرسش ۳-۶

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



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.

فصل ۳

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.

نکته: جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان هستند. جهت خطوط میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. 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 بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نکته: جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان هستند. جهت خطوط میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. 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 بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نکته: جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، جهت خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان هستند. جهت خطوط میدان مغناطیسی سیم مستقیم جریان را می‌توان به کمک طریق مغناطیسی همین کرد. 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 بگیرید به گونه‌ای که انگشت تست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت شصت چهار انگشت دست شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم 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.

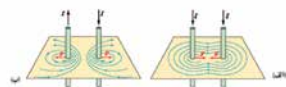
پرسش ۸-۳

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

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.

مغناطیس

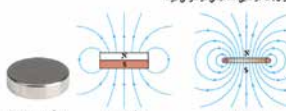


شکل ۱۶-۳: میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان درونی در آنها

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان: شکل ۱۶-۴: حلقه‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره‌ای نشان می‌دهد که حامل جریان I است. همان‌طور که دیده می‌شود حلقه‌های میدان مغناطیسی در ناحیه داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی‌تر است. افزون بر این، در خط‌های روی محور حلقه، میدان مغناطیسی هم‌جوش است. جهت خط‌های میدان مغناطیسی حلقه را می‌توان با قاعده دست راست به روش نشان داده شده در شکل ۱۶-۵ تعیین کرد.



شکل ۱۶-۴: حلقه‌های میدان مغناطیسی در اطراف یک حلقه حامل جریان. میدان مغناطیسی میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد. از جهت دست راست، جهت $\vec{B}$ یک حلقه حامل جریان درونی و حلقه‌های میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهن‌ربای تخت دارای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است. شکل ۱۶-۵: به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۶-۵: حلقه حامل جریان و قطب‌دار در میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای تخت دارای شکل است.

۱۷

توجه

شکل ۱۶-۶: 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.

توجه: جهت دست راست و قاعده دست راست

یک کاربرد مهم از میدان مغناطیسی دارد و سیم حامل جریان در بلندگوها یافت می‌شود و شکل زیر، میدان مغناطیسی که توسط آهن‌ربای دائمی تولید می‌شود و نیروی و پیچیدگی دارد می‌دهد 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 قوت کشنده می‌آید هر از گاه جهت و هر از گاه نیروی توسان می‌کند. پیچیدگی و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه‌ای در پیچیدگی توسان می‌کند. با افزایش جریان قوت کشنده، دامنه‌های توسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.



استفاده از یک یک حلقه برای تولید میدانی با انرژی مغناطیسی مستقیم است که از آن جهت استفاده از انرژی به عنوان یک حلقه برای تولید میدانی با انرژی مغناطیسی مستقیم استفاده می‌شود. شکل ۱۶-۷: انرژی از میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، به حلقه‌های B که حامل جریان است از رابطه $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ به دست می‌آید. اگر به جای یک یک حلقه، پیچیدگی شامل N حلقه نزدیک و هر از گاه متناوب یکسان N داشته باشیم، آنگاه انرژی از میدان مغناطیسی در مرکز این پیچیدگی که معادل N به آن پیچیدگی نیز گفته می‌شود، از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

دلیل آنکه برای تولید میدان‌های مغناطیسی قوی به جای یک حلقه از پیچیدگی از حلقه‌ها استفاده می‌شود همین ضرب N در رابطه ۱۶-۷ است. استفاده از یک یک حلقه برای تولید میدانی با انرژی مغناطیسی مستقیم از آن جهت استفاده از آنکه است که ممکن است از مقدار مجاز جریان عبوری از سیم حلقه بیشتر باشد. از آن پیچیدگی برای تولید میدان مغناطیسی در بسیاری از وسیله‌های علمی استفاده می‌شود.



۱۸

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

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

$$B = 27 \text{ G} = 27 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$N = ?$$

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

$$27 \times 10^{-2} \text{ T} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A} N (1/2 \text{ A})}{0.4 \text{ m}}$$

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

فعالیت ۳-۶

آزمایشی مشابه این فعالیت در مجموعه فیلم های مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ انجام شده است که می توانید از نتایج و شیوه آن نیز استفاده کنید.

تمرین ۳-۴
از چیدمانی به شکل داده شده که از ۲۰۰۰ دور سیم بزرگ درست شده است، جریان ۲۰۰ mA می گردد. شکل روبرو، اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز چیده به دست آورده.
پایه: با توجه به داده های مسئله داریم:
 $B = 9.78 \times 10^{-4} \text{ T}$, $N = 2000$, $I = 2 \times 10^{-1} \text{ A}$, $B = ?$
با جایگذاری این داده ها در رابطه ۳-۴ داریم:
 $B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) (2000) (2 \times 10^{-1} \text{ A})}{2(8 \times 10^{-2} \text{ m})} = 9.78 \times 10^{-4} \text{ T} = 9.78 \text{ G}$

تمرین ۳-۵
اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $2 \times 10^{-4} \text{ T}$ اندازه گیری شده است. اگرچه جریان های که این میدان را بوجود می آورند بسیار پیچیده اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان ها بصورت تک حلقه ای دارای به قطر 14 cm (بهای یک سرع) می توان مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

میدان مغناطیسی حاصل از سیم حلقه حامل جریان، سیم حلقه ای است که بصورت مارپیچی بسته، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیم حلقه، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی بوجود می آید. طرح خطای میدان مغناطیسی یک سیم حلقه حامل جریان الکتریکی در شکل ۳-۴ دیده می شود. همانگونه که دیده می شود، خطای میدان داخل سیم حلقه بسیار متراکم تر از خطای میدان در خارج آن است و این نشانگر ویژگی میدان داخل سیم حلقه است. از این رو، خطای میدان در داخل سیم حلقه، به مراتب بیشتر از خطای میدان در خارج آن است. این ویژگی یک خاصیت مهم میدان مغناطیسی درون سیم حلقه است. جهت میدان مغناطیسی سیم حلقه، به کمک قاعده دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می شود (شکل ۳-۵).



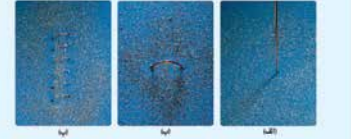
شکل ۳-۴: خطای میدان مغناطیسی یک سیم حلقه حامل جریان. جهت میدان به کمک قاعده دست راست تعیین می شود. جهت میدان مغناطیسی سیم حلقه با انگشت راست از نوک انگشت به سمت نوک انگشت اشاره می شود.

اگر قطر حلقه های سیم حلقه در خانه یا طول آن بسیار کوچکتر از خطای آن خطی به هم نزدیک باشد، به این سیم حلقه، سیم حلقه ای گفته می شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم حلقه آرمادی در خطای دور از خطای یک سیم حلقه است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می آید:
 $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$ (سیم حلقه آرمادی)
در این رابطه، l جریان عبوری، N تعداد دورهای سیم حلقه و l طول سیم حلقه است.

تمرین ۳-۵
سیم حلقه ای آرمادی به طول 150 cm دارای 7000 حلقه سیم بزرگ به هم است. اگر جریان 80 mA از سیم حلقه بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در خطای درون سیم حلقه و دور از خطای آن پیدا کنید.
پایه: با توجه به داده های مسئله داریم:
 $l = 150 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$, $N = 7000$, $I = 80 \text{ mA} = 80 \times 10^{-3} \text{ A}$, $B = ?$
با این ترتیب داریم:
 $B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) (7000) (80 \times 10^{-3} \text{ A})}{0.15 \text{ m}} = 9.78 \times 10^{-2} \text{ T} = 9.78 \text{ G}$

تمرین ۳-۶
سیم حلقه ای آرمادی به طول 14 cm چنان طوری پیچیده شده است که جریان بیشه ای به شدت $1/2 \text{ A}$ می تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیم حلقه، اندازه میدان مغناطیسی درون آن و دور از خطای آن پیدا کنید. تعداد دورهای سیم حلقه چقدر باید باشد؟

پایه: با توجه به داده های مسئله داریم:
آزمایشی را طوری و اجرا کنید که به کمک آن بتوان با استفاده از داده های، طرح خطای میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم حلقه (شکل ۳-۴)، یک حلقه دارای شکل دایره و یک سیم حلقه حامل جریان شکل دایره ای ایجاد کرد.



صفحه ۱۱
 کتاب: حسابان، فصل: مشتق، درس: مشتق تابع

تفاوت بین مشتق و تابع

تفاوتی بین تابع و مشتق وجود دارد. تابع یک رابطه بین دو مجموعه است که به ازای هر عضو از مجموعه اول، یک عضو منحصربه‌فرد در مجموعه دوم را تعیین می‌کند. به عنوان مثال، تابع $f(x) = x^2$ یک تابع است که به ازای هر عدد حقیقی x ، یک عدد حقیقی x^2 را تعیین می‌کند.

مشتق، به ازای هر نقطه از دامنه تابع، نرخ تغییرات تابع را در آن نقطه اندازه می‌گیرد. به عنوان مثال، مشتق تابع $f(x) = x^2$ در نقطه $x = 2$ برابر با $f'(2) = 2x = 4$ است. این به معنی آن است که در نقطه $x = 2$ ، تابع با شیب ۴ تغییر می‌کند.

بنابراین، تابع یک رابطه بین دو مجموعه است، در حالی که مشتق یک عدد است که نرخ تغییرات تابع را در یک نقطه مشخص اندازه می‌گیرد. به عبارت دیگر، تابع یک «چه» است و مشتق یک «چگونه» است.

تفاوت دیگر این است که تابع می‌تواند به ازای هر عضو از مجموعه اول، یک عضو منحصربه‌فرد در مجموعه دوم را تعیین کند، در حالی که مشتق فقط به ازای یک نقطه مشخص، نرخ تغییرات تابع را اندازه می‌گیرد.

بنابراین، تابع یک رابطه بین دو مجموعه است، در حالی که مشتق یک عدد است که نرخ تغییرات تابع را در یک نقطه مشخص اندازه می‌گیرد.

تفاوت دیگر این است که تابع می‌تواند به ازای هر عضو از مجموعه اول، یک عضو منحصربه‌فرد در مجموعه دوم را تعیین کند، در حالی که مشتق فقط به ازای یک نقطه مشخص، نرخ تغییرات تابع را اندازه می‌گیرد.

بنابراین، تابع یک رابطه بین دو مجموعه است، در حالی که مشتق یک عدد است که نرخ تغییرات تابع را در یک نقطه مشخص اندازه می‌گیرد.

[illegible]

۳-۶ ویژگی‌های مغناطیسی، مواد

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

توجه

تقسیم‌بندی از لحاظ مغناطیسی، با توجه به چگونگی وجود آنها در طبیعت انجام می‌شود. برای مثال هیدروژن به صورت اتمی، دارای 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 رده‌بندی می‌شود.

[illegible]

هر فردی سازگاری مورد نیاز اجتماعی را می‌توان به روش‌های مختلف به دست آورد.

[illegible]

152-153. دست گیری کاتوره های دو قطبی های
مغناطیس در یک مکان پارامغناطیس در نوبه
روز مغناطیس.

در انجام این فعالیت باید به گونه ای 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 می کشید، به دلیل دیامغناطیس بودن الکل، الکل در جهت مخالف حرکت آهنربا، حرکت می کند و به نظر می رسد که حباب هوا در جهت حرکت آهنربا حرکت می کند. این فعالیت را به طور عمودی، مطابق آنچه در فیلم های مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ انجام داده ایم، دنبال کنید. در این فیلم افزون بر مواد یا مغناطیس، آزمایش برای مواد پارامغناطیس نیز انجام شده است.

۴-۳-۲

یک لوله آزمایش را تا نزدیکی لب آن از الکتریسیته (تاوان) ۹۶ درجه را بر کنید. در لوله را بنویسید و آن را به صورت افقی قرار دهید. مطابق شکل یک آهزبای نور دیده را بالای حباب هواي درون لوله بگذرد و آبهای آهزا را حرکت دهد. دلیل آنچه را مشاهده می کنید در گروه خود به گفتگو می گذارید.

مراد دیا معناتفسی: اتم‌های مراد دیا معناتفسی، نظریه، تجربی و پیوسته به‌طور ذاتی خاصیت معناتفسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مراد، دارای دو قطبی معناتفسی نمی‌باشند. و وجود این حضور میدان معناتفسی خارجی، می‌تواند بسبب القای دو قطبی‌های طبیعی در خلاف سوی میدان خارجی، در مراد دیا معناتفسی شود. در فصل بعد با دلایل این فرض، توضیح بیشتری داده خواهد شد. ابتدا به توضیح این فرض پرداخته می‌شود.

مواد فرورفتگی؛ نوع دیگری از مواد به نام مواد فرورفتگی وجود دارد که اثرهای
بسیار ذاتی دارای دوغلی متفاوت هستند. آهن، نیکل، کربن و بسیاری از آلیاژهای دارای
عنصرها فرورفتگی است. و همگشتی های قوی بین دوغلی های متفاوتی در این مواد موجب
سود که این دوغلی، از حتی در نبود میدان خارجی، در سامانه های که حوزه های متفاوتی
بوده، همسو شود. نمونه ای از ساختار حوزه ها در مواد فرورفتگی در شکل ۳-۱۲ نشان
داده شده است. درون هر حوزه، برای آن برهه ۱ تا ۶ وجود دارد که دوغلی های متفاوتی داشته

سواد فروغی غلطی را می‌توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی، آهسته کرد. اثر میدان مغناطیسی جی بر حوزه‌های مغناطیسی باعث می‌شود که دوطرفه‌ای‌ها به حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرند و جهت آنها به جهت خارجی عمادی شود. به این ترتیب، حوزه‌های جی به میدان مغناطیسی هستند. ردتش بر گشت و چرخش زیاد می‌شود. از سوی دیگر جی حوزه‌های

1-8



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



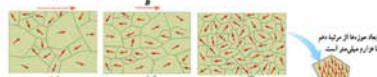
آلومینیم به عنوان یک ماده بارامغناطیس، به آرامی به طرف آهنربای قوی حرکت می کند.

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.

مغناطیس

که تست‌گیری آنها در راستای میدان نیست. اگر می‌شود، در آن فرایند، حوز بین بیشتر حوزها چاه جدا می‌شود و ماده خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند. شکل ۲۲-۳ یک ماده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل ۲۲-۳ ب در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی‌تر نشان می‌دهد.



شکل ۲۲-۳: (الف) ماده فرومغناطیسی در میدان مغناطیسی ضعیف، (ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی قوی. (ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی قوی.

حوزه‌های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کنند و ماده پتانسیل آهنربایی پیدا می‌کند و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را با پتانسیل از دست می‌دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته پسمان سلفون‌های انتقالی استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرمی ساخته می‌شوند که پتانسیل آهنربایی آنها را به سرعت از دست می‌دهند (پس از حذف میدان مغناطیسی). این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، هسته‌های آهن، کربن و نیکل به سختی آهنربایی پیدا می‌کنند؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، هیچ حوزه‌ای در آنها به سختی تغییر نمی‌کند. این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، هسته‌های دو قطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، با حفظ زمان زیادی، تقریباً به همان جهت قبلی می‌مانند. به عبارت دیگر، پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کند. به همین دلیل، این مواد برای ساخت آهنرباهای دائمی مناسب‌اند. برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی، مقدار اتساع یا پهنای وجود دارد. این وضعیت هنگامی برپا می‌ماند که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که در همه 10^{-3} از دو قطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌بندی شوند. به عبارت دیگر، حجم حوزه‌های که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود می‌رسد.



۹-۴

(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 می‌آورند 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.



شکل (ب): MCG مگنتوکاردیوگرام

شکل (الف): ECG الکتروکاردیوگرام

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.

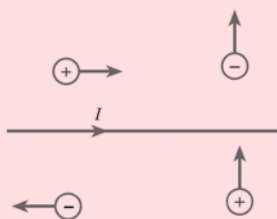
جریان نسبتاً زیاد قلب، میدان مغناطیسی تقریبی 1×10^{-6} گاوس را در اطراف قفسه سینه به‌وجود می‌آورد و جریان‌های ضعیف در مغز، میدان مغناطیسی تقریبی 3×10^{-8} گاوس را در اطراف سر تولید می‌کنند. این میدان‌ها از میدان مغناطیسی زمین (۵/۰ گاوس) یا حتی از میدان‌های مربوط به جریان‌های سیم‌های برق در منازل (5×10^{-2}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

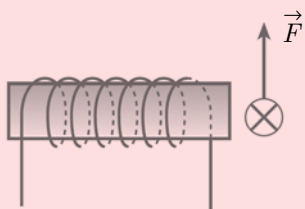
اندازه‌گیری به وسیله الکتروکاردیوگرام یا مگنتوکاردیوگرام MCG از اندازه‌گیری با الکتروآنسفالوگرام یا مگنتوآنسفالوگرام MEG بسیار راحت‌تر است. زیرا میدان مغناطیسی مغز بسیار ضعیف‌تر از میدان مغناطیسی قلب است. انتظار می‌رود که روش‌های آشکارسازی میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف، به تدریج کامل شوند و دریچه کاملاً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

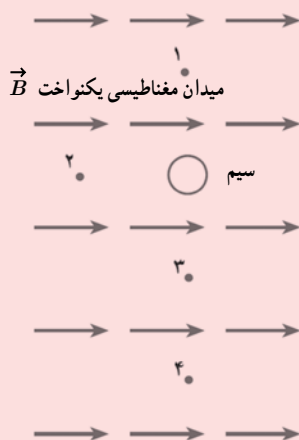
پرسی های پیشنهادی

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



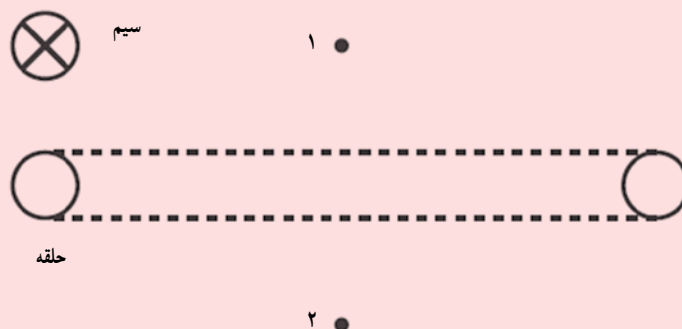
۲ جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریانی که در نزدیکی سیم‌لوله‌ای قرار دارد مطابق شکل زیر است. جهت جریان را در سیم‌لوله تعیین کنید.





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 و ۴ میدان مغناطیسی ناشی از سیم و همچنین میدان برآیند را تعیین کنید.

۴ سیم بلند و مستقیمی که حامل جریان است درست بالای یکی از لبه‌های حلقه حامل جریانی قرار دارد (شکل زیر). سیم و حلقه عمود بر صفحه 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

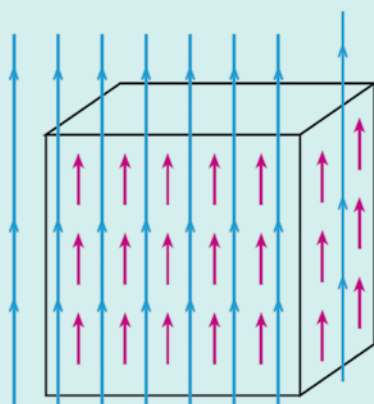
مواد با توجه به رفتارشان در یک میدان مغناطیسی خارجی به پنج دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس، پادفرومغناطیس و فری مغناطیس. به‌طور کلی سه عامل در منشأ مغناطیسی مواد مؤثر است.

الف) گشتاور اسپینی

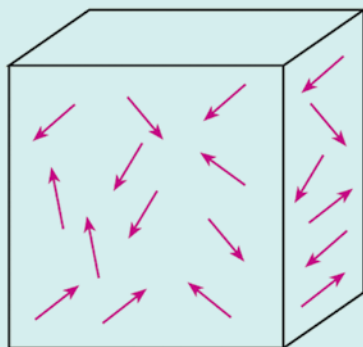
ب) گشتاور مداری الکترون‌ها

ج) گشتاور القایی ناشی از میدان مغناطیسی خارجی

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



یک ماده پارامغناطیس در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی قوی.



یک ماده پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی خارجی.

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 تبدیلی موسوم است منشأ آن کوانتومی است.

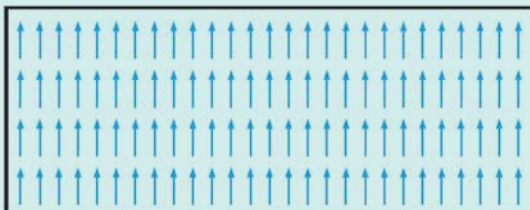
ج) اگر این مواد در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، علاوه بر القای یک گشتاور مغناطیسی در اتم‌های آنها (پدیده دیامغناطیس)، تعدادی از گشتاورهای مغناطیسی دائم‌ها در جهت میدان قرار می‌گیرند به طوری که با افزایش شدت میدان تعداد بیشتری از آنها با میدان هم‌راستا می‌شوند.

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.

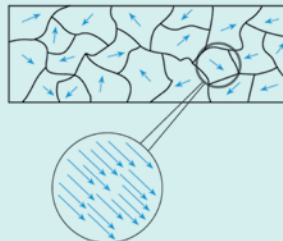
منگنز، پلاتین، آلومینیوم، هوا و... جزء مواد پارامغناطیس محسوب می‌شوند.

۳ فرو، پادفرو و فری مغناطیس : اگر برهم کنش و نیروی تبدیلی 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.

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.



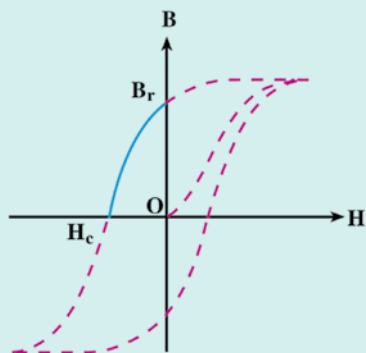
یک حوزه مربوط به ماده پادفرومغناطیس، در مواد پادفرومغناطیس برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه صفر است.

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 برایند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه مخالف صفر است.

هرگاه یک ماده فری مغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی نسبتاً قوی قرار بگیرد برآیند همه گشتاورهای مغناطیسی اتم‌ها در راستای میدان قرار می‌گیرند. ویژگی مهم این مواد این است که با حذف میدان مغناطیسی خارجی دیگر گشتاورهای مغناطیسی (حوزه‌ها) به حالت اولیه بازمی‌گردند و جسم خاصیت مغناطیسی را به صورت دائم در خود حفظ می‌کند (برخلاف مواد فرومغناطیس نرم که با حذف میدان، خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند). این مواد در صنعت و فناوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند به طوری که به اختصار آنها را فریت می‌نامند. رابطه شیمیایی این مواد به صورت Fe_3O_4 ، Mo است، که در آن M یک کاتیون دو ظرفیتی است غالباً Zn ، Fe ، Ni ، Cd ، Cu و یا Mg است. معمولاً این مواد را فرومغناطیس سخت می‌نامند. ویژگی مهم مواد فرو و فری مغناطیس: یکی از بارزترین مشخصات این مواد، منحنی مغناطیدگی یا چرخه پسماند است که در آن تغییرات مغناطیدگی جسم $\vec{M}$ (گشتاور مغناطیسی ماده در واحد حجم یا جرم) را برحسب میدان مغناطیسی خارجی $\vec{H}$ رسم می‌کنند. دلیل وجود این چرخه ناشی از وجود حوزه‌های مغناطیسی در این مواد است. برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر حوزه مخالف صفر است ولی با توجه به اینکه گشتاورهای حوزه‌های مختلف در جهت‌های متفاوتی هستند، گشتاور برآیند نمونه صفر است. (نقطه O در شکل (صفحه بعد)). حال اگر این مواد را در یک میدان مغناطیسی قرار دهیم و میدان را به تدریج افزایش دهیم، ابتدا حجم حوزه‌هایی که گشتاور مغناطیسی آنها با میدان هم جهت (یا تقریباً هم جهت) است زیاد می‌شود و با افزایش شدت میدان، گشتاورهای حوزه‌های دیگر نیز به تدریج می‌چرخند و در جهت میدان قرار می‌گیرند و سرانجام در یک میدان مغناطیسی نسبتاً قوی گشتاور مغناطیسی تمام حوزه‌ها با میدان مغناطیسی هم جهت می‌شوند و کل نمونه به صورت یک تک حوزه مغناطیسی درمی‌آید. اکنون اگر میدان مغناطیسی خارجی را به تدریج کاهش دهیم گشتاورهای حوزه‌های مغناطیسی به حالت اولیه خود بازمی‌گردند، یعنی در غیاب میدان مغناطیسی، مغناطیدگی، ماده صفر نمی‌شود و به عبارتی ماده از خود پسماند مغناطیسی نشان می‌دهد. در عمل به جای رسم منحنی $M-H$ ، منحنی $B-H$ را (که در آن B القای مغناطیسی درون ماده است) را رسم می‌کنند.



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

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

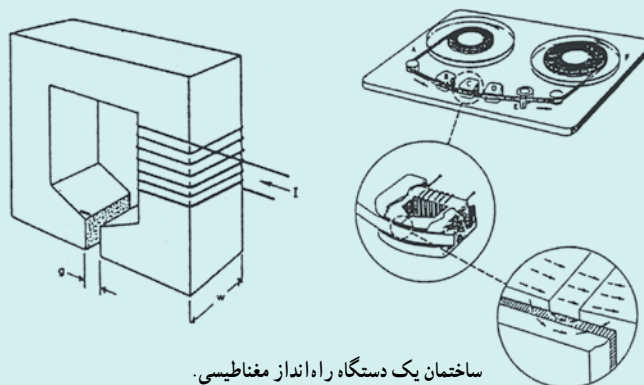
سه ویژگی بالا در مواد فری مغناطیس وجود دارد و از این جهت این مواد برای ذخیره اطلاعات مناسب اند.

تاریخچه ضبط (ذخیره) مغناطیسی : ضبط مغناطیسی با استفاده از تبدیل نوسان های صوتی به نوسانات الکتریکی (توسط میکروفون و تقویت کننده) 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) امکان پذیر است. ضبط صدای انسان نخستین بار در سال ۱۸۹۸ میلادی توسط پولسن (Poulsen) ابداع گردید. او نوسان های 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 تقویت کننده ها، بازیافت اطلاعات با نوفه کمتری همراه شد. در سال ۱۹۲۱ با اختراع روش ضبط با پیش ولت ac این نوفه ها به میزان قابل توجهی کاهش یافت.

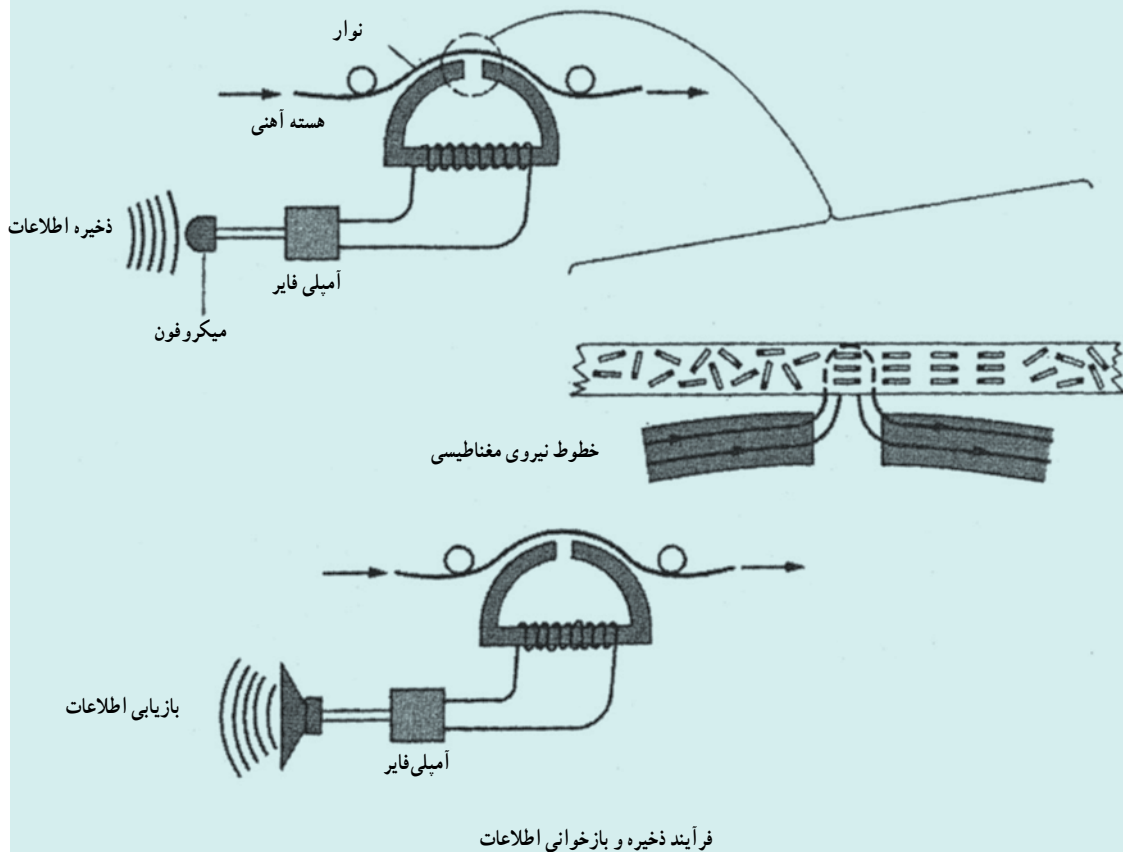
نوارهای ضبط شنیداری ATR نخستین بار با آغشته کردن یک نوار کاغذی مخصوص با یک مایع فری مغناطیس در سال ۱۹۲۷ توسط یک شرکت آمریکایی ابداع گردید و هم زمان در آلمان این نوارها با استفاده از نوار کاغذی آغشته به پودر آهن ساخته شدند. در سال ۱۹۴۷ با همکاری سه شرکت آمریکایی نوارهای اکسید آهن ابداع شدند و در سال ۱۹۵۰ 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 محیط های مغناطیسی : همان طور که گفته شد عمل ذخیره سازی 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 راه انداز و اعمال این میدان بر روی یک محیط مغناطیسی مناسب امکان پذیر است (شکل زیر).

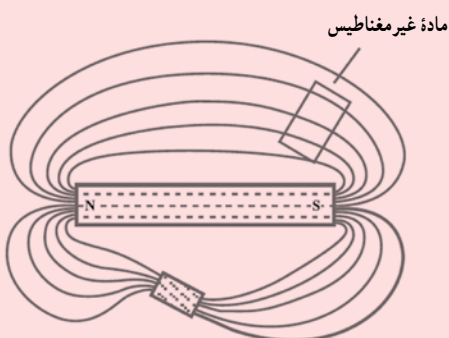


ساختار یک دستگاه راه انداز مغناطیسی.

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

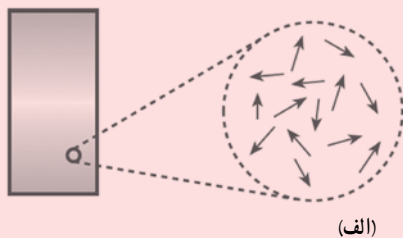


پرسش های پیشنهادی

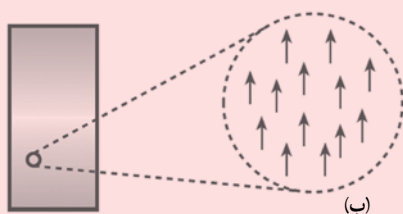


- ۱ در شکل روبه رو تأثیر وجود یک ماده غیر مغناطیسی (مانند شیشه) و یک ماده مغناطیسی (مانند آهن) در اطراف یک آهنربای میله ای نشان داده شده است.
- الف) سمت گیری تقریبی دو قطبی های مغناطیسی را در هر یک از این دو ماده با رسم شکل نشان دهید.
- ب) قطب های القا شده در قطعه آهن را تعیین کنید.

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

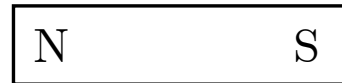


ب) در صورتی که ماده (الف) درون یک میدان مغناطیسی ضعیف قرار گیرد، چه تغییری در سمت گیری دوقطبی های آن رخ می دهد؟ در صورتی که میدان مغناطیسی قوی باشد، چطور؟
پ) اگر ماده (ب) یک آهنربای میله ای باشد، قطب های آن را در دو طرف آهنربا تعیین کنید.

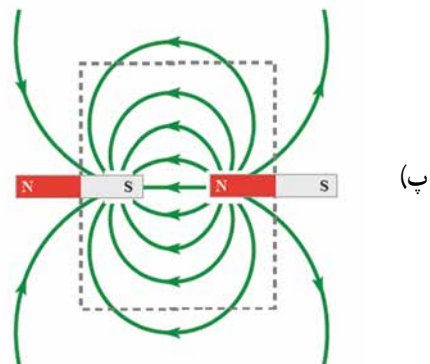
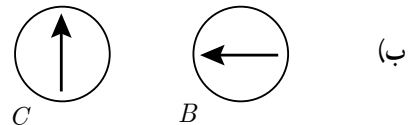


راهنمای پاسخ یابی پرسش ها و مسئله های فصل ۳

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



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



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

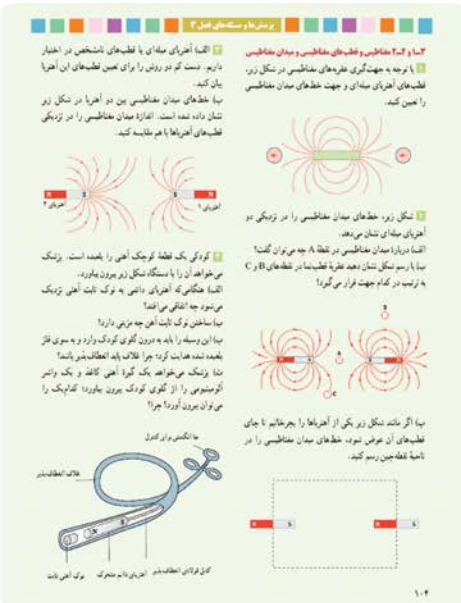
۲- استفاده از قطب نما

ب) با توجه به تراکم خطوط میدان در مجاورت قطب ها آهنربای

۲، اندازه میدان $\vec{B}$ این آهنربا از آهنرباهای (۲) بیشتر است.

۴ الف) نوک ثابت آهنی بر اثر پدیده القای مغناطیسی، به آهنربا تبدیل می شود.

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



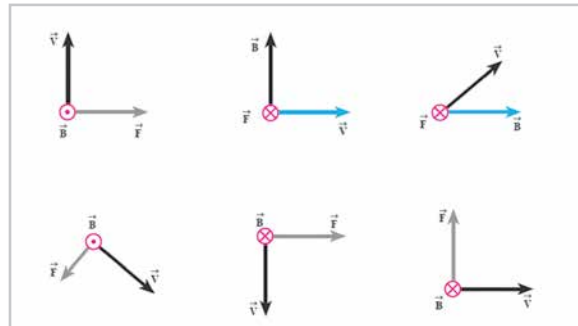
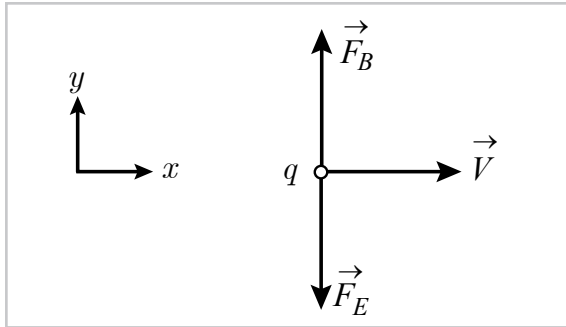
پ) به علت اینکه مجرای گلو دارای فرورفتگی و برآمدگی است. (ت) گیره آهنی کاغذ را می توان بیرون آورد زیرا ماده فرومغناطیس نرم است و جذب آهنربا می شود.

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

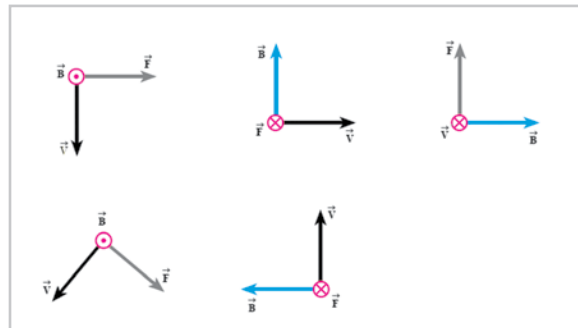


۱۱ برای اینکه ذره باردار در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد، مطابق شکل باید $F_E = F_B$. در این صورت داریم

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



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.



۱۸ باد ساعتگرد

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

$$F = qvB \sin \theta = (1/6 \times 10^{-14} C) (4/4 \times 10^6 m/s) \sin 60^\circ \approx 2/5 \times 10^{-15} N$$

ب)

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

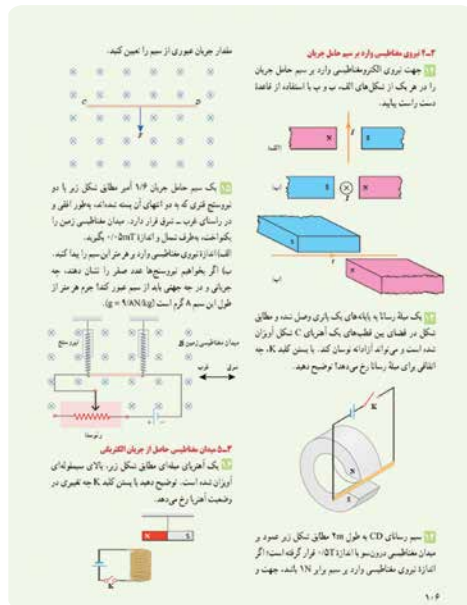
$$v = 2/4 \times 10^6 m/s, F_{max} = 6/87 \times 10^{-14} N, B = ?$$

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

$$(2/4 \times 10^6 m/s) B$$

$$\Rightarrow B \approx 1/7 T$$

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



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

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

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

$$\Rightarrow I = 1A$$

جهت جریان از D به C است.

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

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

(الف)

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

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

(ب)

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

$$\Rightarrow I = 1568 A$$

که جریان بسیار بزرگی است.

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

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

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

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

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

$$N = 250 \text{ حلقه}, l = 0.14m, I = 8A, B = ?$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} T.m/A)(250)(8A)}{0.14m} \approx 1.8 \times 10^{-3} T$$

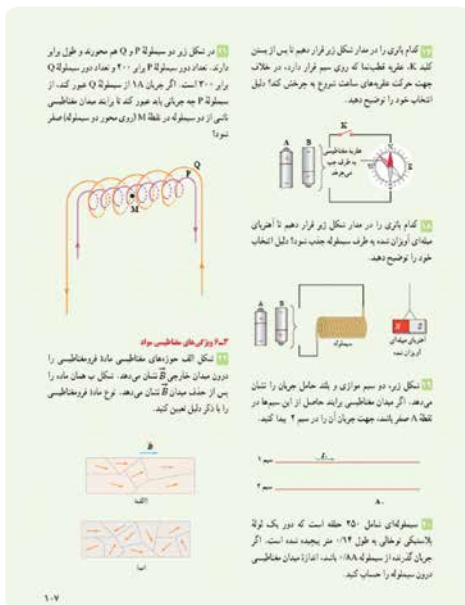
$$N_P = 200, N_Q = 300, I_Q = 1A, I_P = ?$$

$$l_P = l_Q$$

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

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

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



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.

