

فصل سوم

مغناطیس

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

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، ریشه‌ی روزافزون دارد. فراتر از یک فن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌های انجام می‌گردد که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیس به نوارهای 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 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)، بهره‌برداران از مغناطیس و آثار آن می‌برد.



شکل ۳-۱: سگ آهنربای طبیع
که اغلب از او به عنوان چرخ فلک برای یاد
می‌سود. ماده کانی سنگین با ۹۹٪ را که
بزرگی آهنربای باره می‌باشد.

۳-۱ مغناطیس و قطب‌های مغناطیس

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در کنه‌های از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی نهر باستانی منگسبا (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 ۳-۱). جینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲: قطب‌نمای دره برای جهت‌یابی
مربوط به ارض قبطینا استفاده می‌شده است.

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 مغناطیسی یا قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۳-۳).

پرسش ۳-۱

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



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

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

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

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

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

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 شده‌اند این بخش را با مشابهت‌سازی می‌توانید 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 میدان مغناطیسی

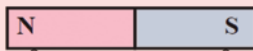
راهنمای تدریس : از آنجا که دانش آموزان در فصل اول به اندازه کافی با مفهوم میدان الکتریکی و خطوط وابسته به آنها آشنا شده‌اند این بخش را با مشابهت‌سازی می‌توانید دنبال کنید.

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؟

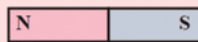
جواب : مساوی است.

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



الف

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



ب

پاسخ : الف) در اثر خاصیت القای مغناطیسی دو سر سوزن‌ها، قطب‌های مخالف می‌شوند و به طرف یکدیگر می‌آیند.

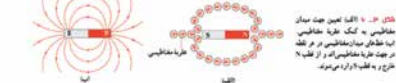
ب) دو انتهای سوزن‌ها قطب‌های همنام شده و یکدیگر را دفع می‌کنند.

پرسش ۳-۲

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

۲- همان‌طور که اشاره کردیم چون دانش آموزان 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 دانش آموزان 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 اطراف یک 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 ترکیب قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



۳-۲ الف) جهت میدان مغناطیسی به کمک نظریه مغناطیسی میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف یک آهن‌ربا می‌تواند تعیین شود. 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 دانش آموزان 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.

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 سروی دایره‌ای شکل دور آهن‌ربا، نظریه را با آرامی حرکت دهید (شکل ۳-۹). روس کنید پس از یک دور حرکت نظریه چند درجه می‌چرخد.



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 دانش آموزان انجام شود و پس از انجام آن نتیجه را گزارش کنند. (پاسخ نهایی فعالیت: ۷۲° درجه).

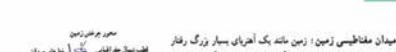
آزمایش ۱-۳

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 دانش آموزان دنبال کنید.

آزمایش ۳-۱

هدف: مشاهده نحوه خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از بادکنک آهن‌سپس‌های عمودت‌ها: آهن‌ربای ساده دور عمود، برآید آهن، یک ورقه نیشه‌ای یا مغزای، یک پشمک یا وسیله دیگری برای پاشیدن براده آهن و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجه آزمایش (اختیاری) شرح آزمایش:

- یکی از آهن‌رباهای ساده را روی میز قرار دهید و صفحه نیشه‌ای یا مغزای را روی آن بگذارید.
- به کمک نیشک پشمک کشیده آهن را به طور بکتراخت روی نیشه (مغز) بپاشید.
- چند حشره آرام به صفحه نیشه‌ای نزدیک تا براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرد. طرحی که روی صفحه نیشه‌ای پدیدار می‌شود، نشانه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای ساده است (شکل الف).
- مراحل بالا را برای دو آهن‌ربای ساده که به هم نزدیک، 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 ترکیب مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در ترکیب قطب جنوب جغرافیایی زمین است (شکل ۳-۱۰). نشان دادن خط‌های میدان مغناطیسی زمین به صورت خط‌های میدان یک آهن‌ربای ساده، تنها یک مدل ساده از ساختار پیچیده و گوناگون 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 قطب‌های جغرافیایی آن تطابق 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 نظریه مغناطیسی قطب‌ها در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و ما حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.



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 اعتدال آن با سطح افقی زمین نمی‌ماند. به این زاویه، **شیب مغناطیسی** گفته می‌شود. برای یافتن شیب مغناطیسی جملی که در آن زاویه می‌کند 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 اعتدال سوزن با قطب مغناطیسی یا راستای افق می‌سازد. عدد به دست آمده شیب مغناطیسی جمل زاویه شیب‌سنج است. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌تواند از آن نیز استفاده کنید.

نوبت است به‌عنوان جهت‌یابی مغناطیسی و قطب‌نما

بسیاری از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. خرچینگ خاردار کارابین در برابر میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است (شکل ۱۱-۱). این جاندار یک فیلیندای مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال جنوب شرق و غرب را برایش امکان‌پذیر می‌کند. این خرچینگ همچنین می‌تواند تفاوت اندک در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت، در یافتن مسیر خود بهره‌مند می‌گردد.

در سال ۱۷۷۰ میلادی دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری‌های موجود در لجن به بلافاصله 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 ۱۱-۲). باکتری‌ها به کمک این مغناطیسی داخلی می‌توانند از میدان مغناطیسی زمین بهره‌مند گردند و به طرف مواد غذایی در آن‌ها حرکت می‌کنند. جالب اینکه باکتری‌های مربوط به همسکرا جنوبی زمین، برای رسیدن به آب‌گرم در خلاف جهت خط‌های میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرند.



الف)



میدان مغناطیسی بگنواخت، هرگاه در نقاط مختلف باجه‌ای از قطب جنوب و اعتدال میدان مغناطیسی یکسان باشد. در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه بگنواخت می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی بگنواخت در ناحیه بزرگی از قطب بسیار دشوار و در عمل امکان‌پذیر است. با این وجود، می‌توان در ناحیه کوچکی از قطب، مانند ناحیه بین قطب‌های یک آهن‌ربای C شکل، میدان مغناطیسی بگنواخت ایجاد کرد (شکل ۱۱-۳).



در صورتی که جهت‌یابی مغناطیسی (Magnetic Inclination) نسبت به عمود عمود ۴۵ درجه باشد، این حالت را شیب مغناطیسی می‌گویند. در این حالت، شیب مغناطیسی در ایران حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه است. جهت‌یابی مغناطیسی در ایران حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه است.

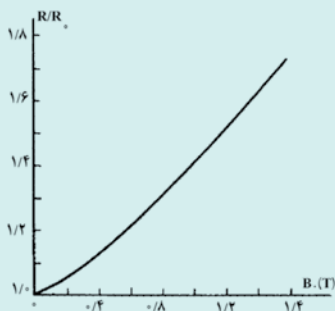
دانستنی برای معلم

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 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.

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



شکل (۹۷)

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

$$R / R_0 = \frac{26}{20} = 1/3$$

$$R = 26\Omega$$

$$R_0 = 20\Omega$$

پاسخ :

با توجه به نمودار $B = 0/8T$ است.

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

آزمایش نشان می‌دهد که اگر ذره باردار 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 ۳-۳ الف و برآسانی سرعت و میدان مغناطیسی صود است. این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند و جهت آن مطابق شکل ۳-۳ ب و ب به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود. اگر دست راست خود را طوری نگه دارید که انگشتان بار شما در جهت \vec{v} باشند و به گونه‌ای که وقتی آنها را روی زاویه کوچکتری که \vec{v} با \vec{B} می‌سازد و در جهت جریش طبیعی انگشتان خود کنیم در جهت \vec{F} 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 الف) بار q در ذره باردار که با سرعت \vec{v} در میدان مغناطیسی \vec{B} حرکت می‌کند، نیروی مغناطیسی \vec{F} وارد می‌شود. ایوار این جهت این نیرو به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود.

شکل ۳-۳ ب ایوار نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی در حال حرکت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (3.3)$$

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

رابطه ۳-۳ نشان می‌دهد وقتی بار الکتریکی q صود بر راستای میدان مغناطیسی حرکت کند (یعنی \vec{v} و \vec{B} موازی باشند) اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، پهنه می‌شود ($\sin 0^\circ = 0$). $\vec{F} = 0$ یا به رابطه ۳-۳، $\vec{F} = 0$ باری که اندازه میدان مغناطیسی معادل است با:

$$\vec{F} = q \left(\vec{v} \times \vec{B} \right) = q \left(v B \sin \theta \right) \hat{n}$$

این باری که اندازه میدان مغناطیسی معادل است با:

$$\vec{F} = q \left(\vec{v} \times \vec{B} \right) = q \left(v B \sin \theta \right) \hat{n}$$

این باری که اندازه میدان مغناطیسی معادل است با:

$$\vec{F} = q \left(\vec{v} \times \vec{B} \right) = q \left(v B \sin \theta \right) \hat{n}$$

این باری که اندازه میدان مغناطیسی معادل است با:


$$\vec{F} = q \left(\vec{v} \times \vec{B} \right) = q \left(v B \sin \theta \right) \hat{n}$$

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 تمرین‌های مختلف آشنا شوند.

فصل سوم : مغناطیس ۲۳

اسلا کاپی بزرگی است و در برخی موارد از کاپی نسبی (اسلا) کوچکتری به نام گائوس (یا اسلا G) استفاده می‌کنند به طوری که داریم $1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$. اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در منطقه استوا (۱۰۰G) و در استوا کمترین (۱۰-۲۵G) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌های مایه‌ای کوچک حدود 10^{-1} تا 10^{-2} اسلا است. همین بزرگترین میدان مغناطیسی مادام که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۲۵ اسلا است.



تمرین ۱-۳

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

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

$F = qvB\sin\theta$

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

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

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

پرسش ۴-۳

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

خوبه است دیدار کنید که در کتب علمی نوشته اند...

در بروز از قرن زمین، ذراتی باردار بسیاری با شکلهای بسیار زیادی در حرکتند. این ذراتی سرج را که معمولاً از جنس پروتون، هسته اتم نظیر ایزوتوپها و برای سامانههای الکتریکی واقع در فضا نیز مطرح می‌باشد. خوشبختانه بیشتر این ذرات باردار توسط میدان مغناطیسی زمین منحرف می‌شوند و مانع از آسیب‌رسانی به موجودات و سامانههای روی زمین می‌شود. ذرات باردار که در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتند، گریزهای ناشی از آن را تشکیل می‌دهند (شکل الف).

این گریزها در سال ۱۸۵۹ میلادی در ولسلر داده‌های گردآوری شده توسط او را آشکارا کشف شده و به نام جبهه‌های (۱۹۱۲-۲۰۰۹) یکی از کشفیات آن یادگاری شده. فضاپروان در فضاها این بسیار همین از این گریزهای ناشی از زمین می‌گردند.

هرگز تو قله‌های خورشیدی، ذراتی باردار را به صورت فوران‌های طبیعی می‌تواند، بسیاری از آنها از زمین زمین می‌گذرد و در گریز و آن‌ها به دام می‌افتند. شفق قطبی ابرهای ناشی از جبهه‌های ناشی است که با نور و خورشید ذراتی باردار موجود در گریز و آن‌ها را تشکیل می‌دهد زمین موجود می‌آید شکل ب.

۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

موجهای 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 می‌دهد. شکل ۳-۳ الف سیم حامل جریان را در یک میدان مغناطیسی نشان می‌دهد که در طول سیم حلقه‌ها یا سیم‌ها را نشان می‌دهد. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کار کند؟



شکل ۳-۳ الف: سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را می‌تواند از طریق قانون دست راست تعیین کرد.

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.

۳۳

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

آزمایش ۳-۳

هدف: مشاهده نیروی وارد بر سیم حامل جریان
وسایلهای مورد نیاز: آهن‌ربای قطبی شکل، سیم مسی ضخیم، سیم رابط، پایه نخ و باتری
شرح آزمایش:
 مدارهای شکل الف تا پینداز با جریان از سیم مسی بگذرد. آنچه را که مشاهده می‌کنید، در گروه خود به بحث بگذارید.
 * در صورتی که وسایلهای مشابه شکل ب را در آزمایشگاه مدرسه در اختیار دارید می‌توانید آن استفاده کنید.
 مدار را قطع کنید و جهت جریان را تغییر داده و مراحل بالا را دوباره انجام دهید.
 نتیجه آزمایش را به کلاس گزارش دهید.



پورسته (فیزیکدان داکتر) با انجام آزمایش‌های شبیه آزمایش ۳-۳ و ۳-۲، 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 ۳-۳۱).

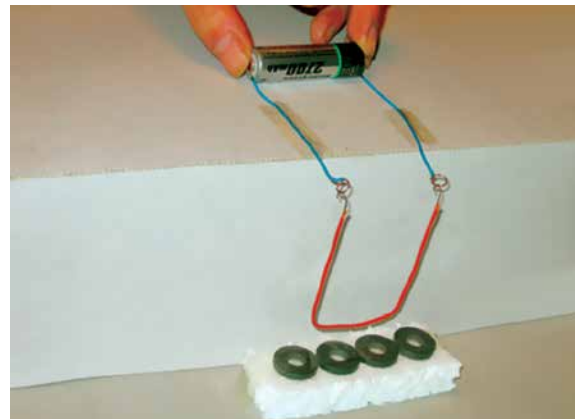


تذکره ۳-۳۱: القای نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی، ابتدا نیروی مغناطیسی را بر سیم برحالی که جهت میدان را دیده‌اند است. ابتدا قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی شکل آید.

۳۴

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).



فصل سوم : مغناطیس ۲۵

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 یکگوشه 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 یکگوشه قرار دارد، زاویه‌ای را که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان دادیم (شکل ۱۳-۳).

پرسش ۳-۳:
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 این نیرو بیشینه می‌شود؟

مثال ۳-۳:
یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه به بزرگی 4.0 A در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم 5.0 A باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارده بر 1.0 m از این سیم را حساب کنید.
پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:
با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۳ داریم:
 $F = I l B \sin \theta = (5.0 \text{ A})(1.0 \text{ m})(4.0 \times 10^{-2} \text{ T}) \sin 30^\circ = 0.1 \text{ N}$

تورق ۳-۳:
سیم مغناطیسی به طول 1.0 m حامل جریان 4.0 A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 0.50 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارده بر این سیم را تعیین کنید.
 $F = 0.2 \text{ N}$ به سمت مغناطیسی زمین (شرق به غرب است)

نکته ۳-۳:
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

$$l = 2/4 \text{ m}, I = 2/5 \text{ A}, B = 0/45 \text{ G}, V = 90^\circ$$

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

$$(\text{0/45} \times 10^{-2} \text{ T}) \sin 90^\circ$$

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

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.



۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

راهنمای تدریس : تا اینجا مقدمات لازم برای بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در بخش های قبل بررسی شده است. لذا ضرورت دارد که دانش آموزان آشنایی و تسلط کافی به محتوای بخش های قبلی داشته باشند. انجام آزمایش اورستد را که به نوعی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی را نشان می دهد، می توان به شکل های مختلفی انجام داد که در مجموعه فیلم های مرتبط با آزمایش های فیزیک ۲ موجود است و از طریق سایت گروه فیزیک می توانید آنها را مشاهده کنید. بنابراین پس از اشاره مختصری در خصوص این آزمایش و زمینه های تاریخی آن، شرایط را برای فعالیت گروهی دانش آموزان و انجام این آزمایش فراهم کنید.

توضیح: جهت تشخیص جهت خط کابل کاتوترون

کاتوترون مورد سیم پیچی است که با آن می توان جریان های الکتریکی بسیار کوچکی از مرتبه میکروآمپر را اندازه گرفت. با استفاده از مغناطیس که تاکنون فراگرفته ایم، می توان سازه کاتوترون خطی را مورد بررسی قرار داد.

هر کاتوترون خطی دارد که دور آن سیمی پیچیده شده است. این پیچه در میدان مغناطیسی آهنربای دائمی قرار دارد. وقتی جریان از پیچه می گذرد، میدان مغناطیسی با دارد گردن تورو به سیم های حامل جریان، گسترده ای ایجاد می کند که پیچه را می چرخاند (تنگن رویه) و نظریه متعادل به پیچه منحرف می شود.

هر قدر جریان بزرگتر شود، چرخش پیچه و انحراف نظریه بیشتر خواهد شد. اگر جهت جریان وارون شود، جهت چرخش پیچه و انحراف نظریه نیز وارون خواهد شد. با قطع جریان، خط طرف نشان داده شده در شکل، پیچه و نظریه را به حالت اولیه خود می گرداند. صحنه کاتوترون که نظریه در مغناطیس آن می چرخد را بر حسب مکانی میکروآمپر معراج می کند.

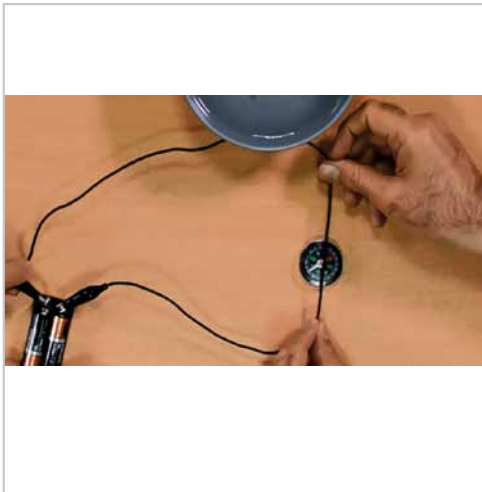
۳-۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

تا اینجا می بینیم 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 آزمایش های الکتریکی، مشاهده کرد که نظریه مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی متحرک می شود (شکل ۳-۵). او با انجام این آزمایش ها بیشتر متکشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی وجود می آورد. این کشف اورستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس بود که به گسترش صحت الکترومغناطیس انجامید. در این بخش، به بررسی میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم های وارون می پردازیم.

در دهه های دهه ۱۸۲۰ میلادی در دانمارک، فیزیکی دانمارکی اورستد الکتریسیته و مغناطیس را با هم مرتبط کرد. او در آزمایش های خود مشاهده کرد که سیم حامل جریان الکتریکی متحرک می شود. او این کشف را به عنوان کشف رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس در نظر می گیرد. او در این آزمایش ها مشاهده کرد که سیم حامل جریان الکتریکی متحرک می شود. او این کشف را به عنوان کشف رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس در نظر می گیرد. او در این آزمایش ها مشاهده کرد که سیم حامل جریان الکتریکی متحرک می شود. او این کشف را به عنوان کشف رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس در نظر می گیرد.

شکل ۳-۵ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را می توان با قرار دادن تعدادی قطب مغناطیسی بر روی سیم آن نشان داد.



آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی (آزمایش امپدا)

وسایلهای مورد نیاز: باتری، سیم مسی، سیم ضخیم، صفحه نظار، قطب مغناطیسی (قطب شمال)، رولتسا و سیم رابط

شرح آزمایش:

سیم مسی را از صفحه نظار بگذرانید و با آن مداري مطابق شکل زیر برقرار کنید.

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

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

مطرفه مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی نظار قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.

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

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

با کمک چند باتری دیگر با تغییر طول سیم و رولتسا تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟ نتیجه این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را با کلاس گزارش دهید.

با اطلاع این آزمایش می‌بینید که خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل ۳-۳ به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خط‌های میدان مغناطیسی سیم مستقیم حامل جریان را می‌توان به کمک قریه مغناطیسی تعیین کرد. علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست 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 مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

نمودار ۳-۳

شکل رویبرو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سیم و در ناحیه پایین آن روپسوست. 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 مغناطیسی 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.

تئوری و گزارش آزمایش مغناطیسی

تمام یافته‌های زنده بنام نشان به‌طور الکتریکی نظار است. جریان‌های الکتریکی ضعیف در بین میدان‌های مغناطیسی ضعیف‌تر قابل اندازه‌گیری تولید می‌کنند. اندازه میدان‌های حاصل از خط‌های الکتریکی کوچک‌تر از 10^{-10} حتی در حدود یک میلیون میدان مغناطیسی زمین است. میدان‌های مغناطیسی حاصل از مغز بسیار ضعیف‌تر و در حدود 10^{-12} هستند و برای اندازه‌گیری آنها باید مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس به کار رود. در حال حاضر، چنین مغناطیس‌سنج‌هایی به نام اسکوپ‌ها ساخته شده‌اند. شکل رویبرو یک دستگاه اسکوپ را نشان می‌دهد که در حال اندازه‌گیری میدان مغناطیسی تولید شده در مغز است.

تئوری بین سیم‌های موازی حامل جریان، در آزمایش آورده شد، درجه‌ای که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان، میدان مغناطیسی وجود دارد. همچنین در بخش ۳-۳ با تئوری مغناطیسی وارد بر سیم حامل آشنا شدیم. عمل فرض کنید برای تولید میدان مغناطیسی به جای آهنربا، از یک سیم حامل جریان استفاده کنید. اگر سیم حامل جریان دیگری را در نزدیکی این سیم قرار دهیم، آیا نیرویی 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 بگذرد، نیرویی بین آنها وارد می‌شود است. شکل ۳-۳ الف، همچنین اگر جریان‌ها در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرد، نیرویی بین آنها وارد می‌شود است. شکل ۳-۳ ب.

16

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.

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.

تمرین ۳-۳

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 قاعدة 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.

توجه

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 چیدمانی به شکل تصویر، که از ۲۰۰۰ دور سیم بزرگ درست شده است، جریان ۲۰۰ mA می‌گذرد (شکل تصویر). اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز چیده به دست آورید.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

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

با جایگذاری این داده‌ها در رابطه ۳-۲ داریم:

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

تمرین ۳-۵

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 به صورت تک حلقه‌ای دارای به قطر 14 cm (هنگامی که سر سر می‌ماند) می‌توان 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. چیده 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 به‌طور متوازی از خطای میدان در خارج آن است و این نشانگر ویژگی مهمی است. در داخل سیم‌لوله، خطوط میدان در داخل سیم‌لوله، بیرون از سیم‌لوله، درون سیم‌لوله از لحاظ جهت برعکس می‌آیند و این نشانگر جهت و درون 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) نشان‌دهنده میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله حامل جریان. الف) تعیین جهت میدان به کمک قانون دست راست. ب) طرح خطای میدان مغناطیسی سیم‌لوله. با استفاده از قانون دست راست.

مثال ۳-۵

اگر قطر حلقه‌های سیم‌لوله در شبیه با طول آن بسیار کوچکتر از حلقه‌های آن حلقه به هر دو یک باشد، به این سیم‌لوله سیم‌لوله آرمادی گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌لوله آرمادی در خطای دور از لحاظ یکدست است و اندازه‌اش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad (3-7) \quad (\text{سیم‌لوله آرمادی})$$

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

تمرین ۳-۶

سیم‌لوله‌ای آرمادی به طول 10 cm دارای 600 حلقه سیم‌لوله و یک به هر 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:

$$l = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad N = 600, \quad I = 800 \text{ mA} = 8 \times 10^{-2} \text{ A}, \quad B = ?$$

با این ترتیب داریم:

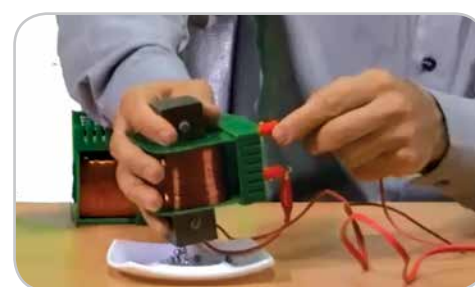
$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(600)(8 \times 10^{-2} \text{ A})}{0.1 \text{ m}} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ T} = 24 \text{ G}$$

تمرین ۳-۷

سیم‌لوله‌ای آرمادی به طول 40 cm چنان طرز می‌دهد که جریان بیش‌از حد 1.2 A می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیم‌لوله، اندازه میدان مغناطیسی درون آن دور از لحاظ 24 G می‌شود. تعداد دورهای سیم‌لوله چقدر باید باشد؟

تمرین ۳-۸

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.



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.

عنوان: ۳-۲

هر ذره باردار مواد پارامغناطیس یک آهنربای مکرر کوچک است.

مواد پارامغناطیس: اتم‌های مواد پارامغناطیس، خاصیت مغناطیسی دارند اما دو قطبی ذاتی ندارند. به آنها، به‌طور کلی، سست‌گرای اتمی و میدان مغناطیسی حاصلی ایجاد نمی‌کنند. شکل ۳-۲۲. با قرار دادن مواد پارامغناطیس درون میدان مغناطیسی خارجی قوی اندکاً نزدیک یک آهنربای قوی، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها، مانند قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به‌طور مختصری در راستای خطای میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها، دوباره به‌طور کامل‌گرای سست‌گرای می‌کنند.

به این ترتیب، می‌توان گفت مواد پارامغناطیس در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و عورت پیدا می‌کنند. ایزوپران، پلاستیک، آلومینیوم، مس، آلومین و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیس است.

شکل ۳-۲۳

یک لوله آزمایش را تا نزدیک لبه آن از لکل طبی (شکل ۳-۲۳) درجه ۹۰ بردارید. در لوله را پنبه و آن را به‌طور افقی قرار دهید. مطابق 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 گفت‌وگو بگذارید.

عنوان: ۳-۳

مواد دیامغناطیس: اتم‌های مواد دیامغناطیس، نظم‌ساز، فرد، سرب و بیسموت، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی است. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دو قطبی مغناطیسی خاصیت ندارند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیس شود. در فصل بعد با دلائل این موضوع، با تفصیل بیشتری آشنا خواهیم شد.

مواد فرورمغناطیس: نوع دیگری از مواد به نام مواد فرورمغناطیس وجود دارد که اتم‌های آنها به‌طور ذاتی دارای دو قطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این خصوصیات فرورمغناطیس است. هر یک از این مواد، در دو قطبی‌های مغناطیسی در آن مواد موجب می‌شود که این دو قطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در واحدهایی که حوزهای مغناطیسی ایجاد می‌شود، همساز شوند. توانایی این ساختار حوزهای مواد فرورمغناطیس در شکل ۳-۲۴ نشان داده شده است. درون هر حوزه، تقریباً از 10^{23} اتم وجود دارد که دو قطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها هستند.

مواد فرورمغناطیس را می‌توان از قرار دادن در یک میدان مغناطیسی آهنربا کرد. اثر میدان مغناطیسی خارجی بر حوزهای مغناطیسی باعث می‌شود که دو قطبی‌های مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد و جهت آنها به جهت میدان خارجی منطبق شود. به این ترتیب، حوزهای که نسبت به میدان هستند، همساز می‌شوند و جهتشان زیاد می‌شود. از سوی دیگر، حوزهای

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.

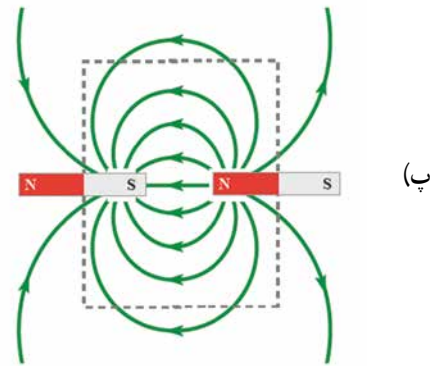
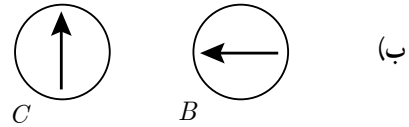
آلومینیم به عنوان یک ماده پارامغناطیس، به آرامی به طرف آهنربای قوی حرکت می‌کند.

راهنمای پاسخ یابی پرشی 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.

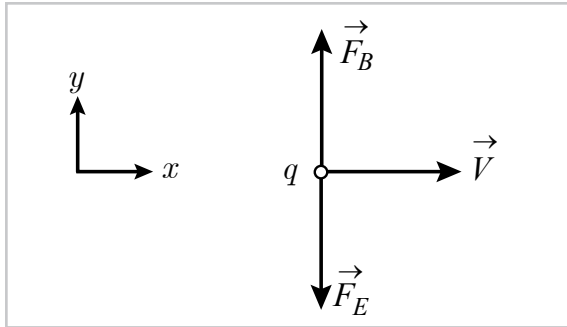
ب) به علت آنکه آهن ماده فرومغناطیس نرم است به راحتی به آهنربا تبدیل می شود و قادر خواهد بود قطعه بلعیده شده را جذب و به بیرون بکشد.

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.

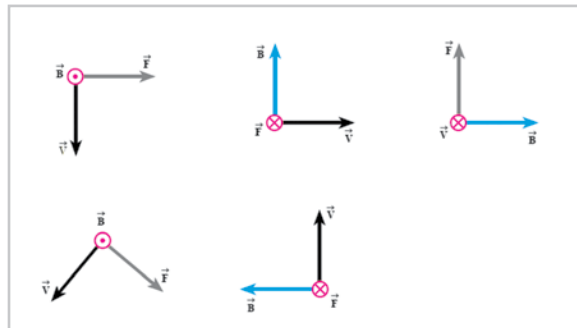
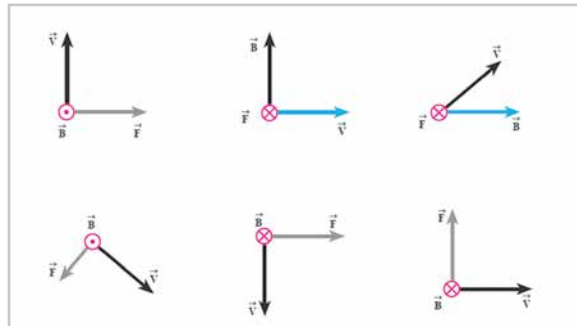
۵ با استفاده از قاعده دست راست، نوع بار هر ذره را تعیین می کنیم زیرا ذره ۱ بار مثبت، ذره های ۲ و ۴ بار منفی و ذره ۳ چون از مسیر خود منحرف نشده است، خنثی است.

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

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



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.



۸ یاد ساعتگرد

۹ $V = ۴/۴ \times ۱۰^۶ m/s, B = ۱۸ mT, \theta = ۶۰^\circ$
 (الف) $F = qvB \sin \theta = (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C) = (۴/۴ \times ۱۰^۶ m/s)$
 $\times (۱۸ \times ۱۰^{-۲} T) \sin ۶۰^\circ \approx ۲/۵ \times ۱۰^{-۱۵} N$
 (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 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.

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).

فصل سوم : مغناطیس ۴۵

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

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

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

۱۴

جهت جریان از D به C است.

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

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

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

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

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

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

۱۵

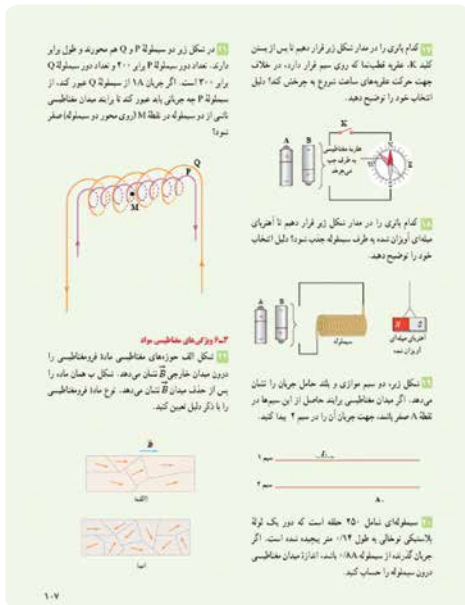
(الف)

(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.



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 باشد.

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

۲۰

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A})(250)(0.8 \text{ A})}{0.14 \text{ m}} \approx 1/8 \times 10^{-3} \text{ T}$$

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

۲۱

$$l_P = l_Q$$

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

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

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

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

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

