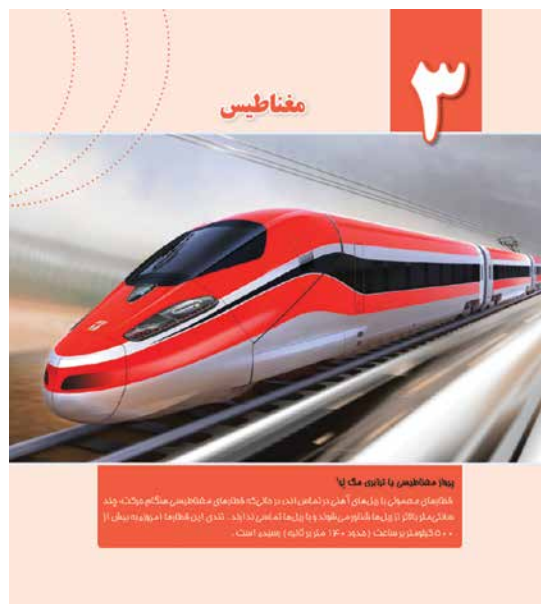


فصل سوم

مغناطیس

هدف‌های فصل

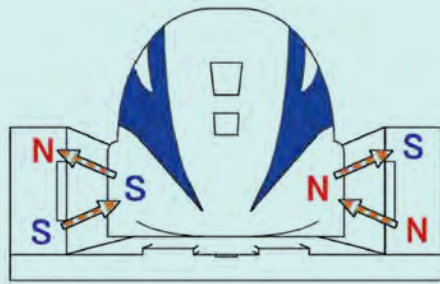
- آشنایی با مفهوم خاصیت مغناطیسی و میدان مغناطیسی، رسم و تعیین جهت خطوط میدان مغناطیسی
- آشنایی با مفهوم میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین و پدیده‌های مربوط به آن.
- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی و حل مسئله‌های مربوط به آن
- آشنایی با نیروی وارد بر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



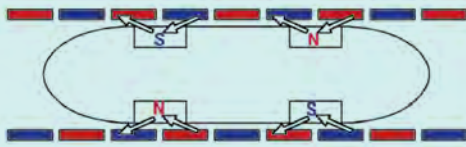
دانستنی برای معلم

قطارهای مغناطیسی

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



الف



ب

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

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

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



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

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، ریشه‌ی روزافزون دارد. فزاینده‌ترین فن-حیاط صدا و تصویر روی محیط‌های انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به بندهای سنتی شده است، با وجود این، ذخیره اطلاعات به صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیسی وابسته است. مغناطیس و آهنربا همچنین در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، جیجی‌ها، و اغلب سازه‌های متعارف اینستاگرام دارد. روش‌های آموزش نیز در تخصص بسیاری‌ها به کمک دستگاه‌های از قبیل ام‌آرآی (MRI)، پروژ فزونی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.

۱-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در کنگدای از سنگ آهن مغناطیسی شده در ژاپن دیده شده است. سنگ آهنی که نام امروزی آن مانیس و در غرب ترکیه واقع است مشاهده شد. این نگاه نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهنربای دائمی خوانده می‌شود (شکل ۱-۳). جینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۱-۳).

در علوم هشتم دیده که هرگاه آهنربای را درون ظرف محتوی ماده آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۱-۳).

روش ۱-۳

فرض کنید دو سکه کبلا مشاهده، یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. با گسترده کردن گروه خود، روشی را پیشنهاد کنید که با استفاده از آن و بدون استفاده از هیچ وسیله دیگری، بتوان مایه‌ای را که از جنس آهنرباست تشخیص کرد.

هنگامی که یک آهنربای دائمی وای چندین بار و در یک جهت به یک سوزن خطایی با سوزن تگره کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود (شکل ۱-۳). اگر این سوزن را به آرامی روی سطح آب درون ظرفی شش‌اویز کنید، با آن را توسط سیمانی از وسط آن بیاوریم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سوزن تگره به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سوزن را قطب‌نما یا قطب ۹۰ و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب ۰ می‌نامند.

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

شکل ۱-۳: وقتی یکی از قطب‌های یک آهنربای دائمی را به یک سوزن تگره که به یک جهت به یک سوزن تگره کشیده می‌شود، سوزن را برای مدتی خاصیت مغناطیسی می‌گیرد.

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 ۱-۳ 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 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

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 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 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؟

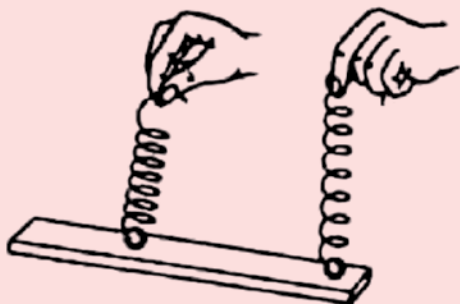
الف

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.

فعالیت پیشنهادی

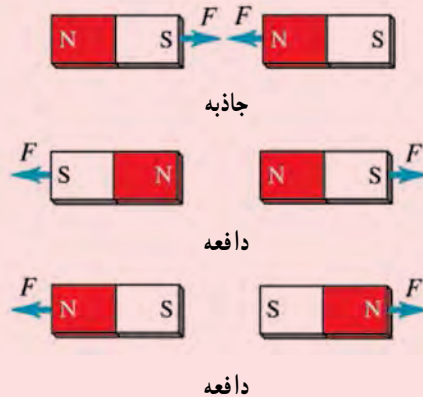


یک گوی آهنی را به یک طرف فنر ماریچی وصل کنید. این گوی را به نقطه‌ای از سطح یک آهنربا تماس دهید و سپس با کشیدن فنر آن را جدا کنید. افزایش طول فنر به هنگام جدا کردن نشانه نیروی لازم برای غلبه بر نیروی جاذبه وارد بر گوی در نقطه تماس با آهنربا است. گوی را در نقطه‌های دیگر (مثلاً در وسط آهنربا) قرار دهید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

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

پرسش پیشنهادی

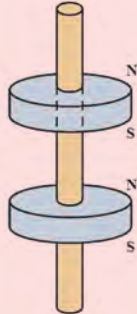
به شکل زیر به دقت نگاه کنید و آنچه را درک می‌کنید به صورت یک نقشه مفهومی بنویسید.



فعالیت پیشنهادی

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

پاسخ :



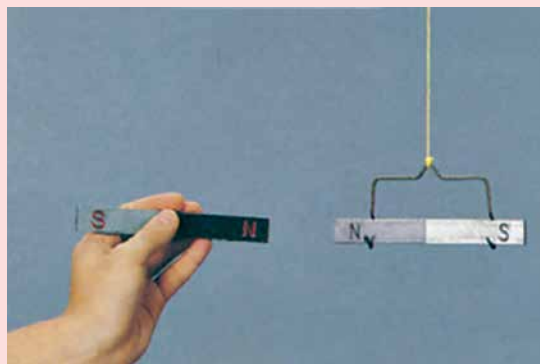
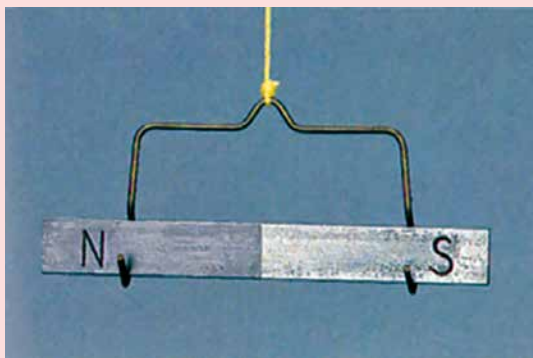
شکل ۵

- 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.



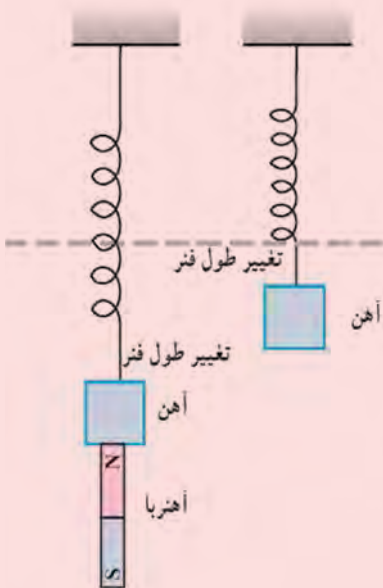
فعالیت پیشنهادی

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.



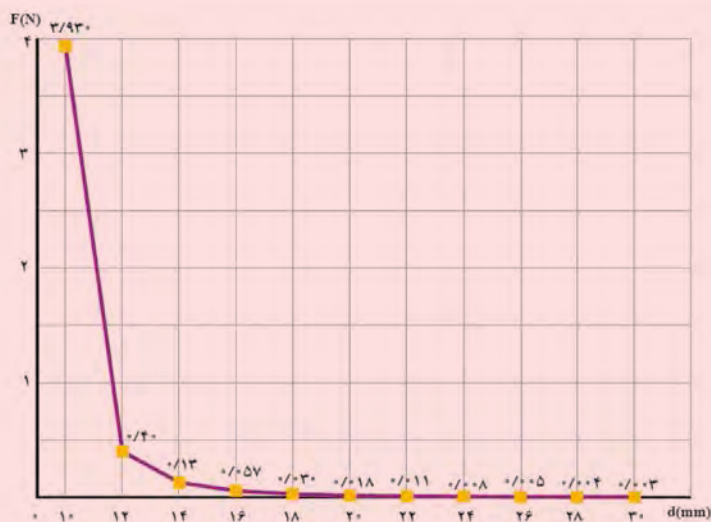
فعالیت پیشنهادی

فعالیت پیشنهادی

نیروی دافعه بین دو قطب همنام دو آهنربا بر اساس فاصله آنها از یکدیگر اندازه‌گیری شده و در جدول زیر ثبت شده است. نمودار نیروی مغناطیسی بر حسب فاصله دو قطب همنام دو آهنربا را رسم کنید (برای رسم نمودار می‌توانید از نرم‌افزار Excel استفاده کنیم)

جدول (۱)

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



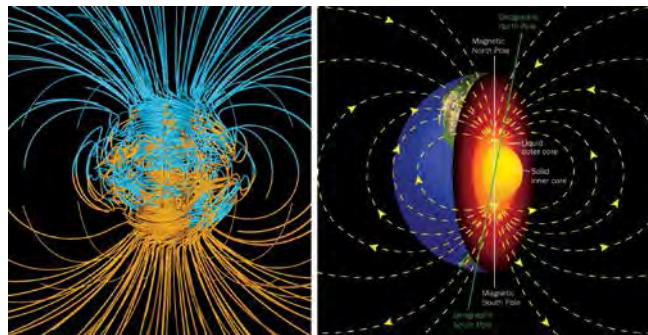
پاسخ:

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

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

میدان مغناطیسی زمین

در شکل ۳-۷ تنها مدل بسیار ساده از طرح خطوط میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین نشان داده شده است. لازم است در این قسمت به این نکته مهم اشاره شود که در مشابهت‌سازی و مدل‌سازی میدان مغناطیسی زمین با یک آهنربای میله‌ای، بسیار ساده‌سازی شده است. شکل‌های زیر مدل‌سازی کامل‌تری از خطوط میدان مغناطیسی در اطراف کره زمین را نشان می‌دهد.



توضیح در خصوص چند زاویه مغناطیسی

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

در خصوص عبارت زاویه انحراف مغناطیسی (**magnetic deviation angle**) نیز لازم به ذکر است که این عبارت تنها برای شرایطی به کار می‌رود که قطب‌نما در محلی استفاده شود که مقداری فلز در آنجا وجود داشته باشد (مانند کشتی). به دلیل برهمکنش میدان مغناطیسی زمین با فلز به کار رفته در کشتی، اندکی خطا یا انحراف در جهت‌گیری عقربه مغناطیسی و در نتیجه عددی که برای میل مغناطیسی گزارش می‌شود به وجود می‌آید.

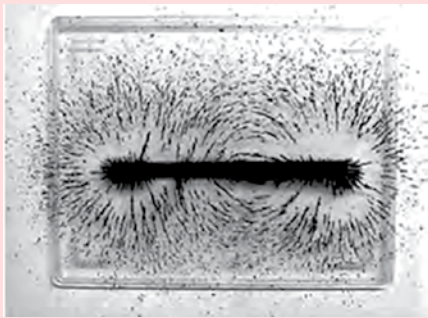
آزمایش پیشنهادی

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



میدان مغناطیسی آهنربای میله ای در سه بعد

آزمایش پیشنهادی

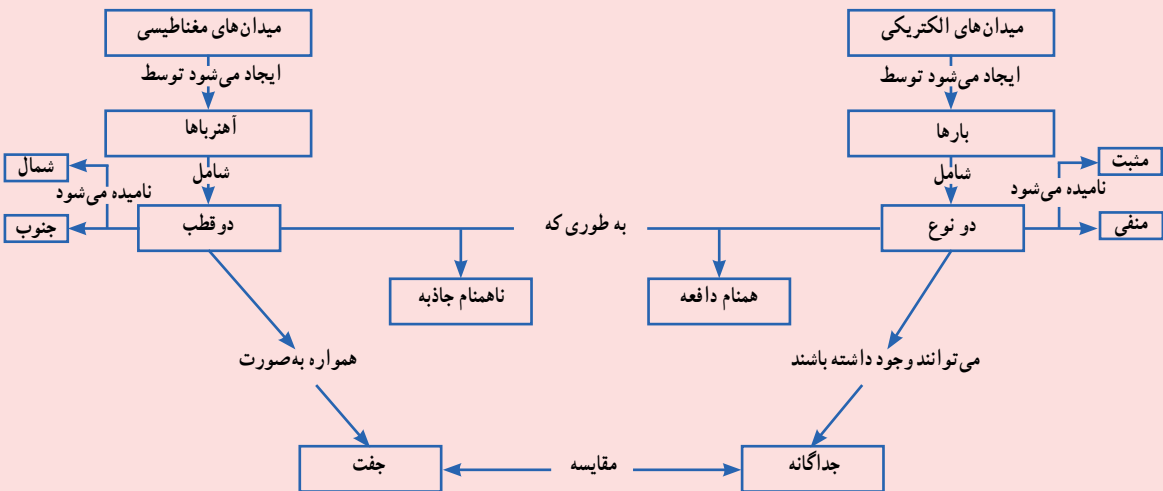


روش‌ی برای ثبت کردن طرح خط‌های میدان مغناطیسی روی کاغذ

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

فعالیت پیشنهادی

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



فعالیت ۳-۳

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

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



فصل 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 انحراف آن یا سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. با این زاویه، **شیب مغناطیسی** گفته می‌شود.

برای یافتن شیب مغناطیسی جملی که در آن زاویه می‌کند درست به وسط یک سوزن مغناطیسی شده یا قطب مغناطیسی بزرگ تخی را ببینید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک قاعده، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که انحراف سوزن یا قطب مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد بدست آمده، شیب مغناطیسی جمل زاویه شیب‌سنج است. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌تواند از آن نیز استفاده کنید.

ظرف است مغناطیسی جهت‌نشان مغناطیسی و عقابان

بسیاری از موجودات زنده از میدان مغناطیسی زمین برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. خرچشنگ خاردار کارابیه در وران میدان‌های مغناطیسی بسیار حساس است شکل افند. این جاندار یک قطب‌نمای مغناطیسی درونی دارد که تشخیص شمال جنوب شرق و غرب را برایش امکان‌پذیر می‌کند. این خرچشنگ همچنین می‌تواند تفاوت‌های کوچک در میدان مغناطیسی زمین از مکانی به مکان دیگر را حس کند و از این تفاوت‌ها در یافتن مسیر خود بهره‌مند می‌گردد.

در سال ۱۷۷۰ میلادی دانشمندان مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) هنگام بررسی باکتری‌های موجود در لجن به باکتری‌ها متوجه شدند که این باکتری‌ها دارای حس‌شناسی کوچکی در بدن خود هستند که حس‌شناسی مغناطیسی دارد. این حس‌شناسی به صورت زنجیری در یک خط قرار دارد و نتیجه با یک قطب مغناطیسی کوچک را تشکیل می‌دهد شکل ۳-۱۰ 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 همسگرا جنوبی زمین، برای رسیدن به آب‌انگور در خلاف جهت خط‌های میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرند.

میدان مغناطیسی بگنواخت هرگاه در نقاط مختلف زمین‌های از قطب جنوب و آغازاً میدان مغناطیسی بگنواخت 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 ۳-۱۱.

در صورت نیاز به سایت www.magnetism-foundation.com و در سری فیلم‌های Magnetism Instructional دست‌اندرآمدهای ۳-۳ را بررسی کنید. ۱۱ عدد را در آدرس www.magnetism-foundation.com درج کنید. سری فیلم‌ها در مورد میدان مغناطیسی را در محل زنگی خود، زمان، بزرگی، شیب مغناطیسی در ایران از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ در دسترس است و در دسترس است. www.magnetism-foundation.com

دانستی برای معلم

میدان مغناطیسی زمین

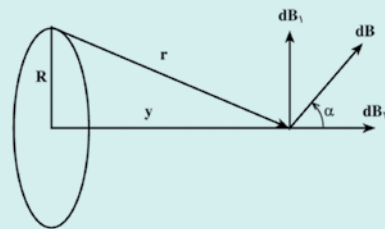
نخستین بار سر ویلیام گیلبرت عنوان کرد که زمین آهنربای بزرگی است که قطب و استوای مغناطیسی دارد. در آن زمان تصور می‌شد که میدان مغناطیسی زمین ناشی از آهنربای بزرگ درون آن است. می‌دانیم، بخش درونی زمین به‌طور عمده از نیکل و آهن مذاب تشکیل شده که دمای آن دست کم حدود ۲۲۰۰ درجه سلسیوس است و می‌تواند آزادانه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

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

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین

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

$$B = \int dB_{\tau} = \int dB \cos \alpha = \frac{\mu IR}{4\mu_0 r^3} \int dI \Rightarrow B = \frac{\mu IR^2}{2r^3}$$



اندازه شدت میدان مغناطیسی حلقه برابر است با:

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

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

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

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

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

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

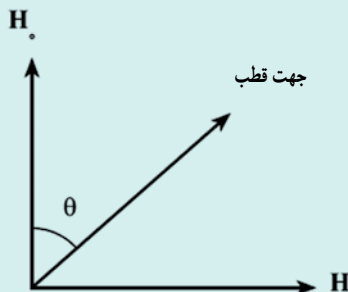
اگر عقربه مغناطیسی را طوری قرار دهیم که جهت میدان مغناطیسی زمین عمود بر میدان حاصل از سیم پیچ آن باشد، آن‌گاه طبق شکل پایین می‌توان نوشت:

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

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

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

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



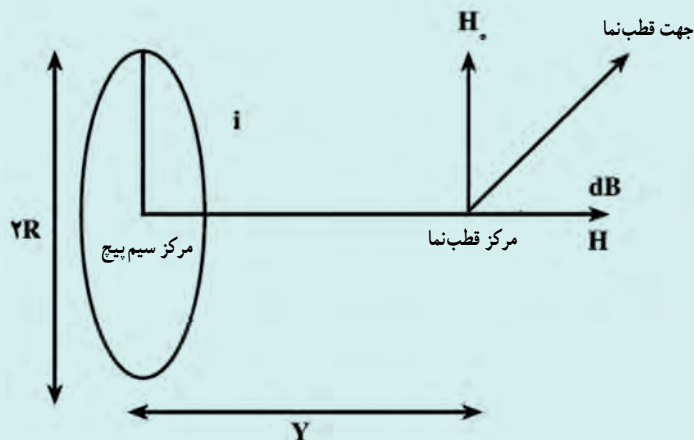
که می‌توان رابطه ۵ را به‌صورت زیر نوشت:

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

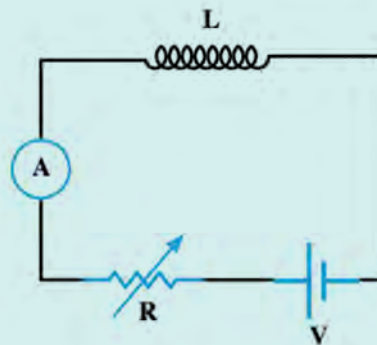
حال می‌توان نمودار I را برحسب $\text{tg } \theta$ رسم کرد. شیب خط حاصل یعنی m را اندازه گرفت و H_0 (شدت میدان مغناطیسی زمین) را به‌دست آورد:

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

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



شکل (۲)



شکل (۱)

در حالتی که جریان صفر است، باید جهت قطب‌نما در همان راستای شمال و جنوب باقی بماند. حال دامنه آمپر متر را روی 10° آمپر قرار دهید و با تغییر درجه منبع تغذیه و رثوستا، جریان‌های متفاوت را برقرار سازید و میزان انحراف عقربه را بخوانید و در جدول (۱) یادداشت کنید. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در هر مرحله، مقدار $1/10$ آمپر به جریان‌های قبلی اضافه کنید. پس از اینکه برای هشت جریان اندازه‌گیری شده زاویه θ را خواندید، برای کاهش خطای آزمایش، دوباره همان جریان‌ها را به وجود آورید و میزان انحراف را اندازه بگیرید (این کار را دو بار انجام دهید). سپس از θ ها میانگین بگیرید و نمودار I را برحسب $tg\theta$ رسم کنید و شیب آن را اندازه بگیرید.

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

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

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

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

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

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

جدول ۱

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

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در هر نقطه

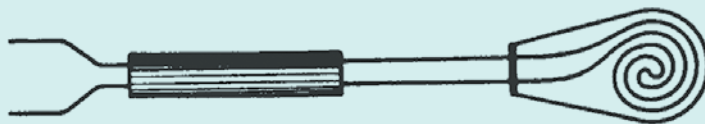
یکی از وسایل اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی، سوزن مغناطیسی است که از رشته کشسانی آویزان است و اساس کار آن شبیه ترازوی پیچشی کولن است. برای اندازه‌گیری زاویه‌های پیچش رشته صفحه مدرجی در بالا به آن نصب شده است و محل نوک‌های سوزن با کمک درجه‌ها روی استوانه بیرونی معین می‌شود. در این دستگاه سوزن فقط وقتی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

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

ساخت این نوع 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 مغناطیس‌سنج‌های دینامیکی برای اندازه‌گیری میدان‌های ضعیفی نظیر میدان مغناطیسی زمین با موفقیت به کار رفته‌اند.

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



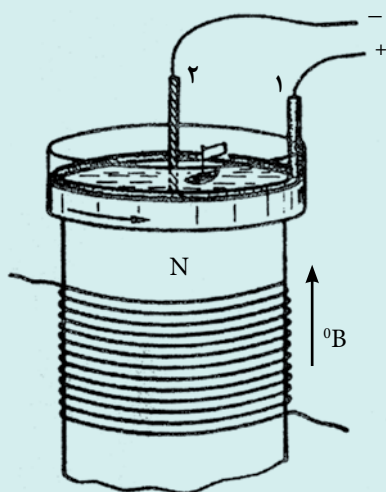
مارییج بیسموت

آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک

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

حرکت می‌کنند. بر این اساس طرح آزمایشی به شرح زیر تنظیم شده است.

الف) وسایل آزمایش:



۱ منبع تغذیه، صفر تا ۲۴ ولتی dc و سیم‌های رابط

۲ سیم پیچ، حداقل 80° الی 120° دور همراه با هسته آهنی مناسب

۳ یک ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای شکل به ارتفاع تقریبی ۵cm و

قطر ۱۰cm

۴ میله‌های فلزی رسانا که به انتهای یکی از آن دو یک حلقه رسانا به

قطر تقریبی ۸cm لحیم شده باشد.

۵ پایه، گیره، میله رابط

۶ کات کبود یا سولفات مس ($CuSO_4$) محلول در آب با غلظت

مناسب

ب) دستور کار

۱ ابتدا محلول $CuSO_4$ (کات کبود) با غلظت مناسب تهیه و در ظرف شیشه‌ای می‌ریزیم.

۲ هسته آهنی را درون سیم پیچ قرار می‌دهیم و سیم پیچ را به منبع تغذیه dc متصل می‌کنیم (با تماس یک قطعه فلزی به هسته آهنی، میدان مغناطیسی را آزمایش می‌کنیم و در صورت نیاز آن را تقویت می‌کنیم).

۳ ظرف شیشه‌ای محتوی محلول را مطابق شکل روی سطح هسته آهنی و سیم پیچ قرار داده و دو میله فلزی را با گیره درون

ظرف قرار می‌دهیم و آن را به دو قطب مثبت و منفی منبع تغذیه dc وصل می‌کنیم (کاتد و آند)

۴ پس از اطمینان از کامل شدن طرح و صحت مدار منبع را به برق شهر متصل و آزمایش را شروع می‌کنیم (اتصال دو میله فلزی درون محلول بایستی به طور موازی با اتصال دو سر سیم پیچ به منبع تغذیه متصل و در صورت لزوم در مسیر هر کدام یک

مقاومت متغیر (رئوستا) قرار گیرد تا جریان ورودی برای هر قسمت کنترل و قابل تغییر باشد).

ب) موارد بررسی

۱ مشاهده چرخش محلول الکترولیت در ظرف شیشه‌ای و توجیه علت چرخش. مطابق شکل بالا به دلیل حلقوی بودن

کاتد-حرکت بارها در راستای شعاع این حلقه خواهد بود و چون جهت میدان عمود بر سطح دایره این حلقه است، جهت اعمال

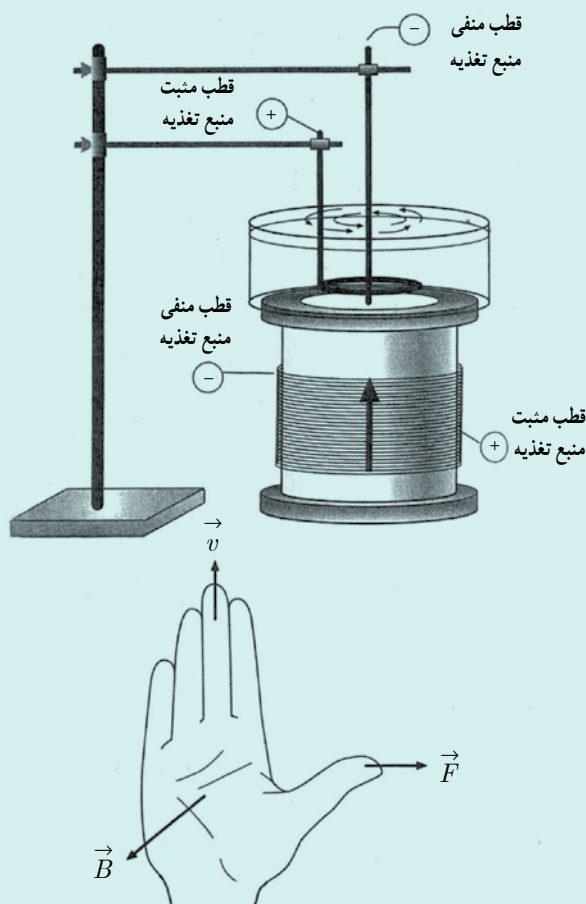
نیرو به صورت مماس بر دایره است و مجموعه این نیروها باعث چرخش می شود. (برای مشاهده بهتر چرخش، تعدادی قایق کاغذی کوچک بر سطح محلول شناور کنید)

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

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

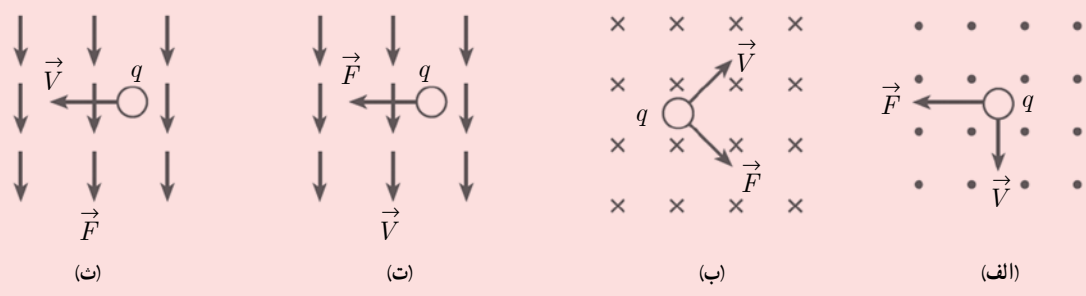
۴ با استفاده از حلقه‌های ورودی جریان، با شعاع‌های مختلف می توان فاصله‌های کاتد و آند را کم و زیاد کنیم و در نتیجه سرعت واکنش را تغییر دهیم و نقش آن را در بزرگی F بررسی می کنیم.

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

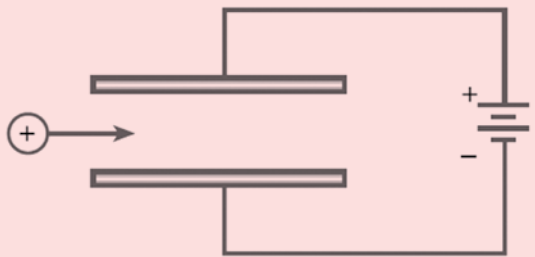


پرسش پیشنهادی

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

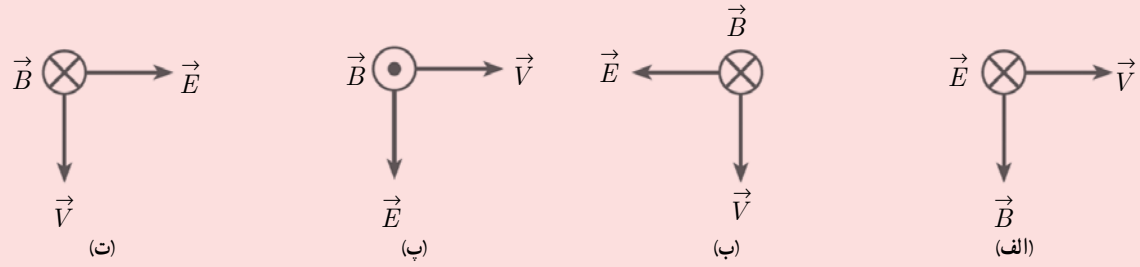


۲ یون مثبتی مطابق شکل روبه‌رو به فضای بین صفحه‌های خازن مسطحی پرتاب می‌شود.



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

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



سلا کبک بزرگی است و در برخی موارد از کبک اصلی (S) کوچکتری به نام گوس (G) نام دارد. استاندارد می‌کند که طوری که داریم $1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$ ، اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطبها بین 40G و 60G و در استوا کمترین 10G است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آفریقای صحرای کوچک حدود 10^{-1} تا 10^{-2} تسلا است. همین بزرگترین میدان مغناطیسی معلوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود 10^5 تسلا است.



تاریخچه: در سال ۱۸۲۰ میلادی، الکتریکیت و مغناطیسیت را در کنار هم قرار دادند و نامی برای سیم‌کش کردن یک سیم را در کنار یک سیم قرار دادند. در یک آزمایش، یک سیم را در یک سیم‌کش قرار دادند و مشاهده کردند که سیم‌کش را از حالت عمودی خارج کرد. این آزمایش نشان داد که جریان الکتریکی می‌تواند یک میدان مغناطیسی ایجاد کند.

مثال ۱-۳
 ذراتی با بار $q = 2 \times 10^{-16}\text{C}$ و $v = 10^6\text{m/s}$ در جهت حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکجانشین $B = 0.1\text{T}$ موازی است. نیروی مغناطیسی وارده بر آن ذره را حساب کنید.
 پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:
 $q = 2 \times 10^{-16}\text{C}$ ، $v = 10^6\text{m/s}$ ، $B = 0.1\text{T}$
 با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۱ داریم:
 $F = qvB \sin\theta$
 $F = (2 \times 10^{-16}\text{C})(10^6\text{m/s})(0.1\text{T}) \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-11}\text{N}$

نویس
 ۱- بر روی یک ذره بار $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ در جهت حرکت است. نیروی وارده بر آن ذره را حساب کنید. در جهت حرکت است. $B = 0.1\text{T}$ موازی است. $v = 10^6\text{m/s}$ و $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ است.
 در میدان مغناطیسی یکجانشین $B = 0.1\text{T}$ موازی است. $v = 10^6\text{m/s}$ و $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ است.
 شکل رویی: اندازه نیروی وارده بر ذره را حساب کنید.

توجه
 الکتریکی صورت و میدان مغناطیسی یکجانشین در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان \vec{B} کدام است؟
 راست رو به بالا رو به پایین چپ

تمرین ۱-۳

$\theta = 30^\circ$, $B = 32^\circ\text{G} = 3/2^\circ \times 10^{-2}\text{T}$ ۱

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

$F = qvB \sin\theta$

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

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

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

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 سواست.

قوه استاتیکی ایجاد می‌کند. کبک‌های آهنی پودر آهن در بیرون از خود زمین، ذراتی باردار بسیار با شکل‌های بسیار زیادی در حرکتند. این ذرات، سیم را که معمولاً از جنس روغری، هسته از جنس آلومینا و کربن هستند و نوعی کبک می‌باشد. این روغری از جنس آلومینا و کربن است و برای رساندن الکتریسیته و دفع انرژی به سطح زمین، خنک‌کننده بیشتر این روغری باردار توسط میدان مغناطیسی زمین متحرک می‌شود و مانع از اسپرسانی به موجودات و سازه‌های روی زمین می‌شود. ذرات باردار که در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتند، کبک‌های ناشی از آن را تشکیل می‌دهند. شکل کبک.

این کبک‌ها در سال ۱۸۵۹ میلادی توسط دانشمندی به نام کریستین بوشه نام از اکتشافات کشف شد و نام کبک‌های آن (۱۹۱۲-۲۰۰۹) یکی از کشفیات آن بارگذاری شد. اکتشافات در فضاها این بسیار اولین بار از این کبک‌های ناشی از زمین می‌گردد. هرگز توان‌های خورشیدی، ذراتی باردار را با صورت فلورهای طبیعی برانگیزد. بسیاری از آنها از زمین زمین می‌گذرد و در کبک‌ها و آن‌ها به دام می‌افتند. تعلق قطب‌های شمالی (جنوبی) این ذرات است که با یک روغری، ذراتی باردار می‌شود. در کبک‌ها و آن‌ها از شکل‌های پودر زمین می‌شود و به شکل کبک.

۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان
 جریانی الکتریکی از راهی هسته که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها نظیر جاروی برقی، نوار برقی، آسیاب برقی، ماشین لیفتینگ، پنکه و... را تشکیل می‌دهد. شکل ۳-۳۱ هر سیم از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می‌دهد که در علوم سیم‌ها هم نام دارند. این سیم‌ها را می‌توانیم به یک موتور الکتریکی کارگزار در موتور سیم‌ها نام بگذاریم. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کارگزار؟




شکل ۳-۳۱ هر سیم از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می‌دهد که در علوم سیم‌ها هم نام دارند. این سیم‌ها را می‌توانیم به یک موتور الکتریکی کارگزار در موتور سیم‌ها نام بگذاریم. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کارگزار؟

۴-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حاوی جریان



عواملی که اثر می‌کند بر نیروی مغناطیسی وارده بر سیم راست‌رسانای 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 از سیم رسانای که در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای قرار دارد، زاویه‌ای را که اندام سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان دادیم (شکل ۳-۳).

پرسش ۳-۳: اگر در شکل ۳-۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارده بر آن چقدر خواهد بود؟

پاسخ: یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکگوشه‌ای به بزرگی 4×10^{-4} در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 40° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم 2 A باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارده بر 1 m از این سیم را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرمول مسئله داریم:

$$B = 4 \times 10^{-4} \text{ T}, \theta = 40^\circ, I = 2 \text{ A}, l = 1 \text{ m}$$

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

$$F = I l B \sin \theta = (2 \text{ A})(1 \text{ m})(4 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 40^\circ = 0.5 \text{ N}$$

تمرین ۳-۲: سیم مستطیلی به طول 1 m حامل جریان 10 A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 0.5 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارده بر این سیم را تعیین کنید.

پاسخ: ابتدا مغناطیس زمین را در دستمال

آزمایشی را طوری کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارده بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اطمینان از آزمایش می‌توانید از بازوی‌های جیجبال آزمایشی با دقت 0.1 g استفاده کنید.

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



تمرین ۳-۲

$l = 1 \text{ m}, I = 10 \text{ A}, B = 0.5 \text{ G}, \theta = 90^\circ$

$$F = I l B \sin \theta = (10 \text{ A})(1 \text{ m})(0.5 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 90^\circ$$

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

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 وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان \vec{B} بیشینه است.

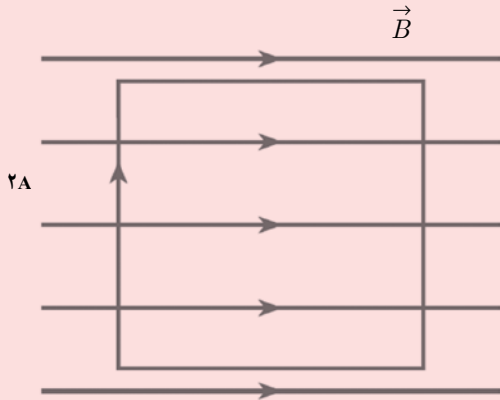
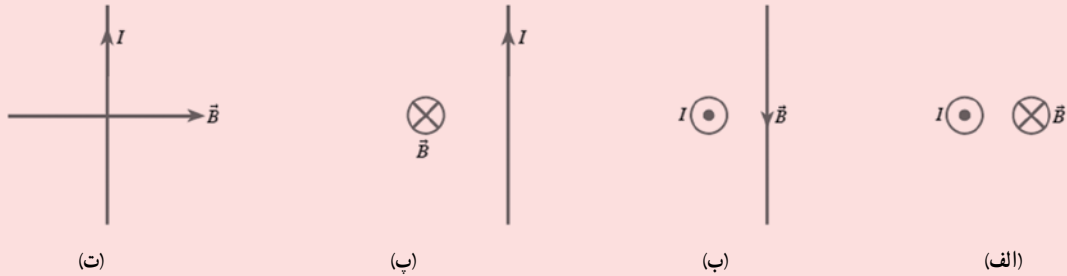
فعالیت ۳-۴

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



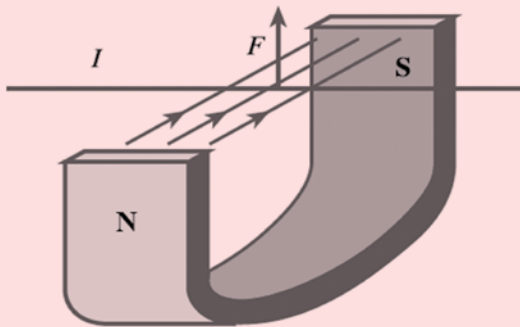
پرسش پیشنهادی

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



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

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



آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی اثر مغناطیس بر جریان الکتریکی و (آزمایش اوجیستا)

وسایلهای مورد نیاز: باتری، سیم مسی، سیم مسی، صفحه مسی، مغناطیس قطبشده، روغن و سیم رابط

شرح آزمایش:

سیم مسی را از صفحه مسی بکنار آن برداریم تا آن مدار مسطحی شکل رو به رو تشکیل دهیم.

مایل از برفری جریان الکتریکی، قطب مغناطیس را در مجاورت سیم روی طوطی قرار دهیم و به راستی قرارگرفتن آن توجه کنید.

با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهیم و به جهت گری قطب مغناطیس توجه کنید.

مغناطیس را در قطبهای مختلف روی طوطی قرار دهیم و جهت آن را بررسی کنید.

با توجه به جهت گری طوطی در نقاط مختلف مسطحه مسی، چند خط میدان مغناطیس را رسم کنید.

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

با کمک چند باتری دیگر یا تغییر طول سیم روغن تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریانی چه تأثیری بر نتیجه آزمایش دارد؟

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

با انجام این آزمایش می بینید که خطهای میدان مغناطیس حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل ۳-۳ به صورت دایره های هم مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خطهای میدان مغناطیس سیم مستقیم حامل جریان را می توان به کمک قطب مغناطیس همین گونه، علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست نیز می توان این جهت را تعیین کرد. مطابق این قاعده، اگر سیم را در دست راست خود بگیریم، به گونه ای که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت سیم چهار انگشت دست شما جهت خطهای میدان مغناطیس را در اطراف سیم نشان می دهد.

توجه: جهت میدان مغناطیس در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می دهد. در اینجا با ۳ سیم، جهت میدان مغناطیس درون سیم و در خارج از آن را بررسی می کنیم. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

↑	↑	↑	↑	↑	↑
→	→	→	→	→	→
↓	↓	↓	↓	↓	↓
←	←	←	←	←	←

پرسش ۳-۶

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

پرسش ۳-۷

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

توجه: جهت میدان مغناطیس برآیند (محصی) را با قاعده دست راست می توانیم بررسی کنیم. موازی با دست حمل جریان را بر هر یک از قطبهای a و b، پدما کنید. قطبها بر فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.

توجه: در \vec{B} بر فاصله مساوی از دو سیم حامل جریان، یک نام یکنواختی زمانه بین آنشان به طور الکتریکی تعریف می شود. جریانهای الکتریکی ضعیف در بین میدانهای مغناطیس ضعیف و قابل نادانگیزی تولید می کنند. اندازه میدانهای حاصل از خطهای الکتریکی کوچکتر از 10^{-12} حتی در حدود یک میلیون میدان مغناطیس زمین است. میدانهای مغناطیس حاصل از نظر سیم حاملها در حدود 10^{-4} هستند و برای نادانگیزی آنها باید مغناطیسهای بسیار حساس به کار رود. در حال حاضر، چنین مغناطیسهایی به نام اسکوپها شناخته شده اند. شکل رویو یک دستگاه اسکوپ را نشان می دهد که در حال نادانگیزی میدان مغناطیس تولید شده در نظر است.

تئوری بین سیمهای موازی حامل جریان ۱ در آزمایش آورده شده، دریم که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان، میدان مغناطیس وجود دارد. همچنین در بخش ۳-۳ با تئوری مغناطیس وارد بر سیم حامل آشنا شدیم. حال فرض کنید برای تولید میدان مغناطیس به جای آنکه سیم حامل جریان استفاده کنید، اگر سیم حامل جریان دیگری را در نزدیکی این سیم قرار دهیم، آیا تئوری آن در این مورد نیز آزمایش نشان می دهد که پاسخ این پرسش مثبت است. به طوری که اگر جریانهای در یک جهت از دو سیم موازی بگذرد، تئوری بین آنها وابستگی است. شکل ۳-۳ الف، همچنین اگر جریانهای در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرد، تئوری بین آنها وابستگی است. شکل ۳-۳ ب.

پرسش ۳-۷

انتظار می رود با توجه به مفهوم میدان و خطوط میدان، دانش آموزان در پاسخ به این پرسش به موارد زیر اشاره کنند:

شکل الف) خطوط میدان مماس بر مسیر میدان هستند و در فاصله مساوی از سیم حامل جریان، اندازه میدان \vec{B} ثابت است ولی جهت آن تغییر می کند. با افزایش فاصله از سیم حامل جریان، اندازه میدان \vec{B} نیز کاهش می یابد.

شکل ب) در این شکل به نوعی دیگر، کاهش اندازه میدان \vec{B} با افزایش فاصله از سیم حامل جریان نشان داده شده است و افزایش فاصله بین خطوط میدان دایروی، نیز به همین نکته اشاره دارد.

تمرین ۳-۳

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

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

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

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

پرسش ۳-۸

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

توجه

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.

شکل ۳-۱۶: میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان در یک نقطه a ، b و c . در این شکل، جهت جریان در هر دو سیم به سمت بالا است. خطوط میدان مغناطیسی حاصل از هر دو سیم در نقطه a (بین سیم‌ها) به سمت بیرون سو است. در نقطه b (بالای سیم بالایی و پایین سیم پایینی)، میدان‌ها در جهت مخالف هستند و در نقطه c (پایین سیم پایینی)، میدان‌ها در جهت یکسان هستند.

شکل ۳-۱۷: نحوه کار بلندگو. در این شکل، یک سیم‌پیچ در یک میدان مغناطیسی دائم قرار دارد. با تغییر جهت جریان در سیم‌پیچ، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن نیز تغییر می‌کند و باعث حرکت رفت و برگشتی آن می‌شود. این حرکت باعث ارتعاش دیافراگم و تولید امواج صوتی می‌گردد.

شکل ۳-۱۸: نحوه کار بلندگو با استفاده از قاعده دست راست. جهت جریان در سیم‌پیچ را با انگشتان دست راست مشخص می‌کنیم. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌پیچ با انگشت بیانیست. جهت حرکت سیم‌پیچ با انگشت میانیست.

شکل ۳-۱۹: نحوه کار بلندگو با استفاده از قاعده دست چپ. جهت جریان در سیم‌پیچ را با انگشتان دست چپ مشخص می‌کنیم. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌پیچ با انگشت بیانیست. جهت حرکت سیم‌پیچ با انگشت میانیست.

تمرین ۳-۴

$$B = 3 \times 10^{-4} \text{ T} \quad G = 3 \times 10^{-12} \text{ T}$$

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

$$I = ?$$

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

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

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

تمرین ۳-۵

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

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

$$N = ?$$

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

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

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

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.

تمرین ۳-۴

از یک سیم مستقیم به شعاع $R=8\text{cm}$ که از 2000 دور سیم بزرگ درست شده است. جریان $I=2\text{mA}$ می‌گذرد (شکل زیر). اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز سیم به سمت راست.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

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

با جایگزینی این داده‌ها در رابطه داریم:

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

تمرین ۳-۵

اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $2 \times 10^{-4} \text{ T}$ اندازه‌گیری شده است. اگرچه جریان‌های در آن معانی را بوجود می‌آورد، بسیار جده‌اند، ولی با در نظر گرفتن آن جریان‌ها به صورت یک حلقه از دارایی به قطر 14cm (هنگامی که سر عوضی می‌تواند متحرک از یک میدان مغناطیسی را بشکند) زود. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌واره حلقه‌ای جریان I سیم‌واره، سیم‌واره‌ای است که به صورت مارپیچی باشد. چیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیم‌واره، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی بوجود می‌آید. طرح خطای میدان مغناطیسی یک سیم‌واره حلقه‌ای جریان الکتریکی در شکل ۳-۳ الف و ب نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، خطای میدان داخل سیم‌واره به سمت مرکز آن خطای میدان در خارج آن است و این شاکل بزرگتر و کوچکتر در داخل سیم‌واره است. از این رو، خطای میدان در داخل سیم‌واره، به دور در فضای بیرون از حلقه‌ای آن قرار می‌گیرد و به بیرون است و این شاکل کوچک‌تر است و در میدان مغناطیسی بیرون سیم‌واره است. جهت میدان مغناطیسی سیم‌واره، به کمک قانون دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۳ الف) خطای میدان مغناطیسی یک سیم‌واره حلقه‌ای. ب) تعیین جهت میدان مغناطیسی با استفاده از قانون دست راست.

اگر قطر حلقه‌های سیم‌واره در شبیه با طول آن بسیار کوچک و حلقه‌های آن خیلی به هم نزدیک باشند، به آن سیم‌واره سیم‌واره آریال گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌واره آریالی در خطای دور از حلقه بکوش است و اندازه‌ای از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 I}{r} \quad (\text{سیم‌واره آریالی}) \quad (3-7)$$

در این رابطه، r جریان عبوری، I طول سیم‌واره، l تعداد دورهای سیم‌واره و r فاصله از مرکز سیم‌واره و برای $r = A$ می‌شود.

تمرین ۳-۴

سیم‌واره‌ای آریالی به طول 10cm دارای 2000 دور است. اگر جریان $I=2\text{mA}$ از سیم‌واره بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در خطای بیرون سیم‌واره و دور از حلقه‌های آن پیدا کنید.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$l = 10\text{cm} = 0.1\text{m}, \quad I = 2 \times 10^{-3} \text{ A}, \quad B = ?$$

با این فرضیه داریم:

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

تمرین ۳-۵

سیم‌واره‌ای آریالی به طول 14cm چنان طراحی شده است که جریان بیشتیای شدت $1/2 \text{ A}$ می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیم‌واره، اندازه میدان مغناطیسی بیرون آن و دور از حلقه 7cm می‌شود. تعداد دورهای سیم‌واره چقدر باید باشد؟

پاسخ: آزمایش را طراحی و انجام دهید که به کمک آن بتوان با استفاده از داده‌ها، طرح خطای میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم‌واره حلقه‌ای، یک حلقه دارایی شکل پیدا و یک سیم‌واره حلقه‌ای شکل پیدا کرد.




مثال ۱-۳-۱: میدان مغناطیسی یک سیم مستقیم حامل جریان

تفاهیم: خازن وای اشیاء از وی با سلسله الکتریکی، اساس کار دستگاه های رفع لرناس است که برای رفع بار از زمین خالی افراد دچار حساسیتی به لرناس می شود. در این سیماری اساساً و القای الکترومغناطیسی است که در این سیماری، سیم مستقیم حامل جریان را با سیماری یک لرناس می توانیم با سلسله حدود ۱۰۰۰ ولت بر روی سیم مستقیم حامل جریان را از طریق لرناس سیم مستقیم قرار داد، می توانیم سلسله های از لرناس می توانیم خود را از طریق لرناس و سیم از آن با کمک سلسله و طیفی خود به کار اندازیم. اگر ظرفیت خازن این دستگاه ۱۰۰۰ فاراد باشد و ولت ۱۰۰۰ شارژ شود و سپس تمام انرژی آن از طریق لرناس ها به زمین منتقل می شود.

الف) سیم مستقیم حامل جریان را با سیم مستقیم حامل جریان از زمین سیم مستقیم قرار داد، این انرژی را می توانیم به زمین منتقل کنیم. در این سیماری، سیم مستقیم حامل جریان را با سیم مستقیم حامل جریان از زمین سیم مستقیم قرار داد، این انرژی را می توانیم به زمین منتقل کنیم.

$$E = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} (1000) (1000)^2 = 500,000,000 \text{ J}$$

$$Q = C V = 1000 \times 1000 = 1,000,000 \text{ C}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1,000,000}{1} = 1,000,000 \text{ A}$$

۱-۳-۱: بار الکتریکی، پلاستیکی و رساننده بودن بار

چگونه می توانیم بار الکتریکی را از یک جسم رساننده به یک جسم پلاستیکی منتقل کنیم؟

بار الکتریکی را می توانیم از یک جسم رساننده به یک جسم پلاستیکی منتقل کنیم. در این سیماری، سیم مستقیم حامل جریان را با سیم مستقیم حامل جریان از زمین سیم مستقیم قرار داد، این انرژی را می توانیم به زمین منتقل کنیم.

بار الکتریکی را می توانیم از یک جسم رساننده به یک جسم پلاستیکی منتقل کنیم. در این سیماری، سیم مستقیم حامل جریان را با سیم مستقیم حامل جریان از زمین سیم مستقیم قرار داد، این انرژی را می توانیم به زمین منتقل کنیم.

۳-۶ ویژگی های مغناطیسی مواد

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

توجه

تقسیم بندی از لحاظ مغناطیسی، با توجه به چگونگی وجود آنها در طبیعت انجام می شود. 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 می شود. به همین دلیل هیدروژن جزو مواد دیامغناطیس رده بندی می شود.

۳-۳: آهنربای الکتریکی

سیموله با هسته آهن - آهنربای الکتریکی، شکل ۳-۳-۱ الف: سیموله ای با یک هسته آهنی از نشان می دهد. وقتی جریان در سیموله برقرار می شود، میدان مغناطیسی سیموله، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می کند و هسته آهنی، آهنربا می شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می نامند. آهنربای الکتریکی مستقیم الکتریکی ۳-۳-۱ ب: سیموله ای حامل جریان است که تعداد دو سیم دارای بار و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله های فولادی و دیگر کُرنه های آهن را به بند کند. هر چه تعداد دورهای سیموله و جریانی که از آن می گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی تر خواهد بود. وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیموله می شود. میدان مغناطیسی سیموله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کارهای کمی دارد.

۳-۳-۲: ویژگی های مغناطیسی مواد

وقار آهنربای دائمی، نوعی مغناطیسی است که در طبیعت یافت می شود. در این سیماری، سیم مستقیم حامل جریان را با سیم مستقیم حامل جریان از زمین سیم مستقیم قرار داد، این انرژی را می توانیم به زمین منتقل کنیم.

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.

گفتگوی آنها در راستای میدان هستند، گر نبود، در این فرآیند، میزان بیشتر حوزه‌ها چاه‌ها می‌نمود، و داده‌ها ثابت آهنی‌ها می‌ماند. شکل ۲۳-۸ یک داده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل ۲۳-۹ در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی نشان می‌دهد.

اینکه میدان مغناطیسی در جهت راستی است، از میدان مغناطیسی در جهت چپ است.

میزان مغناطیسی خارجی ضعیف، اندازه فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

حوزه‌های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کنند و داده‌ها ثابت آهنی می‌نمودند و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنی خود را بازمی‌گرداند. این مواد را **مغناطیسی نرم** می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته‌های ترانسفورماتورها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرم را می‌توان آهن‌های نیکلی که آهن‌های غیرآهنی نیز شامل آن‌ها می‌شود، آهنی، مواد دیگر مانند فولاد آهنی به اضافه ۱ درصد کربن، آلومینیوم، آهن، گالوانیوم و نیکل به سختی آهنی می‌شود؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حوضه‌ها در آنها به سختی تغییر می‌کنند. این مواد را **مغناطیسی سخت** می‌نامند. در این مواد، هسته‌های فرومغناطیسی حوضه‌ها پس از حذف میدان خارجی، ماندگار مغناطیسی سخت، خاصیت آهنی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کنند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهن‌های دائمی مناسب است. برای خاصیت آهنی هر ماده فرومغناطیسی، مقدار انبساط یا انقباض آن وجود دارد. این خاصیت هنگامی وجود دارد که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که در حدود ۹۵٪ از دولتی‌های مغناطیسی حوضه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌نمودند. به عبارت دیگر، حوضه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به پشت‌هم کنار خود می‌روند.

دولتی‌های مغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که در حدود ۹۵٪ از دولتی‌های مغناطیسی حوضه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌نمودند. به عبارت دیگر، حوضه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به پشت‌هم کنار خود می‌روند.

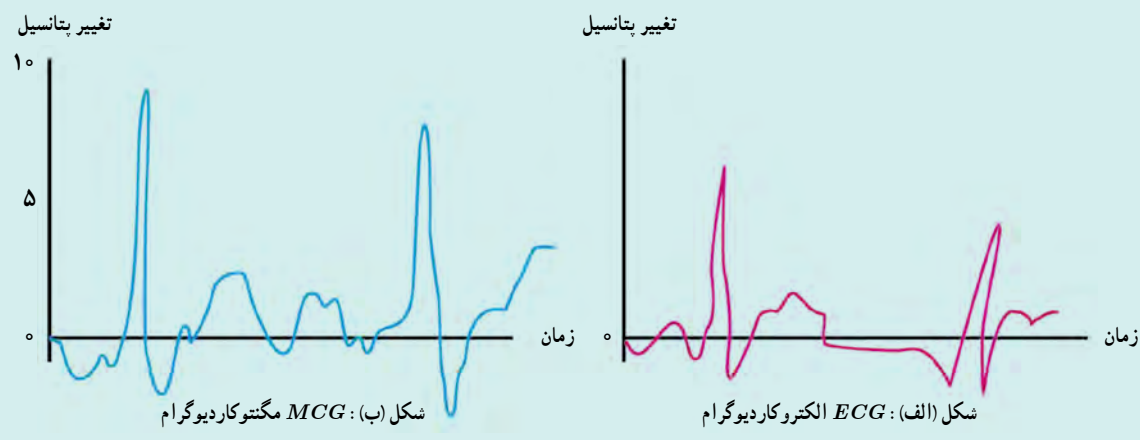
دولتی‌های مغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که در حدود ۹۵٪ از دولتی‌های مغناطیسی حوضه‌ها به موازات یکدیگر جهت‌نمودند. به عبارت دیگر، حوضه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به پشت‌هم کنار خود می‌روند.

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

دانستنی برای معلم

میدان‌های مغناطیسی بدن انسان

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



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

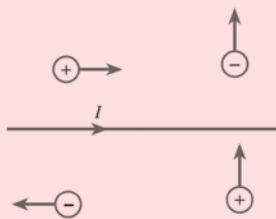
جریان نسبتاً زیاد قلب، میدان مغناطیسی تقریبی 1×10^{-6} گاوس را در اطراف قفسه سینه به‌وجود می‌آورد و جریان‌های ضعیف در مغز، میدان مغناطیسی تقریبی 3×10^{-8} گاوس را در اطراف سر تولید می‌کنند. این میدان‌ها از میدان مغناطیسی زمین ($5/0$ گاوس) یا حتی از میدان‌های مربوط به جریان‌های سیم‌های برق در منازل (5×10^{-2} 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.

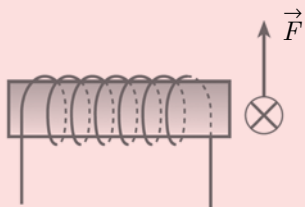
اندازه‌گیری به وسیله الکتروکاردیوگرام یا مگنتو کاردیوگرام MCG از اندازه‌گیری با الکتروآنسفالوگرام یا مگنتوآنسفالوگرام MEG بسیار راحت‌تر است. زیرا میدان مغناطیسی مغز بسیار ضعیف‌تر از میدان مغناطیسی قلب است. انتظار می‌رود که روش‌های آشکارسازی میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف، به تدریج کامل شوند و دریچه کاملاً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

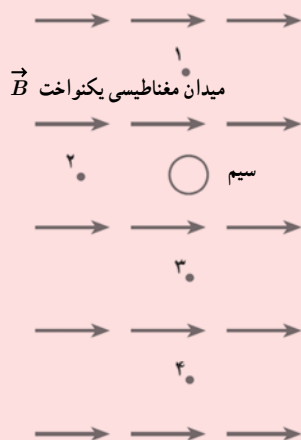
پرسی های پیشنهادی

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



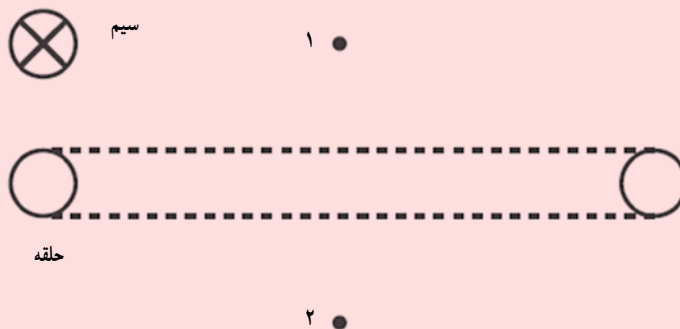
۲ جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریانی که در نزدیکی سیم‌لوله‌ای قرار دارد مطابق شکل زیر است. جهت جریان را در سیم‌لوله تعیین کنید.





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

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



دانستنی برای معلم

مواد مغناطیسی

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

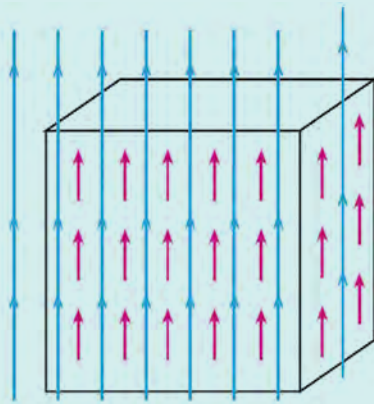
الف) گشتاور اسپینی

ب) گشتاور مداری الکترون‌ها

ج) گشتاور القایی ناشی از میدان مغناطیسی خارجی

دو مورد اول در خاصیت پارا، فرو، پادفرو و فری مغناطیسی مواد نقش اساسی دارد و مورد سوم در خاصیت دیامغناطیسی مواد.

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



یک ماده پارامغناطیس در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی قوی.

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

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

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

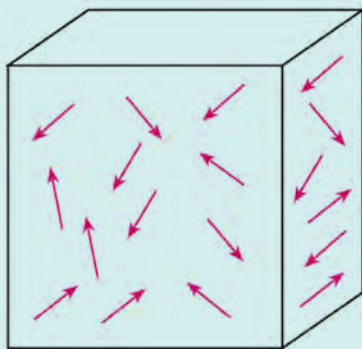
ج) اگر این مواد در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، علاوه بر القای یک گشتاور مغناطیسی در اتم‌های آنها (پدیده دیامغناطیس)، تعدادی از گشتاورهای مغناطیسی دائم اتم‌ها در جهت میدان قرار می‌گیرند به طوری که با افزایش شدت میدان تعداد بیشتری از آنها با میدان هم‌راستا می‌شوند.

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

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

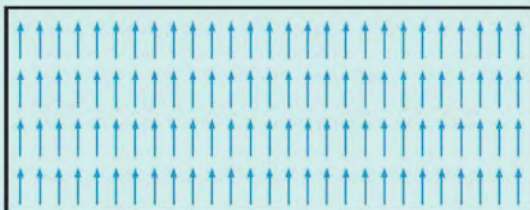
۳) **فرو، پادفرو و فری مغناطیس** : اگر برهم کنش و نیروی تبادلی بین

گشتاورهای مغناطیسی (ناشی از حرکت مداری و اسپینی الکترون‌ها در اتم‌های با پوسته باز) قوی باشد جفت‌شدگی بین گشتاورهای مغناطیسی افزایش می‌یابد. مواد با توجه به نوع جهت‌گیری این گشتاورها به سه نوع فرو، پادفرو و فری مغناطیس تقسیم می‌شوند.

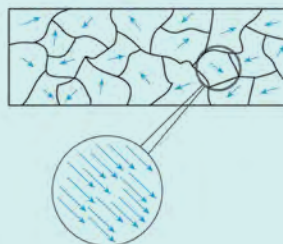


یک ماده پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی خارجی.

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



یک ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی



یک ماده فرومغناطیسی در غیاب میدان مغناطیسی

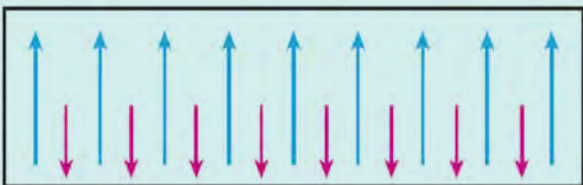
حال اگر یک ماده فرومغناطیس را در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌دهیم، گشتاور مغناطیسی حوزه‌هایی که در جهت (یا تقریباً در جهت) میدان هستند هم جهت با آن قرار می‌گیرند، به طوری که با افزایش شدت میدان به تدریج گشتاورهای مغناطیسی حوزه‌های دیگر نیز در جهت میدان ردیف می‌شوند و در نهایت ماده به یک تک حوزه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

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



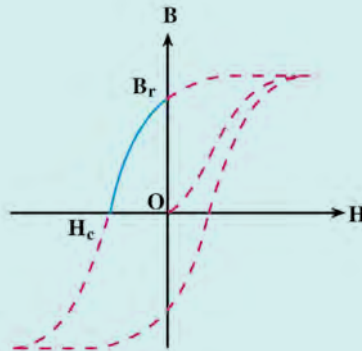
یک حوزه مربوط به ماده پادفرومغناطیس، در مواد پادفرومغناطیس برآیند گشتاورهای مغناطیسی در هر شبکه صفر است.

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



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

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



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

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

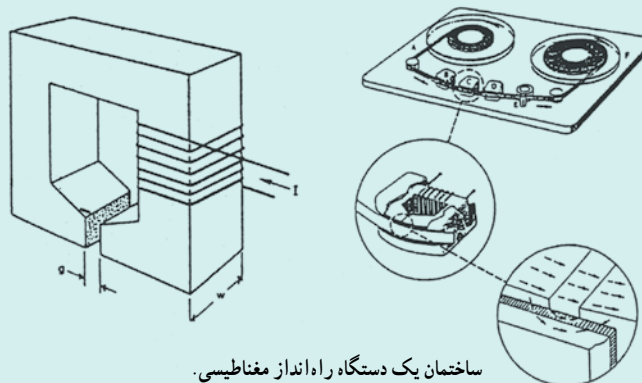
سه ویژگی بالا در مواد فری مغناطیس وجود دارد و از این جهت این مواد برای ذخیره اطلاعات مناسب اند.

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.

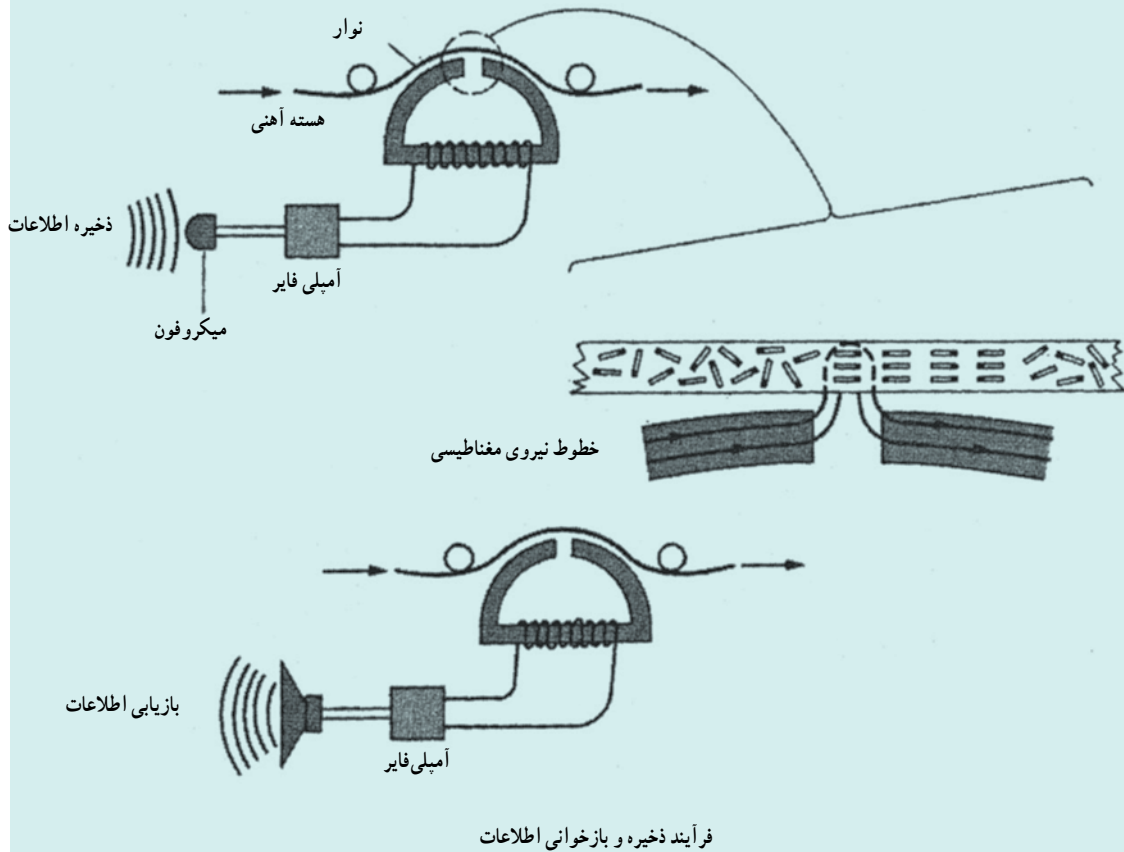
نوارهای ضبط شنیداری *ATR* نخستین بار با آغشته کردن یک نوار کاغذی مخصوص با یک مایع فری مغناطیس در سال ۱۹۲۷ توسط یک شرکت آمریکایی ابداع گردید و هم زمان در آلمان این نوارها با استفاده از نوار کاغذی آغشته به پودر آهن ساخته شدند. در سال ۱۹۴۷ با همکاری سه شرکت آمریکایی نوارهای اکسید آهن ابداع شدند و در سال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

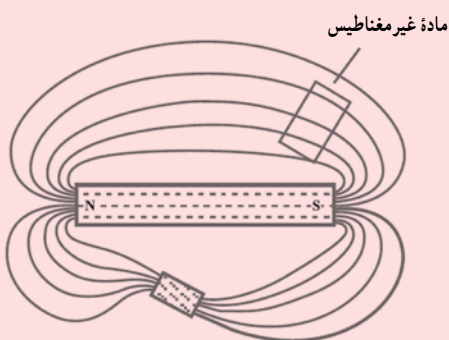


ساختار یک دستگاه راه انداز مغناطیسی.

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 دو قطبی های مغناطیسی در دو ماده مختلف (در مقیاس خیلی ریز) نشان داده

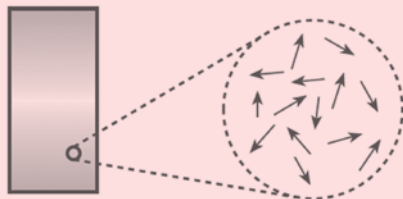
است. تفاوت های هر ماده را از لحاظ مغناطیسی بنویسید.

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

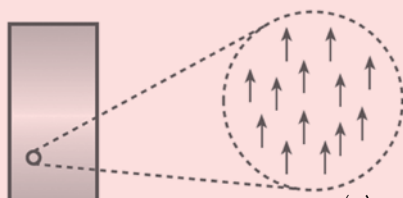
صورتی که میدان مغناطیسی قوی باشد، چگونه؟

پ) اگر ماده (ب) یک آهنربای میله ای باشد، قطب های آن را در دو

طرف آهنربا تعیین کنید.



(الف)



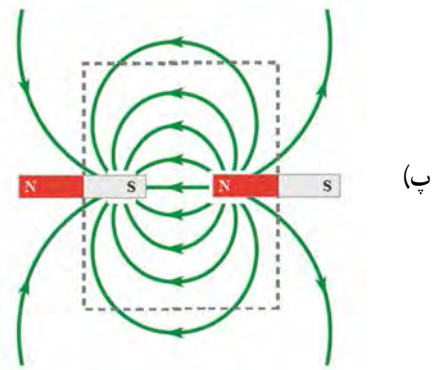
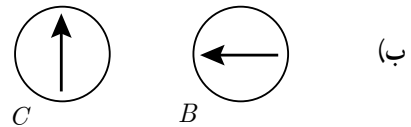
(ب)

راهنمای پاسخ‌یابی پرشی‌ها و مسئله‌های فصل ۳

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



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



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

ب) با توجه به تراکم خطوط میدان در مجاورت قطب‌ها آهنربای

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

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

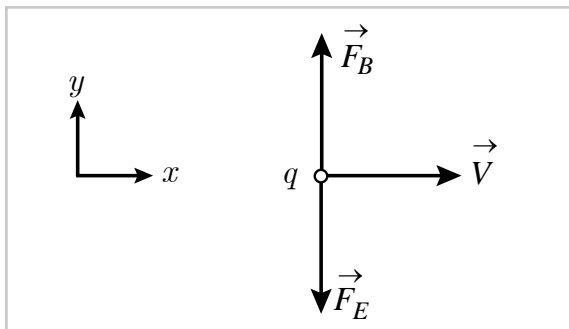
ب) به علت آنکه آهن ماده فرومغناطیس نرم است به راحتی به آهنربا تبدیل می‌شود و قادر خواهد بود قطعه بلعیده شده را جذب و به بیرون بکشد.

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

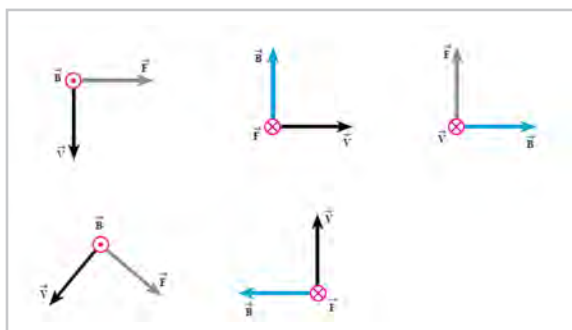
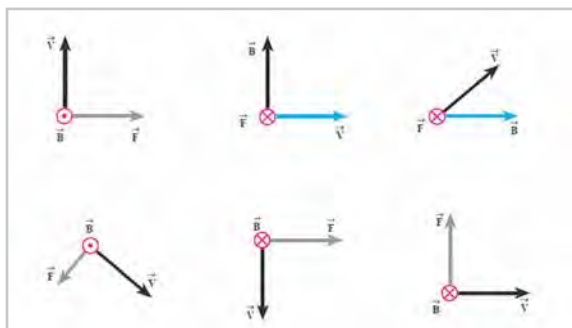
۵ با استفاده از قاعده دست راست، نوع بار هر ذره را تعیین می‌کنیم زیرا ذره ۱ بار مثبت، ذره‌های ۲ و ۴ بار منفی و ذره ۳ چون از مسیر خود منحرف نشده است، خنثی است.

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 (الکترون توجه شود).

\vec{B} ، باید جهت نیروی وارد بر میله را تعیین کنند.

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

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

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

$$\Rightarrow I = 1A$$

۱۴

جهت جریان از D به C است.

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow I = 1568 A$$

۱۵

(الف)

(ب)

که جریان بسیار بزرگی است.

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

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

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

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

بنابراین باید جهت جریان در سیم ۲، برخلاف جهت جریان در سیم ۱ باشند.

$$N = 250, l = 0.14 m, I = 0.8 A, B = ?$$

۲۰

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

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

۲۱

$$l_P = l_Q$$

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

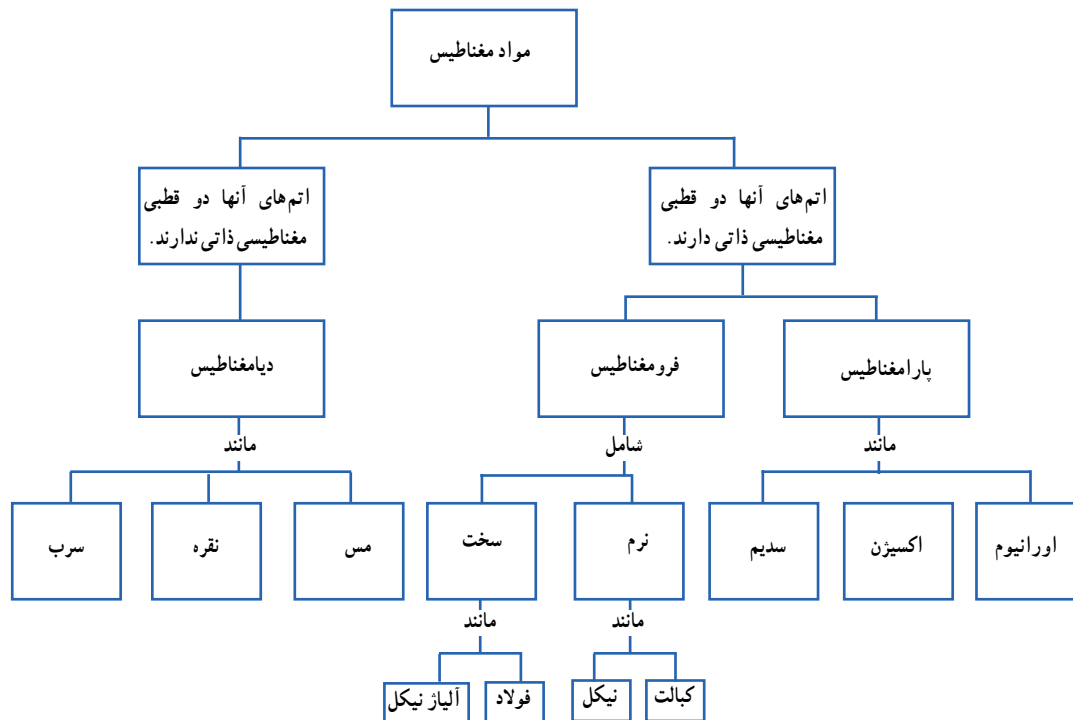
$$B_P = B_Q \Rightarrow \frac{\mu_0 N_P I_P}{l_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{l_Q}$$

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

۱-۶

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.



فصل چهارم

القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

هدف‌های فصل

- آشنایی با پدیده القای الکترومغناطیسی و کاربردهای آن در زندگی روزمره (مثل تولید جریان متناوب)
- شناخت عامل‌های مؤثر بر اندازه جریان القایی و چگونگی تعیین جهت آن
- آشنایی با اثر خودالقاوری و ضریب خودالقاوری سیم‌لوله.
- آشنایی با پدیده القای متقابل
- آشنایی با جریان متناوب و ویژگی‌های آن
- آشنایی با اساس کار مبدل‌ها و انواع آنها



راهنمای تدریس : ابتدا توجه دانش‌آموزان را به تصویر ورودی فصل و متن زیر آن جلب کنید تا زمینه مناسب برای ورود به فصل فراهم شود.

برای بررسی بیشتر این موضوع، مطابق آزمایش پیشنهادی که در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های فیزیک ۲ آمده است، ابتدا به کمک دانش‌آموزان بررسی کنید که نوار سیاه‌رنگ پشت کارت‌های بانکی، یک نوار مغناطیسی با خاصیت آهنربایی نسبتاً ضعیف است.





در ادامه دانش‌آموزان با جزئیات بیشتری می‌توانند به پرسش زیر تصویر پاسخ دهند و دلیل کشیده شدن کارت بانکی را درون دستگاه کارت‌خوان توضیح دهند.

افزون بر مثال مربوط به کارت‌خوان، می‌توانید به کاربردهای دیگری از پدیده القای الکترومغناطیسی اشاره کنید. مثلاً در فروشگاه‌های بزرگ لباس برای جلوگیری از به سرقت رفتن لباس‌ها امروزه در ورودی فروشگاه دروازه‌هایی تعبیه می‌شود و روی هر یک از لباس‌ها هم یک قطعه فلزی نصب می‌کنند. اگر لباسی که فروشنده قطعه محافظ آن را جدا نکرده باشد از دروازه بگذرد آژیر به صدا درمی‌آید. در ورودی فرودگاه یا مکان‌های مهم امنیتی که می‌خواهند وجود اشیای خاص فلزی مثل انواع اسلحه‌های سرد و گرم را ردیابی کنند به جای بازدید بدنی افراد را از دروازه یک دستگاه آشکارساز فلز عبور می‌دهند. در این‌گونه مواقع از افراد می‌خواهند تا قبل از ورود به دستگاه وسایل فلزی همراه خود را تحویل دهند.

در فصل قبل، با القای الکترومغناطیسی جریان الکتریکی آشنا شدیم که در سال ۱۸۲۰ میلادی توسط اورستد کشف شد. در سال ۱۸۳۱ هارو، پس از آزمایش‌های فراوان مشاهده کرد که عبور آهنربا از یک پیچ سیم بر روی جریان الکتریکی در پیچ می‌سوزد. این از آن روز به قانون القای الکترومغناطیسی فاراد نامیده می‌شود. اساس کار سوره‌ها تولد جریان الکتریکی است. در این فصل، پس از آشنایی با این قانون، به چگونگی تولد جریان متناوب خواهیم پرداخت.

۱-۴ پدیده القای الکترومغناطیسی
در این بخش به بررسی القای نوری محرک الکتریکی در یک مدار سیمه خواهیم پرداخت. این پدیده را القای الکترومغناطیسی می‌نامند. انجام آزمایش زیر با این پدیده بیشتر آشنا می‌شوید.

آزمایش ۱-۴
هدف: بررسی پدیده القای الکترومغناطیسی.
وسایل‌های مورد نیاز: کلمپ‌نویز، آهنربای میله‌ای، سلفون، با پیچ و سیم رابط.
شرح آزمایش:
دو سیم سلفون را به گالوانومتر بزنید.
هنگامی که قطب‌های آهنربا را وارد سلفون کنید شکل رو به‌دور، مشاهده‌تان خود را هنگام انجام این کار یادداشت کنید.
با خروج آهنربا از سلفون خارج کنید. مشاهده‌تان خود را هنگام انجام این کار یادداشت کنید.
مراحل بالا را برای قطب دیگر آهنربا تکرار کنید.
با آزمایش در این حالت نتیجه‌ای که آهنربا بکشد و سلفون به آن نزدیک یا از آن دور شود. آیا نتیجه آزمایش‌های قبلی می‌تواند توضیح دهد؟

در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فاراد، دانشمند انگلیسی و تقریباً هم‌زمان با او جوزف هنری دانشمند آمریکایی، با انجام آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۱-۴ دریافته‌اند که هنگام دور و نزدیک کردن آهنربا به پیچ سیم، قطب‌های کلمپ‌نویز متحرک می‌شوند و عبور جریانی را از مدار نشان می‌دهد؛ درست مانند وقتی که در مدار، باتری وجود دارد. شکل ۱-۴ این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان تولد شده را جریان الکتریکی القایی می‌نامند.

نشان دهید که هرگاه آهنربا را در جهت مخالف الکترومغناطیسی بزنید، به همان جهت و سرعتی که در جهت اول بزنید، در جهت مخالف الکترومغناطیسی بزنید، به همان جهت و سرعتی که در جهت اول بزنید، در جهت مخالف الکترومغناطیسی بزنید.

۱-۴-۱ پدیده القای الکترومغناطیسی

راهنمای تدریس : مطابق الگوی کتاب، ابتدا به کمک آزمایش دانش‌آموزان را با پدیده القای الکترومغناطیسی فاراد آشنا کنید. این آزمایش را به شکل‌های مختلف و با ابزارهای متفاوتی می‌توان انجام داد که تعدادی از این روش‌ها در مجموعه فیلم‌های مرتبط با آزمایش‌های کتاب فیزیک ۲ موجود است و از طریق سایت گروه فیزیک می‌توانید به آنها دسترسی داشته باشید. از آنجا که آهنرباهای دائم به شکل فعلی در اختیار فاراد نبوده، مطابق شکل ۱-۴، وی از آهنربای الکتریکی برای مشاهده و بررسی این پدیده استفاده کرد.

آشکارسازهای فلز در ورودی فرودگاه یا ساختمان های دولتی



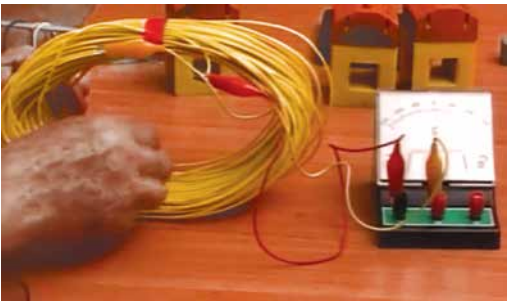
در هنگام ورود به یک فرودگاه معمولاً چمدان ها و وسایل را از دستگاه پرتو X عبور می دهیم و خودمان از آشکارساز فلز می گذریم. آشکارسازهای فلز در همه فرودگاه ها معمولاً از نوع PI (Pulse Induction) است. در این نوع آشکارسازها پیچیهایی از سیم در دو طرف دروازه به عنوان فرستنده و گیرنده گذاشته می شوند که در آنها متناوباً جریان هایی فرستاده می شود. هر تب جریان الکتریکی که تغییرات چند میکروثانیه ای دارد میدان مغناطیسی کوچک و متغیری تولید می کند. تغییر میدان مغناطیسی روی پیچه مقابل جریان دیگری القا می کند. این جریان القایی را تب بازتابی می نامیم که فقط حدود ۳۰ میکروثانیه دوام دارد. سپس تب بعدی ارسال و این فرآیند دوباره تکرار می شود. در این آشکارسازها معمولاً در هر ثانیه حدود ۱۰۰ تب فرستاده می شود. البته تعداد تب های ارسالی بسته به کارخانه سازنده می تواند از ۲۵ تا ۱۰۰۰ تب در ثانیه باشد.

اگر وسیله ای فلزی در بین دروازه های این آشکارسازها قرار گیرد میدان مغناطیسی متغیر روی آن جریانی القا می کند که سوی آن به گونه ای است که میدان مغناطیسی اولیه را تضعیف کند و تجهیزات الکترونیکی این تغییر میدان را ثبت و مدار آژیر را فعال می کنند. چنانچه یک کلاف سیم برق کشی در اختیار داشته باشید، دوسر کلاف را به یک گالوانومتر حساس یا میلی ولت سنج وصل کنید. در حضور یک میدان مغناطیسی نسبتاً قوی (ایجاد شده توسط آهنربای دائم یا آهنربای الکتریکی) حالت های مختلف شکل ۲-۴ و شکل ۳-۴ (کتاب درسی) را انجام دهید تا دانش آموزان با عوامل متفاوتی که می توانند منجر به ایجاد نیروی محرکه القایی یا جریان القایی به طور عملی آشنا شوند و قانون القای الکترومغناطیسی فاراده را تحقیق کنید.

سین از آن دسته که با همزمان شدن در محل سیمولار جریان در آن القا می شود. به جز این روش های دیگری تو می توان در پیچه با سیمولار جریان الکتریکی القا کرد. اگر سیمولار پیچه ای اختلاف پتانسیل را درون سیمان مغناطیسی بگذاختند، سیمولار شکل ۱۲-۳ با پیچه ای را درون سیمان مغناطیسی بگذاختند، چرخش سیمولار شکل ۱۲-۳ مشاهده می شود که بر هنگام ایجاد این گزرها، جریانی در پیچه القا می شود.

۳-۴ قانون القای الکترومغناطیسی فاراده
سین از آن دسته که با زمانی مشابه تغییر میدان مغناطیسی در محل یک پیچه، تغییر سیمولار پیچه در حضور میدان مغناطیسی یا چرخش پیچه درون میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی در آن القا می شود. قانون اساسی و مشترک در ایجاد جریان القایی در همه این آزمایش ها، آس-رایس مغناطیسی عبوری از پیچه است.
قانون مغناطیسی، کشنی زردی است و برای میدان مغناطیسی بگذاختند که از بجای آن با سیمولار شکل ۱۲-۳ می گذرد و به صورت زبر حرفه می شود.

همان طور که در شکل ۳-۴ دیده می شود، زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و بردار خط سیمولار سطح حلقه است (این بردار را به طرف خط سیمولار می کشانیم تا موازی آن شود).
مکان ۱۲-۳ مغناطیسی، $\vec{W} \cdot \vec{B}$ است که با توجه به رابطه $\vec{W} = \vec{B} \sin \alpha$ داریم، $\vec{W} \cdot \vec{B} = WB \sin \alpha$



۴-۲- قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

راهنمای تدریس : با انجام فعالیت‌های ساده‌ای مطابق شکل‌های الف و ب، می‌توانید دانش‌آموزان را با مفهوم شار و کمیت‌های وابسته به آن آشنا کنید.

نمودار دو جهت رایج رسم نیم‌خط عمود بر یک سطح صحن وجود دارد. علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد. برای مثال در شکل ۴-۳، نیم‌خط عمود را در طرفی از سطح رسم کرده‌ام که از آن جهت میدان \vec{B} گذرا 90° است و در نتیجه شار عبوری از سطح مثبت می‌شود. اگر نیم‌خط عمود را در طرف دیگر سطح انتخاب کنیم، در این صورت رادمان آن با جهت میدان \vec{B} بیشتر از 90° خواهد شد و شار عبوری از سطح منفی می‌شود. هر دو انتخاب به یک اندازه مفید، ولی در حل یک مسئله، همواره باید یکی را انتخاب کنیم و با پایبندی آن به آن تغییر ندهیم.

الف) نشان شکل الف: سطح حلقه رسانایی به شکل مربع با ضلع 10 cm عمود بر میدان مغناطیسی یکجانبه به بزرگی 0.5 T قرار دارد. شار عبوری از این حلقه را بدست آورید.
ب) اگر حلقه را چرخانیم به طوری که سطح حلقه موازی با خط‌های میدان مغناطیسی شود، شار مغناطیسی عبوری از آن چقدر می‌شود؟
ج) شار عبور شار مغناطیسی عبوری از حلقه را وقتی از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب می‌بریم بدست آورید. شار آن شار عبور شار مغناطیسی در بازه زمانی 0.1 s به 0.5 T رخ داده باشد آنگاه تغییر شار $(\Delta\Phi)$ را بدست آورید.

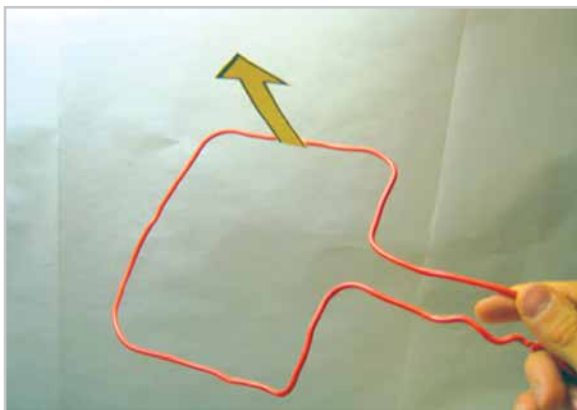
با سطح الف و فرض سلفان شکل الف، سطح حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. زاویه بین میدان \vec{B} و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر صفر می‌شود. با این ترتیب، شار عبوری از سطح حلقه برابر است با:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = B A \cos \theta = B A \cos 0^\circ = B A = 0.5 \text{ T} \cdot (0.1 \text{ m})^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

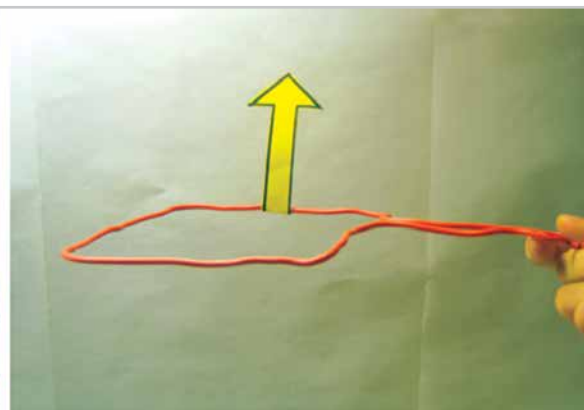
ب) وقتی سلفان شکل ب، حلقه می‌برخیزد و سطح آن موازی با خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویه بین میدان \vec{B} و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر 90° می‌شود. از آنجا که $\cos 90^\circ = 0$ است، در این شرایط، شار عبور از سطح حلقه صفر می‌شود. به همان‌طور که دیدیم شار عبوری از سطح حلقه در وضعیت شکل الف و وضعیت شکل ب به ترتیب برابر $5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ و 0 است. با این ترتیب، تغییر شار عبوری از سطح حلقه برابر $\Delta\Phi = \Phi_b - \Phi_a = 0 - 5 \times 10^{-3} \text{ Wb} = -5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد در حین برخیزن حلقه از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب، شار مغناطیسی عبوری از سطح آن کاهش یافته است. نشان با توجه به نتیجه قسمت ب، آنگاه تغییر شار $(\Delta\Phi)$ برابر است با:

$$\Delta\Phi = -5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

در شکل الف، سطح حلقه بر جریان آب خروجی عمود است، در شکل ب نیم‌خط عمود بر سطح حلقه با امتداد جریان آب، زاویه می‌سازد و در شکل پ از دو حلقه با سطح متفاوت استفاده شده است. همان‌طور که در «قسمت توجه» نیز اشاره شده است برای رسم نیم‌خط عمود بر یک سطح دو جهت وجود دارد که انتخاب هر کدام به یک اندازه مفید است ولی در حل یک مسئله، همواره باید به انتخاب یک جهت پایبند باشیم. شکل زیر می‌تواند درک خوبی از نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برای دانش‌آموزان فراهم کند.



(ب)



(الف)

تمرین ۱-۴ (الف)

$$A_1 = 25 \text{ cm}^2 = 2/5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$B = 0.3 \text{ T}, \Phi_1 = ?, \theta = 0$$

$$\Phi_1 = BA_1 \cos \theta$$

$$= (0.3 \text{ T})(2/5 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \cos 0$$

$$= 7/5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

(ب)

$$A_2 = 1/5 \times 10^{-2} \text{ m}^2, \Phi_2 = ?$$

$$\Phi_2 = BA_2 \cos \theta = 3/5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

(پ)

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{(3/5 - 7/5) \times 10^{-3} \text{ Wb}}{2 \text{ s}} = -2/25 \times 10^{-3} \text{ Wb/s}$$

پرسش ۱-۴

هدف از این پرسش این است که قبل از معرفی رابطه قانون القای فاراده، دانش آموزان با یکای آهنگ تغییرات شار (Wb/s) که از جنس نیروی محرکه الکتریکی است (با یکای ولت) آشنا شوند.

تمرین ۱-۴

الف) القا مغناطیسی به مساحت 25 cm^2 درون میدان مغناطیسی یکواخت برزین سویی به اندازه 0.3 T قرار داده اشکال الف، ب، ج و د را در نظر بگیرید. در هر یک از این اشکال، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید. آیا اگر اشکال شکل ب و د در حلقه را به دست آورید. مساحت سطح حلقه را به 1 cm^2 برسانید، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید. آیا اگر این تغییر شار در بازه زمانی 2 s رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(d\Phi/dt)$ را پیدا کنید.

پرسش ۱-۴

الف) یکای الکتریکی از لحاظ زیر معادل یکای وولت (Wb/s) است؟

Ω A V W/A

اکنون که با تعریف و مفهوم شار مغناطیسی آشنا شدید، دوباره بگویی می‌کنی که چیدمان القای الکترومغناطیسی که در بخش قبل بررسی کردیم، همانطور که گفتیم شامل مشترک در تمامی پدیده‌های که منجر به تولد جریان القایی در مدار می‌شود، تغییر شار مغناطیسی عبوری از پیچ یا مسووله است. بنابراین قانون فاراد، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار مسدود می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که پوزی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. حتی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیشتر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولید شده در مدار بیشتر خواهد بود. مثلاً در آزمایش‌های مربوط به اشکال الف، ب، ج و د، هرچه سرعتی که پیچ تغییر شار مغناطیسی می‌شود، سریع‌تر انجام شود، طبقه‌بندی‌ها نیز بیشتر متحرک می‌شوند و این نشان می‌دهد که جریان القایی بزرگ‌تری وجود آمده است.

قانون شار در این پیچ با مسووله‌ای که از 2 s در زمان تشکیل شده باشد با رابطه زیر بیان می‌شود:

(۱-۴) $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \dots$

در این رابطه که نیروی محرکه القایی متوسط و حسب ولت و 50 mV آهنگ تغییر شار مغناطیسی و حسب وولت (Wb/s) است. اگر مقاومت پیچ با مسووله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۲-۴) $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

همانطور که از رابطه ۲-۴ دیده می‌شود، هرچه مقاومت پیچ با عددی که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند، بیشتر باشد، جریان کوچک‌تری در آن القا می‌شود.

تمرین ۱-۴

ب) چیدمان شکل ۱-۴ در که مساحت هر حلقه‌ای 25 cm^2 است، مطابق شکل زیر بر زمین تعبیه‌های یک آهن‌ربای الکتریکی قرار گرفته است که میدان مغناطیسی یکواخت تولد می‌کند. خط‌های میدان را مشخص کنید. اگر اندازه میدان در بازه زمانی 0.1 s از 0.1 T به 0.2 T افزایش یابد، القای عبوری محرکه القایی متوسط ایجاد شده در پیچ چقدر است؟ آیا اگر مقاومت پیچ $1 \text{ }\Omega$ باشد، جریان القایی متوسط که از پیچ می‌گذرد چقدر است؟ پاسخ القای متوسط عبوری و سطح مغناطیسی پیچ را محاسبه کنید. با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ $\Phi_1 = 0.1 \text{ T} \times 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$
 $\Phi_2 = 0.2 \text{ T} \times 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$
 $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = (5 - 2.5) \times 10^{-4} \text{ Wb} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$
 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{0.1 \text{ s}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ Wb/s}$

به این ترتیب، تغییر شار مغناطیسی برابر است با:

ب) برای زمان این مقدار داده‌های بالا در رابطه ۱-۴ داریم:

$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{0.1 \text{ s}} = -2.5 \times 10^{-3} \text{ V}$
 $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-2.5 \times 10^{-3} \text{ V}}{1 \text{ }\Omega} = -2.5 \times 10^{-3} \text{ A}$

پرسش ۱-۴

جریان شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد و حسب زمان در نمودار شکل الف نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکه القایی در حلقه را و حسب زمان در نمودار ب را ترسیم کنید. (ب) $(0.1 \text{ s}, 0.1 \text{ V})$ و $(0.3 \text{ s}, 0.3 \text{ V})$

پاسخ: همان‌طور که در نمودار شار مغناطیسی و حسب زمان دیده می‌شود، در بازه زمانی 0.1 s شار به صورت خطی افزایش می‌یابد. این نتیجه مقدار لحظه‌ای آهنگ تغییر شار یا مقدار متوسط آن برابر است. با این ترتیب، در تمامی لحظاتی این بازه زمانی، نیروی محرکه القایی با نیروی محرکه القایی متوسط برابر است.

$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{(0.1 \text{ T} \times 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2) - (0 \text{ T} \times 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{0.1 \text{ s}} = -2.5 \times 10^{-3} \text{ V}$

در بازه زمانی 0.1 s تا 0.3 s شار ثابت مانده است. در نتیجه نیروی محرکه القایی در تمامی لحظاتی این بازه زمانی برابر صفر است. در بازه زمانی 0.3 s تا 0.4 s شار به صورت خطی کاهش یافته و برعکس می‌شود. بنابراین نتیجه بر عود بازه زمانی صفر تا 0.1 s است. نیروی محرکه القایی در تمامی لحظاتی این بازه، مقدار متوسط نیروی محرکه در این بازه زمانی وارود مساوی $1.5 \times 10^{-3} \text{ V}$ است. نمودار نیروی محرکه القایی بر حسب زمان در شکل ب ترسیم شده است.

مثال ۳-۴

شکل رویه‌رو، رسانای l مستطی را درون میدان مغناطیسی یکجانبه \vec{B} به اندازه 10 cm نشان می‌دهد. میدان \vec{B} عمود بر صفحه شکل و رو به بیرون است. همپای l دارای طول $l = 10 \text{ cm}$ است. در $t = 0$ ثانیه، $B = 1 \text{ T}$ است. در $t = 0.5 \text{ s}$ ثانیه، $B = 0.5 \text{ T}$ است. در این زمان، l را به سمت راست حرکت می‌دهیم. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را پیدا کنید.

پاسخ: با حرکت متناوب l در جهت راست، تغییرات در شار مغناطیسی وجود می‌کند. میدان مغناطیسی در سطح حلقه یکجانبه است. پس شار مغناطیسی را از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ محاسبه می‌کنیم. ایستاده و سطح حلقه را عموداً \vec{B} می‌گیریم. بنابراین زاویه نیمه‌مسطح عمود با میدان \vec{B} صفر است ($\theta = 0^\circ$) و در نتیجه $\Phi = BA$. از قانون القای فارادی داریم:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(BA)}{dt} = -A \frac{dB}{dt}$$

برای محاسبه $\frac{dB}{dt}$ باید توجه کنید که همه‌ی بزرگی‌ها در سمت راست معادله $\frac{d\Phi}{dt}$ را طی می‌کنند. شکل رویه‌رو و سطح حلقه به مقدار $\frac{dB}{dt} = 2 \text{ T/s}$ افزایش می‌یابد. به این ترتیب، نیروی محرکه القایی متوسط را می‌توانیم به صورت زیر محاسبه کنیم:

$$\mathcal{E} = -A \frac{dB}{dt} = -0.1 \text{ m} \times 2 \text{ T/s} = -0.2 \text{ V}$$

با قرار دادن مقادیر داده‌شده، در رابطه $\mathcal{E} = -A \frac{dB}{dt}$ داریم:

$$\mathcal{E} = -0.1 \text{ m} \times 2 \text{ T/s} = -0.2 \text{ V}$$

پس بزرگی آن برابر است با:

$$|\mathcal{E}| = 0.2 \text{ V}$$

توجه کنید که به علت مثبت بودن اندکی همه‌ی مقادیر، نیروی محرکه القایی مثبت است. در این حالت، رسانای l شکل با سهم لغزنده، یک نوک جریان مستقیم است.

تمرین ۳-۴

میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهن‌ربای الکتریکی شکل رویه‌رو که در سطح عمود است، از زمان $t = 0$ ثانیه می‌کند و در مدت 0.5 s از 1 T به 0.5 T می‌رسد. در این حالت، $A = 10 \text{ cm}^2$ و $l = 10 \text{ cm}$ است. در این حالت، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه را بدست آورید. میدان اگر مقاومت حلقه $1 \text{ } \Omega$ باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

تمرین ۲-۴

$\Delta t = 0.04 \text{ s}$, $A = 100 \text{ cm}^2$

رو به بالا $B_1 = 0.28 \text{ T}$

رو به پایین $B_2 = 0.17 \text{ T}$

(جهت بالا را مثبت فرض کرده‌ایم.)

(الف)

$\mathcal{E} = ?$

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

تغییرات شار ناشی از تغییرات جهت و اندازه میدان است.

به این ترتیب

$$\Phi_1 = B_1 A \cos \theta_1 = (0.28 \text{ T})(100 \text{ cm}^2) \cos 0^\circ$$

$$= 2.8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = B_2 A \cos \theta_2 = (0.17 \text{ T})(100 \text{ cm}^2) \cos 180^\circ$$

$$= -1.7 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -1.7 \times 10^{-2} \text{ Wb} - 2.8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$= -4.5 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{(-4.5 \times 10^{-2} \text{ Wb})}{0.04 \text{ s}} = 1.125 \text{ V}$$

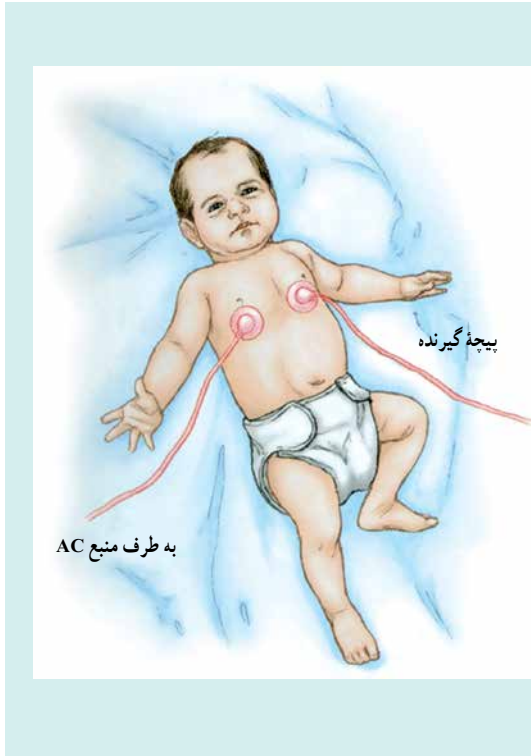
(ب)

$$I = |\mathcal{E}|/R = (1.125 \text{ V})/(1 \text{ } \Omega) = 1.125 \text{ A} \approx 1 \text{ mA}$$



پرسش ۲-۴
 دانش‌آموزان با توجه به آشنایی با پدیده القای الکترومغناطیسی فاراده به سادگی می‌توانند به این پرسش پاسخ دهند. با هر بار عبور آهنربا از جلوی پیچه، جریانی در آن القا می‌شود. تندرسنج با شمارش تعداد تیپ‌های جریان در واحد زمان، تندی دو چرخه را گزارش می‌دهد.

دانستنی برای معلم



نمایشگر SIDS
 مراقبت از کودکان بیمار کاری بس دشوار است. سندروم مرگ ناگهانی کودک^۱ نوعی بیماری است که در آن در هنگام خواب کودک تنفس او بدون هیچ دلیل آشکاری قطع می‌شود. یکی از وسایل اعلام خطر در این موارد مانند شکل زیر از دو پیچه تشکیل شده است که با سینه کودک تماس دارند. یکی از پیچه‌ها حامل جریان متناوب است و میدان مغناطیسی متغیر حاصل از آن از پیچه گیرنده در طرف دیگر سینه می‌گذرد. بالا و پایین رفتن سینه در اثر تنفس یا هر حرکت دیگری مقدار جریان القایی در پیچه گیرنده را تغییر می‌دهد که این تغییرات را نمایشگری نشان می‌دهد. حال اگر تنفس قطع شود و تغییرات جریان به دستگاه ثبات نرسد، دستگاه طوری تنظیم شده است که با تولید صوت اعلام خطر کند.

۱- Sudden Infant Death Syndrome

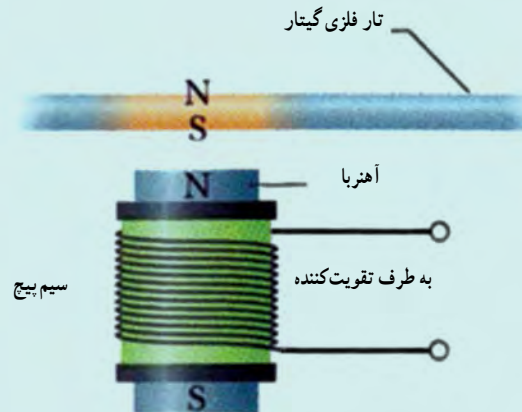
گیتار الکتریکی

صدای یک گیتار آکوستیکی ناشی از نوسان تارهای آن و تشدید صوت در بدنه توخالی آن است. در حالی که در گیتار الکتریکی این اتفاق رخ نمی‌دهد. در گیتار الکتریکی نوسان تارهای فلزی به سیگنال الکتریکی تبدیل شده و توسط یک مدار الکتریکی تقویت می‌شود. سپس سیگنال تقویت شده به بلندگوها فرستاده می‌شود.

اساس کار در گیتار الکتریکی به این صورت است که سیم پیچی به دور یک هسته مغناطیسی پیچیده شده است. این مجموعه در مجاورت تار گیتار قرار می‌گیرد. میدان مغناطیسی آهنربا در بخشی از تار فلزی واقع در بالای آهنربا یک قطب شمال و یک قطب جنوب به وجود می‌آورد. پس، این بخش از تار نیز خود دارای میدان مغناطیسی می‌شود. وقتی به تار آن زخمه زده می‌شود و آن را به نوسان در می‌آورد حرکت تار نسبت به پیچه سبب تغییر شار میدان مغناطیسی عبوری از پیچه و القای جریان می‌شود. هنگام ارتعاش تار و دور و نزدیک شدن آن به پیچه جهت جریان القایی با همان بسامد نوسان تار تغییر می‌کند و سیگنالی با این بسامد به تقویت کننده و بلندگو منتقل می‌کند.

می‌توان این پرسش را مطرح کرد.

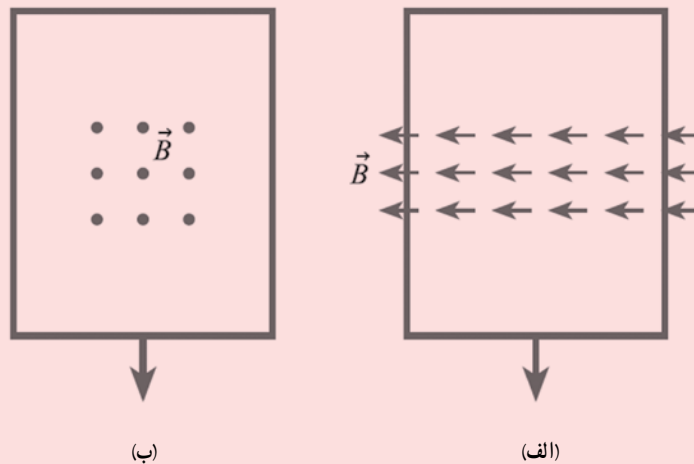
پرسش : به نظر شما تغییر کدام کمیت در گیتار الکتریکی جریان الکتریکی القایی را به وجود می‌آورد؟



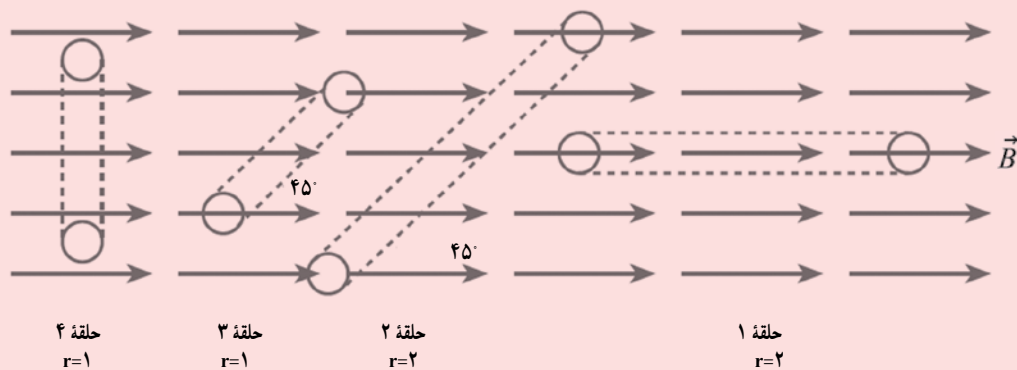
پاسخ : تغییر اندازه بردار مغناطیسی چون با تکان‌های سیم گیتار، مقدار بردار در مکان‌های مختلف فرق می‌کند.

پرسش‌های پیشنهادی بخش‌های ۱-۴ و ۲-۴

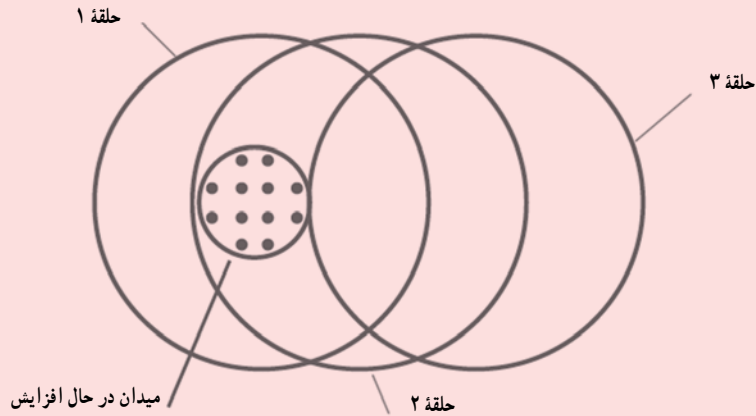
۱ در شکل‌های الف و ب دو حلقهٔ رسانا در جهت نشان داده شده و با وجود میدان مغناطیسی یکنواختی کشیده می‌شوند. در کدام حالت جریان القایی در حلقه ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.



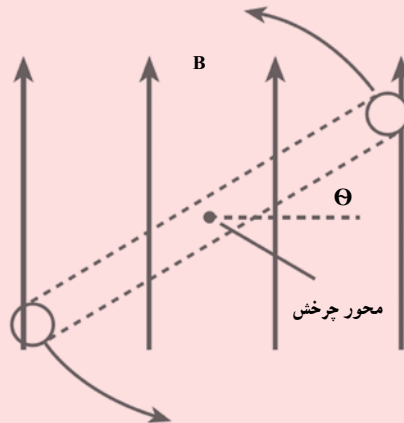
۲ شکل زیر چهار حلقهٔ دایره‌ای را عمود بر صفحهٔ کاغذ و با وجود میدان مغناطیسی یکنواختی نشان می‌دهد. شعاع حلقه‌های ۱ و ۲ دو برابر حلقه‌های ۳ و ۴ است. شار عبوری از هر حلقه را از بیشترین تا کمترین مقدار به ترتیب بنویسید.



۳ سه حلقهٔ رسانای مشابه مطابق شکل زیر نسبت به هم قرار دارند و میدان مغناطیسی در حال افزایشی در ناحیهٔ نشان داده شده وجود دارد. حلقه‌ها را به ترتیب از بیشترین تا کمترین نیروی محرکهٔ القایی ایجاد شده در آنها بنویسید.



۴ یک حلقهٔ دایره‌ای با سرعت ثابت حول محوری که از مرکز آن می‌گذرد، مطابق شکل زیر از زاویهٔ صفر تا 360° درجه می‌چرخد. این حلقه عمود بر صفحهٔ کاغذ است و میدان مغناطیسی یکنواختی به طرف بالا وجود دارد.
 الف) در چه زاویه یا زاویه‌هایی شار عبوری از حلقه بیشینه است؟
 ب) در چه زاویه یا زاویه‌هایی شار عبوری از حلقه کمینه است؟



۳-۴- قانون لنز

تاریخچه است و چگونه ساخته می شود یا اصولی حرکت می کند

راونگرس (امریکا) مغناطیس فرا جبهه ای (VMS) روس برای روسی
 هنگامی که مغناطیس را در یک میدان مغناطیس قرار دادیم، در این روش، پدیده یوری سر شخص
 بسیار قرار داده می شود که جریان الکتریکی مغناطیس از آن می گذرد و در نتیجه میدان
 مغناطیس مغناطیس تولید می کند. این میدان مغناطیس، سبب ایجاد نیروی حرکت القا می و
 جریان القا می در ناحیه ای از مغز می شود که در نتیجه قرار دارد. و سبب ایجاد استعدادهای
 و دانش مغز انسان است که تمام مظاهر با حفظ راونگرس بخش خاصی از مغز حرکت
 می کند می تواند شرایط خاص تشخیص مغناطیس را بیازماید.

۳-۴ قانون لنز

مدت کوتاهی پس از آنکه فراداه قانون القا الکتریکی و مغناطیس را ارائه کرد، هاینریش لیزر، دانشمند
 روس، نیز، در سال ۱۸۴۴ میلادی روسی را برای همین جهت جریان القا می در یک چینه یا در هر
 مدار بسته دیگری پیشنهاد کرد. این روش که بعدها به قانون لیزر تغییر یافت، صحتی از آن است که:
 جریان القا می در سیم هم جهت با یک سیم یا یک سیم هم جهت جهت است که در مغناطیس القا می
 از آن به عنوان به وجود آورنده جریان القا می، هم جهت با مغناطیس، مخالفت می کند.
 علامت مغنی در رابطه ۳-۴ نشان دهنده همین مخالفت است. توضیح دقیق این مطلب فراتر
 از سطح این کتاب است. در اینجا تنها به ذکر شکل از چگونگی انتخاب از قانون لیزر برای همین
 جهت جریان القا می اکتفا می کنیم.
 شکل ۳-۴ الف: آهنربای را نشان می دهد که قطب N آن در حال نزدیک شدن به یک حلقه
 رسانا است. در این وضعیت اندازه Φ در محل حلقه افزایش می یابد و در نتیجه شار گذرنده از حلقه
 زیاد می شود. با توجه به قانون لیزر، جهت جریان القا می ایجاد شده در حلقه همان است که میدان مغناطیس
 ناشی از آن با افزایش شار مخالفت کند. یا در این، میدان مغناطیس حلقه در خلاف سوی میدان
 مغناطیس آهنربا می شود. با توجه به قانون دست راست و از روی جهت میدان مغناطیس حلقه، جهت
 جریان در حلقه تعیین می شود. همچنین اگر مغناطیس شکل ۳-۴ ب، قطب N آهنربا را از حلقه
 رسانا دور کند، جهت جریان القا می در حلقه خواهد بود که میدان مغناطیس تولید شده توسط حلقه، همسو
 با میدان آهنربا می شود و به این ترتیب با کاهش شار عبوری از حلقه، مخالفت می کند.

۳-۴ قانون لنز

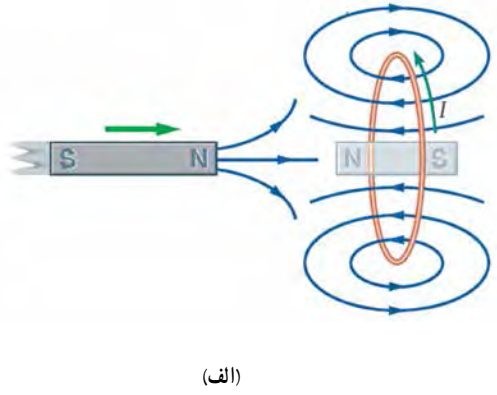
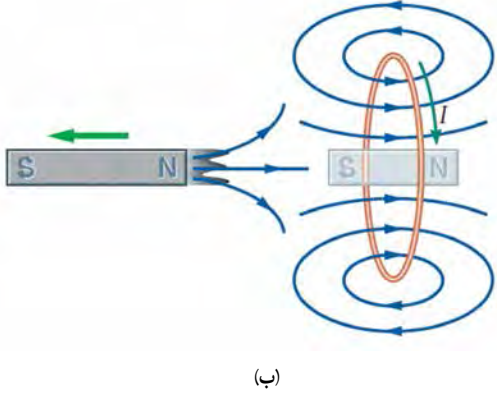
توجه کنید: اگر آهنربای را نشان می دهد که قطب N آن در حال نزدیک شدن به یک حلقه
 رسانا است. در این وضعیت اندازه Φ در محل حلقه افزایش می یابد و در نتیجه شار گذرنده از حلقه
 زیاد می شود. با توجه به قانون لیزر، جهت جریان القا می ایجاد شده در حلقه همان است که میدان مغناطیس
 ناشی از آن با افزایش شار مخالفت کند. یا در این، میدان مغناطیس حلقه در خلاف سوی میدان
 مغناطیس آهنربا می شود. با توجه به قانون دست راست و از روی جهت میدان مغناطیس حلقه، جهت
 جریان در حلقه تعیین می شود. همچنین اگر مغناطیس شکل ۳-۴ ب، قطب N آهنربا را از حلقه
 رسانا دور کند، جهت جریان القا می در حلقه خواهد بود که میدان مغناطیس تولید شده توسط حلقه، همسو
 با میدان آهنربا می شود و به این ترتیب با کاهش شار عبوری از حلقه، مخالفت می کند.

۱۱۷

راهنمای تدریس : قانون لنز هر چند بیان ساده و روشنی دارد با این وجود بررسی های مختلف نشان داده است که دانش آموزان در کاربرد آن و تعیین جهت جریان القا می در یک مولد معمولاً دچار اشتباه می شوند.

در کتاب های درسی از دو رهیافت نزدیک به هم برای بیان این قانون و چگونگی تعیین جهت جریان القا می استفاده می شود که یک رهیافت آن در شکل ۴-۵ آمده است.

رهیافت دیگر، که در ادامه توضیح داده شده است نیز به همان اندازه رهیافت کتاب مفید است. مطابق رهیافت دوم، وقتی آهنربایی مثلاً با قطب N به حلقه ای رسانا نزدیک می شود، سمتی از حلقه که روبه روی آهنرباست، مانند قطبی همنام با آهنربا رفتار می کند و می خواهد با نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند (شکل الف). همچنین هنگام دور شدن آهنربا از حلقه، سمتی از حلقه که روبه روی آهنرباست، مانند قطبی ناهمنام با آهنربا رفتار می کند و می خواهد با دور شدن آهنربا از حلقه مخالفت کند (شکل ب).



همان طور که دیده می شود، رهیافت کتاب مبتنی بر مخالفت با تغییر شار است، در حالی که رهیافت دوم مبتنی بر مخالفت با حرکت آهنرباست.

لازم است دانش آموزان توجه کنند که قانون لنز برای مدارهای بسته ای که به هر دلیل در آنها جریان القا می شود کاربرد دارد

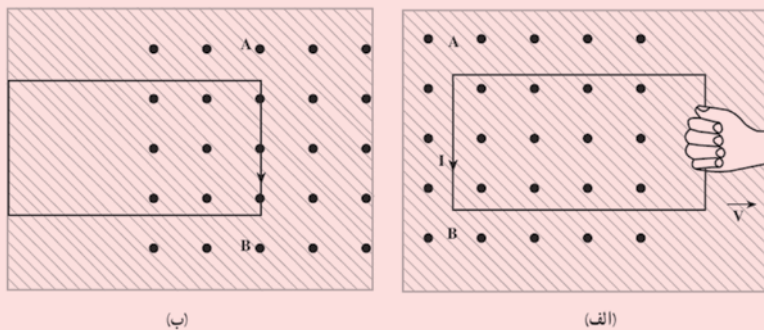
(شکل الف)، در حالی که اگر مدار بسته نباشد، مشابه (حلقه ناکامل) شکل ب، نه جریانی در مدار القا می‌شود و نه می‌توان از قانون لنز برای تعیین جهت آن استفاده کرد.



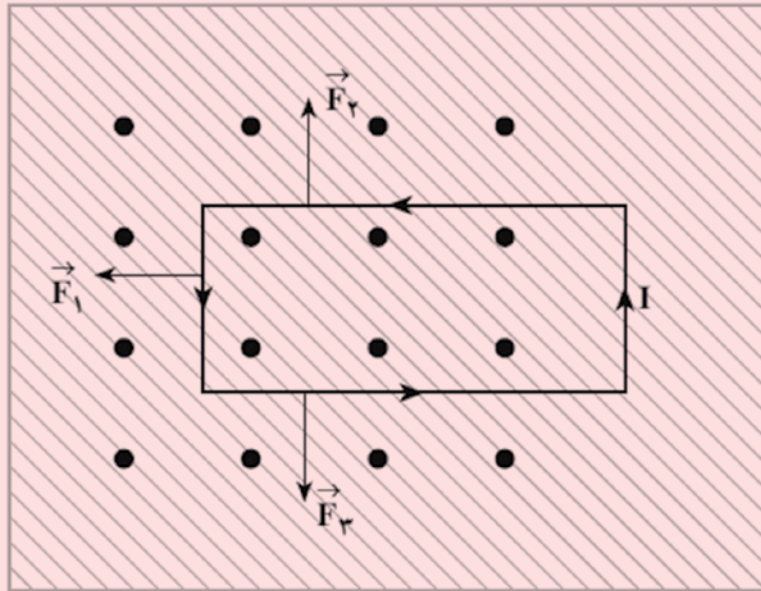
دانستنی برای معلم

بررسی میکروسکوپی قانون لنز با استفاده از قانون پایستگی انرژی

یک حلقه مستطیل شکل را که در صفحه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت B (شکل زیر) قرار دارد، در نظر بگیرید و فرض کنید که شخصی این حلقه را از چپ به راست می‌کشد. اگر مسئله را از دید یک ناظر بیرونی (مثلاً سوار بر آهنربا) بررسی کنیم، متوجه می‌شویم که از دید این ناظر، بر حامل‌های بار مثبت، نیرویی طبق رابطه $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ وارد می‌شود. از قاعده دست راست در می‌یابیم که امتداد اثر این نیرو در شاخه AB رو به پایین است. از آنجا که جهت قراردادی جریان، جهت حرکت بارهای مثبت فرضی است پس با کشیدن حلقه به سمت راست، جریانی پاد ساعتگرد در حلقه تولید می‌شود. جالب آنکه اگر حلقه را از راست به چپ به درون هل دهیم در حلقه جریان ساعتگرد ایجاد می‌شود. حال بیایید مسئله را از دید ناظری سوار بر حلقه بررسی کنیم؛ از آنجا که این ناظر، حرکت حلقه را مشاهده نمی‌کند، باید برقراری جریان را، که چیزی واقعی است و نباید به ناظرها وابسته باشد، طوری دیگر توجیه کند. این ناظر بالاخره مجبور می‌شود به این نتیجه منطقی برسد که چون در نبود حرکت حلقه نیرویی که می‌تواند بارها را در حلقه به حرکت درآورد، نیرویی الکتریکی است، پس یک میدان مغناطیسی متغیر میدان الکتریکی ای تولید می‌کند که بارها را در جهت پادساعتگرد به حرکت درمی‌آورد.



حال با توجه به اینکه می‌دانیم بر یک رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی، نیروی برابر $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$ وارد می‌شود، آنگاه با استفاده از قاعده دست راست در می‌یابیم که بر اضلاع مستطیل، نیروهایی مطابق شکل زیر وارد می‌شوند. بدیهی است که \vec{F}_2 و \vec{F}_3 یکدیگر را خنثی می‌کنند و بنابراین، این فقط \vec{F}_1 است که در برابر حرکت مقاومت می‌کند. توجه کنید که اگر حلقه را به طرف داخل میدان حرکت می‌دادیم، جهت جریان ساعتگرد و در نتیجه جهت نیروی \vec{F}_1 ، خلاف جهت قبلی و دوباره در جهت مخالفت با عامل به وجود آورنده آن می‌شد.



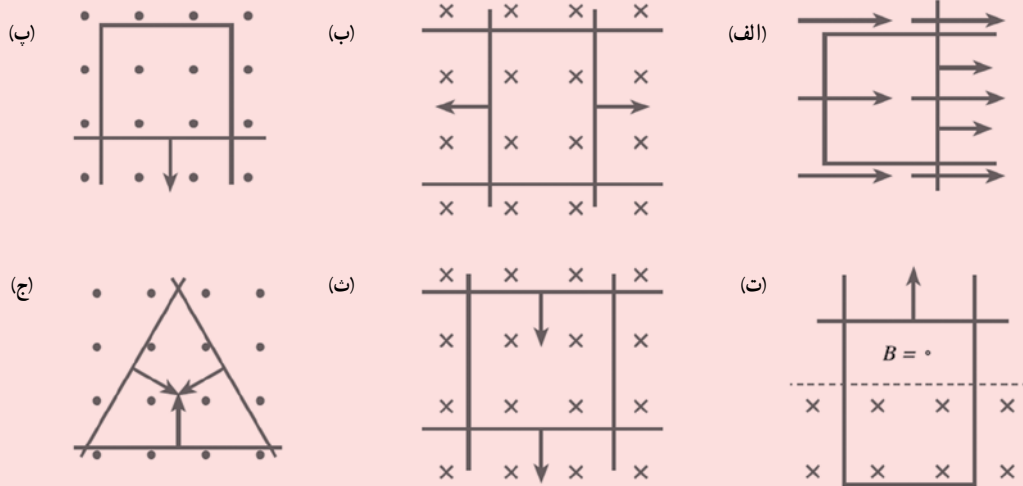
حال می‌خواهیم ثابت کنیم که قانون لنز در واقع چیزی جز پایستگی انرژی نیست. دیدیم که ناظر سوار بر حلقه وجود جریان را به نیرویی الکتریکی نسبت می‌دهد. بدیهی است که مقدار این نیرو باید با نیروی مغناطیسی که ناظر سوار بر آهنربا محاسبه می‌کرد، برابر باشد: $qE = qvB$ ، و از آنجا $E = vB$ به دست می‌آید. از طرفی، اختلاف پتانسیل دو سر میله AB از رابطه $\mathcal{E} = El$ به دست می‌آید که با در نظر گرفتن رابطه بالا به $\mathcal{E} = vBl$ خواهد انجامید. می‌دانیم که جریان موجود در مدار را می‌توان از رابطه $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

که R مقاومت مدار است، محاسبه کرد؛ چون $\mathcal{E} = vBl$ است، پس $I = \frac{vBl}{R}$ و از آنجا $F = IBl = \frac{l^2 B^2 v}{R}$ خواهد شد.

بنابراین، عاملی که حلقه را می‌کشد، با توان ثابت $P = Fv = \frac{B^2 l^2 v^2}{R}$ کار انجام می‌دهد. حال اگر آهنگ تولید انرژی در مدار از رابطه $P = I^2 R$ محاسبه کنیم، دوباره به رابطه بالا می‌رسیم. به عبارت دیگر، قانون لنز چیزی جز تبدیل کار مکانیکی به انرژی گرمایی نیست. کار انجام شده روی سیستم، درست برابر با انرژی داخلی القا شده در سیم است؛ زیرا اینها تنها انرژی‌هایی هستند که در سیستم به یکدیگر تبدیل می‌شوند.

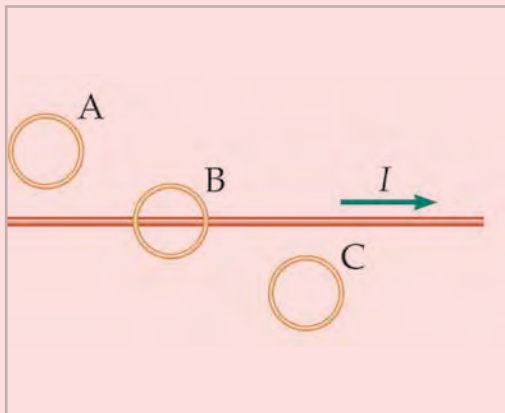
پرسش‌های پیشنهادی بخش ۴-۳

۱ در شکل زیر یک یا چند قسمت از حلقه‌های رسانا با سرعت ثابتی درون میدان مغناطیسی یکنواختی حرکت می‌کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه تعیین کنید.

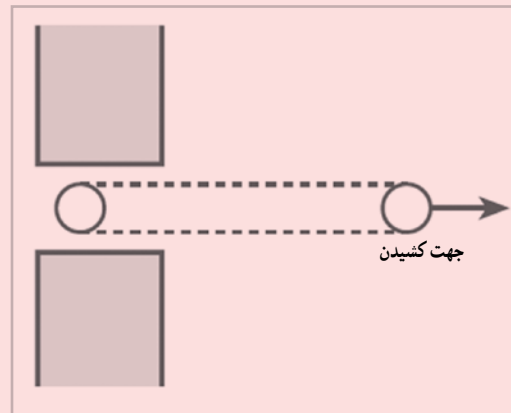


۲ در شکل چ مقطع حلقه‌ای نشان داده شده است که در حال کشیده شدن از بین قطب‌های دو آهنرباست. جهت جریان القایی را در هر مقطع حلقه با علامت \bullet یا \times مشخص کنید.

۳ جریان عبوری از سیم راست افقی در حال افزایش است (شکل ح). جهت جریان القایی را در هر یک از حلقه‌ها تعیین کنید.



(ح)



(ج)

پرسش ۳-۴

الف) با توجه به جهت جریان القای در مدار شکل الف، توضیح دهید که آیا اجزای ریز به بالا حرکت می‌کنند یا ریز به پایین.

ب) جهت میدان \vec{B} ناشی از سیم حامل جریان I ، در محل حلقه برون‌سو است. چون جریان I در حال افزایش است، بنابه قانون لنز باید جهت جریان در حلقه، ساعتگرد باشد تا با افزایش شار عبوری از حلقه، مخالفت کند.



۳-۴ الف) الف) با توجه به جهت جریان القای در مدار شکل الف، توضیح دهید که آیا اجزای ریز به بالا حرکت می‌کنند یا ریز به پایین.

۳-۴ ب) جهت میدان \vec{B} ناشی از سیم حامل جریان I ، در محل حلقه برون‌سو است. چون جریان I در حال افزایش است، بنابه قانون لنز باید جهت جریان در حلقه، ساعتگرد باشد تا با افزایش شار عبوری از حلقه، مخالفت کند.

۳-۴ الف) الف) با توجه به جهت جریان القای در مدار شکل الف، توضیح دهید که آیا اجزای ریز به بالا حرکت می‌کنند یا ریز به پایین.

۳-۴ ب) جهت میدان \vec{B} ناشی از سیم حامل جریان I ، در محل حلقه برون‌سو است. چون جریان I در حال افزایش است، بنابه قانون لنز باید جهت جریان در حلقه، ساعتگرد باشد تا با افزایش شار عبوری از حلقه، مخالفت کند.

پرسش ۳-۴

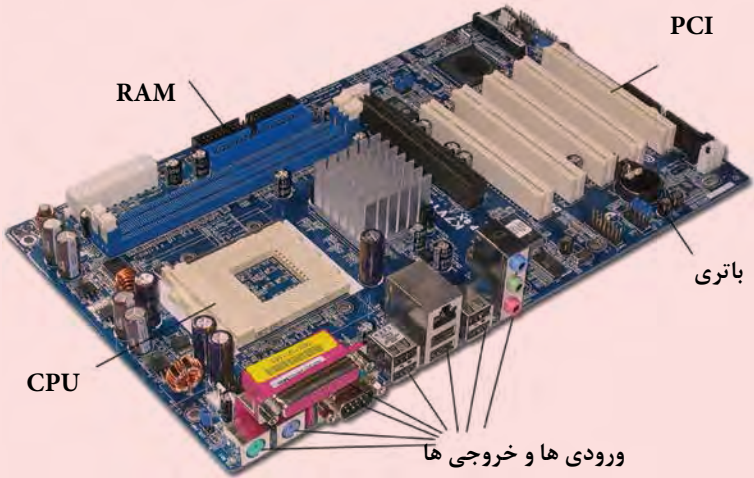
الف) با توجه به جهت جریان لنز، آهنربا در حال دور شدن از پیچه است؛ یعنی رو به پایین حرکت می‌کند.

ب) جهت میدان \vec{B} ناشی از سیم حامل جریان I ، در محل حلقه برون‌سو است. چون جریان I در حال افزایش است، بنابه قانون لنز باید جهت جریان در حلقه، ساعتگرد باشد تا با افزایش شار عبوری از حلقه، مخالفت کند.

۴-۴- الفاکرها

راهنمای تدریس : تا اینجا دانش آموزان آزمایش‌های مربوط به القای الکترومغناطیسی را با پیچ‌های مختلف (که نوعی الفاکر هستند) انجام داده‌اند هرچند برای آنها، نام الفاکر به کار نبرده‌اند.

در این بخش شکل ۴-۶ دانش آموزان را با انواع مختلف الفاکر آشنا کنید. به این منظور، انواع الفاکر که در آزمایشگاه موجود است را به کلاس درس ببرید و در اختیار دانش آموزان قرار دهید تا با انواع الفاکر آشنا شوند و در صورت لزوم به کاربرد آنها در مدارهای مختلف نیز می‌توانید اشاره کنید.



به‌عنوان یک فعالیت ساده می‌توانید، مادربرد^۱ یک رایانه را به کلاس درس ببرید و ضمن اینکه دانش آموزان با برخی از قطعات آن که تاکنون با آنها آشنا شده‌اند (مقاومت و خازن) با الفاکرهای تعبیه شده روی مادربرد نیز آشنا شوند.

آزمایش ۴-۲، که آزمایشی ساده و مفید برای دیدن پدیده خود-القایی است به چندین روش در مجموعه فیلم‌های مربوط به آموزش مجازی فیزیک ۲ آمده است که توصیه می‌شود آن را مشاهده کنید.

اثبات ضریب القایی مربوط به

سیملوله، جزو اهداف این کتاب نیست و صرفاً مطابق رابطه ۴-۴ باید گزارش شود و دانش آموزان باید به عوامل دخیل در مقدار این کمیت آشنا شوند.

۱- Motherboard

توجه

همان طور که نتیجه مثال ۴-۵ نیز نشان می‌دهد H برای ضریب القاوری یک القاگر عدد بسیار بزرگی است و برای سیمولوله‌ای با حدود 2000 دور و طول 6m ، این ضریب از مرتبه میلی هانری (mH) است. این موضوع در بخش اول تمرین ۴-۳ مورد توجه قرار گرفته است.

تمرین ۳-۴

ضریب القاوری سیمولوله آیزن درون هسته‌ای به طول 40cm و سطح مقطع 1cm^2 را پیدا کنید که شامل 2000 حلقه از یک به هر است.

پاسخ: با توجه به یادگیری سسته داریم:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2}{4\pi l} \Rightarrow 40 \times 10^{-2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \mu_r \times 2000^2}{4\pi \times 0.4}$$

با قراردادن مقادیر بالا در رابطه $L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2}{4\pi l}$ داریم:

$$40 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \mu_r \times 2000^2}{4\pi \times 0.4} \Rightarrow \mu_r = 1000$$

تمرین ۳-۳

۱- تعداد سلفهای سیمولوله‌ای بدون هسته، به طول 40cm و سطح مقطع 1cm^2 چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن 1H شود؟
 ۲- دو سیمولوله بدون هسته از سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیمولوله‌ها دو برابر دیگری باشد، ضریب القاوری چند برابری است؟

جواب است: بدانید! کار و انرژی در القاوری القاوری

حالتی تصور که در ابتدای این بخش دیدیم القاگرها با ذخیره انرژی در مدار مقاومت می‌کنند، به همین دلیل وقتی همسایه‌های القاوری‌شان (همسایه‌های القاوری‌شان) دارند. در این لحظه، جریان القاوری از القاگر می‌گذرد که ضرایب القاوری را برآورده می‌کند و اگر القاگر را از القاگر جدا کنیم، به همین دلیل ضریب القاوری آن کمتر می‌شود. اگر القاگر را جدا کنیم، القاگر باقی می‌ماند اما به دلیل این که القاگر را از القاگر جدا کرده‌ایم، القاوری آن کمتر می‌شود. و این القاگر را از القاگر جدا کرده‌ایم، القاوری آن کمتر می‌شود. و این القاگر را از القاگر جدا کرده‌ایم، القاوری آن کمتر می‌شود.

القای متقابل: شکل ۳-۳ سیمولوله‌های سیمولوله‌ای را برای بررسی القای متقابل نشان می‌دهد. جریان دوری از سیمولوله ۱ به میان سلفهای ۲ را به وجود می‌آورد. این میدان القای متقابل، القاوری را از سیمولوله ۱ می‌گذراند که در مجاورت آن قرار دارد. با تغییر دایره‌های القاوری و مسیر جریان در سیمولوله ۱، میدان سلفهای ۲ را در نتیجه شار القاوری از سیمولوله ۱ تغییر می‌دهد. این تغییر می‌تواند القاوری را در سیمولوله ۲ تغییر دهد.

تمرین ۳-۴

۱

$$N = ? , l = 2/\lambda m$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 , L = 1 \text{ H}$$

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{l}$$

$$1 \text{ H} = (4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}) = \frac{(10 \times 10^{-4} \text{ m}^2) N^2}{2/\lambda \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$\Rightarrow N^2 = \frac{2/\lambda}{4\pi \times 10^{-9}} = 2/2 \times 10^8$$

در این صورت $N = 15000$ دور خواهد شد که تعداد دور بالایی است.

۲

$$N_1 = N_2 \text{ و } \ell_1 = 2\ell_2 \text{ و } L_1/L_2 = ?$$

با توجه به رابطه ضریب القاوری سیمولوله به سادگی خواهیم داشت $L_1 = \frac{1}{3} L_2$.

تمرین ۳-۳

این شکل، نیروی محرکه‌ای را در سیمولوله ۱ القا می‌کند که به ایجاد جریان القاوری در آن سیمولوله می‌انجامد. همچنین، تغییر جریان در سیمولوله ۲، سیمولوله القاوری، سیمولوله القاوری را در سیمولوله ۱ القا می‌کند. این فرآیند، القاوری متقابل را در سیمولوله‌ها ایجاد می‌کند. سیمولوله القاوری، سیمولوله القاوری را در سیمولوله ۱ القا می‌کند. سیمولوله القاوری، سیمولوله القاوری را در سیمولوله ۱ القا می‌کند. سیمولوله القاوری، سیمولوله القاوری را در سیمولوله ۱ القا می‌کند.

شکل ۳-۳ سیمولوله‌های سیمولوله‌ای را برای بررسی القای متقابل نشان می‌دهد. جریان دوری از سیمولوله ۱ به میان سلفهای ۲ را به وجود می‌آورد. این میدان القای متقابل، القاوری را از سیمولوله ۱ می‌گذراند که در مجاورت آن قرار دارد. با تغییر دایره‌های القاوری و مسیر جریان در سیمولوله ۱، میدان سلفهای ۲ را در نتیجه شار القاوری از سیمولوله ۱ تغییر می‌دهد. این تغییر می‌تواند القاوری را در سیمولوله ۲ تغییر دهد.

تمرین ۴-۴

$$\ell = 22 \text{ cm}, A = 0.44 \text{ cm}^2$$

$$N = 2000 \text{ دور}, I = 1/7 \text{ A}$$

$$L = \mu \cdot \frac{AN^2}{\ell}$$

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

$$= \frac{(0.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(2000)^2}{22 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$\Rightarrow L \approx 10^{-3} \text{ H} = 1 \text{ mH}$$

$$v = \frac{1}{2} LI^2$$

$$= \frac{1}{2} (1 \times 10^{-3} \text{ H})(1/7 \text{ A})^2$$

$$\Rightarrow v = 1/44 \times 10^{-3} \text{ J} = 1/44 \text{ mJ}$$

همان‌طور که نتیجه صفحه قبل نشان می‌دهد، ضریب القایی لازم، بسیار بیشتر از ضریب القایی یک القاگر معمولی (در حد میلی‌هاری است) که در آزمایشگاه از آن استفاده می‌کنیم. افزون بر این همان‌طور که در فصل ۲ دیدیم سیم‌های معمولی که بتوانند جریان ۲۰۰۰ A را از خود عبور دهند باید قطر بسیار بزرگی داشته باشند. در نتیجه اندازه یک القاگر ۱۸۰۱۱ که از سیم‌های معمولی ساخته شده باشد و بتواند چنین جریانی را تحمل کند، باید خیلی بزرگ (به اندازه یک اتاق بزرگ) باشد. با توجه به فناوری‌های موجود این ایده غیر عملی است و توجه اقتصادی ندارد.

تمرین ۴-۳

سیلندری آبرفتی به‌طور هم‌زمان به طول ۲۲ cm و با جلدخانه‌ای به مساحت ۰.۴۴ cm² شامل ۲۰۰۰ الی حلقه تزیینک به هم است و جریان ۱/۷ A از آن می‌گذرد. ضریب القایی و انرژی ذخیره شده در سیلندری را حساب کنید.

تکامل و کاربرد انرژی در جریان مستقیم و در مدارهای القاگر

انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی ناشی از جریانی در سیم‌های القاگر خودرسان یا مغزور برقی دارد. بیجه اولیه با حدود ۲۵۰ دور به باری خودرسان بسته شده است و میدان مغناطیسی قوی‌ای تولید می‌کند. این بیجه، درون یک بیجه آلومینیوم ۲۵۰۰ دور سیم‌خوابی قرار گرفته است. برای برقراری جریان در بیجه آلومینیومی و میدان مغناطیسی به سرعت به‌طرف می‌رسد و انرژی محرک الکتریکی در مدارها را در بیجه آلومینیومی القا می‌کند. در نتیجه انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی هم‌راهِ با جریانی القا شده از بیجه آلومینیوم به طرف بیجه می‌رود و جریانی تولید می‌کند که سبب اختراق مغناطیسی می‌شود و هم‌راهِ آن در سیم‌های مغزور می‌شود (شکل ۲۰-۱۰).



۲۰-۳ جریان مستقیم

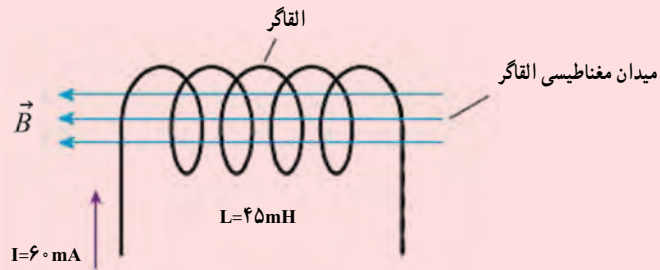
در مدارهای جریان مستقیم، به‌تفاوتی با مدارهای جریان متناوب، در مدارهای مستقیم از انرژی الکتریکی از محل تولد تا محل مصرف صورت گرفت. آمپسون توان جریان مستقیم (۱۰۰۰ W) در حالی که در مدارهای مستقیم از جریان مستقیم حاصل می‌گردد. در مدارهای مستقیم، جریان مستقیم می‌تواند در مدارهای القاگر و توزیع برق و بیشتر وسایل خانگی با جریان مستقیم به کار آید.



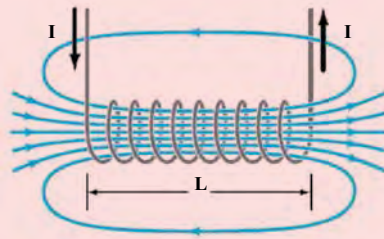
شکل ۲۰-۱۰ دو مدار ساده جریان مستقیم و جریان متناوب را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید جهت جریان در مدار جریان مستقیم معین است، در حالی که در مدار جریان متناوب به دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی‌توان جهت معینی را برای جریان در نظر گرفت. تمامی پرونده‌های مستقیم که در آن مدار و میدان باقی‌مانده است.

پرسش های پیشنهادی بخش ۴-۴

۱ انرژی ذخیره در القاگر شکل زیر چقدر است؟



۲ سطح مقطع و طول سیملوله شکل زیر به ترتیب 2 cm^2 و 8 cm است. اگر تعداد حلقه های این سیملوله برابر 1000 باشد، ضریب خودالقایی آن را پیدا کنید.



۳ ضریب خودالقایی القاگری 1 mH است. چه جریانی باید از این القاگر بگذرد تا 2 mJ انرژی در آن ذخیره شود؟

دانستنی برای معلم

به طور سنتی، کارخانه‌های ریخته‌گری از کوره‌های آتش برای ذوب فلزها استفاده می‌کنند. ولی، بسیاری از کارخانه‌های ریخته‌گری امروزی برای پرهیز از آلودگی‌های ناشی از این کوره‌ها، از کوره‌های القایی استفاده می‌کنند که در آنها فلزها با جریان سیم‌های عایقی گرم می‌شوند که به دور ظرفی که فلزها را در خود جای داده است، پیچیده شده‌اند.



۴-۵- جریان متناوب

راهنمای تدریس : همان‌طور که در کتاب نیز اشاره شده است، بهتر است با تاریخچه‌ای از بحث‌های علمی در خصوص مزیت جریان متناوب و جریان مستقیم ارائه کنید؛ حتی فیلم‌های مستندی در این خصوص نیز تولید شده است که مشاهده آنها می‌تواند انگیزه مناسبی در دانش‌آموزان ایجاد کند.

تولید جریان متناوب یکی از کاربردهای مهم از القای الکترومغناطیسی، تولید جریان متناوب است. پیش از این دیدیم که برای تولید نیروی محرکه القایی باید مدار دوری از پیچیده‌تر کرد. همچنین دیدیم که در حضور میدان مغناطیسی متغیر ناشی از آن پیچیده‌تر از رابطه $i = I_m \sin \omega t$ مشاهده می‌شود که در آن I_m زاویه بین سطح مقطع و سطح عمود و میدان مغناطیسی است. راجح این روش برای قشر شار و در نتیجه تولید جریان القایی، به‌ویژه زاویه $\theta = 90^\circ$ است. چنانچه زاویه را نشان می‌دهد که می‌تواند در میدان مغناطیسی متغیر در مدار θ بچرخد.

هر دور چرخش پیچیده معادل 2π رادیان است. اگر پیچیده بطور یکدست بچرخد و هر دور چرخش آن 2π زاویه طول کشد، پیچیده در مدت T ثانیه به اندازه $\frac{2\pi}{T}$ دور خواهد چرخید. فرضیه اگر سطح پیچیده در لحظه $t = 0$ عمود بر میدان مغناطیسی باشد $(\theta = 0)$ پس از گذشت t ثانیه زاویه θ را می‌سازد $(\theta = \omega t)$ رادیان است. زمان یک دور چرخش کامل پیچیده 2π را دور، یا زمان تناوب می‌نامند. شاری که در لحظه t از پیچیده می‌گذرد برابر است با

$$i = I_m \sin \omega t$$

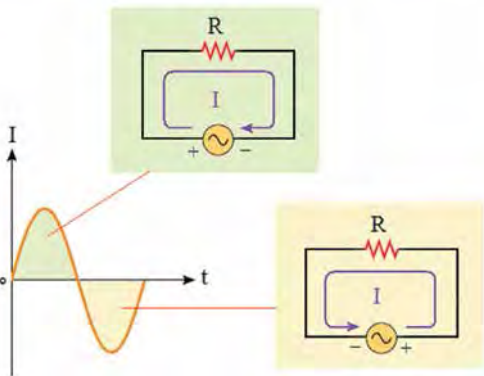
به کمک قانون تانژانت می‌توان نشان داد نیروی محرکه القایی در پیچیده در لحظه t از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

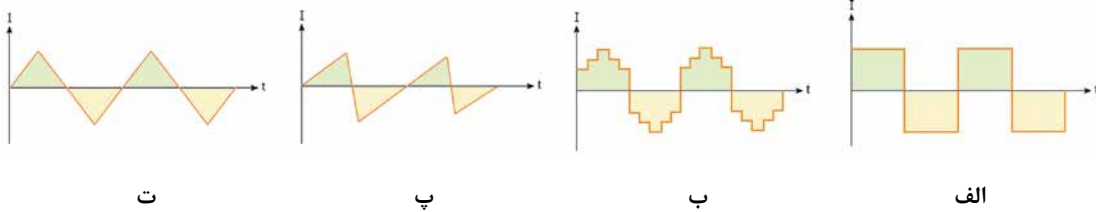
که در آن e پهنای شار تانژانت نیروی محرکه القایی در پیچیده است. این رابطه نشان می‌دهد که نیروی محرکه القایی به‌طور دورانی نسبت به زمان تغییر می‌کند.

بنابراین اگر یک بار از مدار دوری می‌گذرد.

برای درک بهتر شکل ۴-۱۳ کتاب درسی، خوب است شکل زیر را نیز روی تابلو رسم کنید تا تغییر جهت جریان در جریان متناوب بهتر تبیین شود.

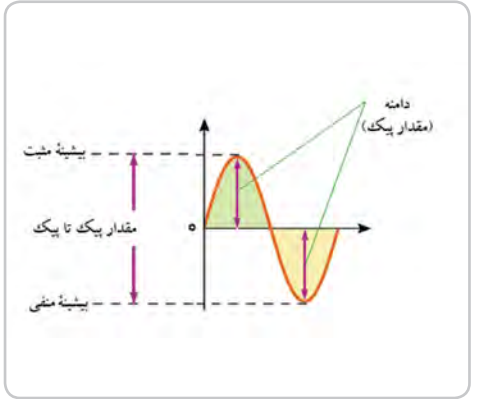


در ادامه می‌توانید نمونه‌های دیگری از موج متناوب را به دانش‌آموزان معرفی کنید که به منظور خاصی تولید می‌شوند و در کاربردهای روزمره متداول نیستند (شکل مقابل)

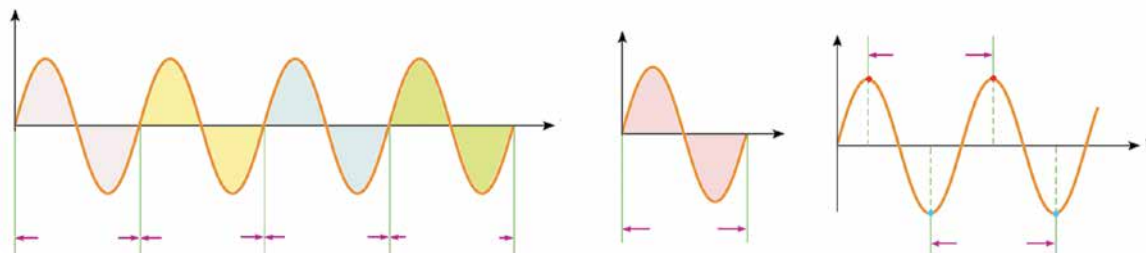


چند نمونه از شکل‌های موج جریان متناوب (الف) موج مربعی، (ب) موج بله‌ای، (پ) موج دندان‌اره‌ای، (ت) موج مثلثی.

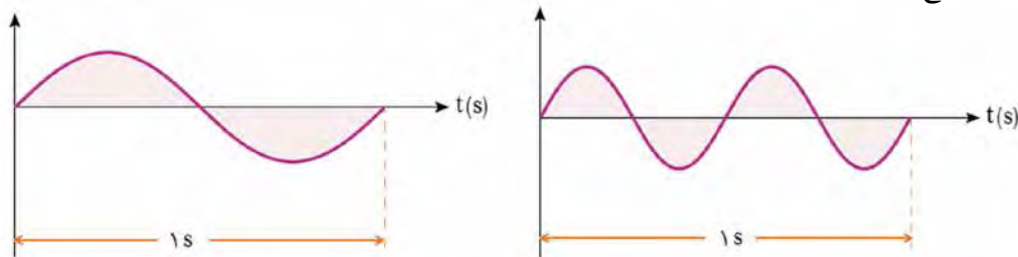
در کتاب‌های مهندسی معمولاً فاصله بیشینه مثبت تا بیشینه منفی را در جریان متناوب، مقدار پیک تا پیک می‌گویند که دو برابر دامنه موج است (شکل رو به رو).



از آنجا که دانش آموزان در دوره اول متوسطه با مفاهیم مرتبط با نوسان و موج آشنایی پیدا نکرده‌اند، لذا در این قسمت نگاهی اجمالی به برخی از مفاهیم اولیه مورد نیاز در این بخش داشته باشید. با رسم شکل‌هایی مشابه شکل‌های زیر، مفهوم چرخه و دوره تناوب را برای دانش آموزان معرفی کنید.



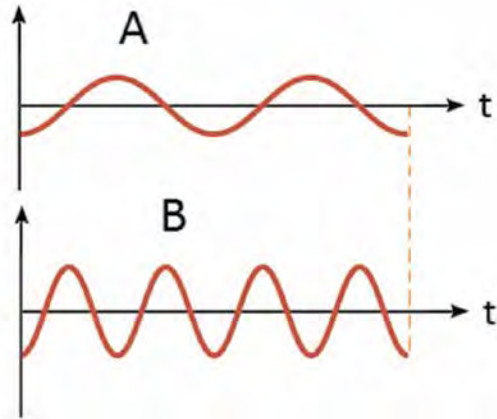
مفهوم بسامد را نیز می‌توانید در ادامه همین قسمت به دانش آموزان معرفی کنید. تعداد چرخه‌ها در یکای زمان، بسامد نامیده می‌شود و وارون دوره تناوب است ($f = \frac{1}{T}$). یکای بسامد چرخه بر ثانیه یا عکس ثانیه (S^{-1}) است که هرتز (Hz) نامیده می‌شود. شکل زیر دو موج سینوسی با بسامد متفاوت را نشان می‌دهد.



از آنجا که دانش آموزان در این پایه تحصیلی با مفهوم مشتق در درس ریاضی خود آشنا نشده‌اند، لذا رابطه ۴-۶ بدون اثبات و صرفاً به صورت نتیجه‌گیری از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده به دانش آموزان معرفی شود.

پرسش پیشنهادی

نسبت دوره تناوب و بسامد دو نمودار جریان متناوب A و B را به ترتیب به دست آورید.



اگر تفاوت کل مدار چیه و برای R باشد با توجه به رابطه $R = \frac{V}{I}$ ، جریان که در چیه القا می‌شود برابر است با:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

در این رابطه I_m بیشترین شدت جریان القا شده در چیه و برای R باشد $R = \frac{V}{I}$ است. رابطه $V = IR$ همچنین نشان می‌دهد که جریان القا می‌شود در چیه به طور مستقیم تغییر می‌کند. به همین سبب به آن **جریان متناوب** می‌گویند. نمودار این جریان نسبت زمان در یک دوره در شکل ۳-۱۳ رسیده است.

شکل ۳-۱۳ تولد جریان متناوب سینوسی در مدار یک دوره را نشان می‌دهد. در $t = 0$ سطح چیه بر خطوط مدار مغناطیسی عمود است و جریانی در مدار وجود ندارد. هنگامی که $t = \frac{T}{4}$ است، چیه یک چهارم دور می‌چرخد تا در وضعیت شکل ۳-۱۴ پ به نور می‌گردد. در حین این چرخش، شار مغناطی از چیه تغییر می‌کند و جریان از صفر به مقدار بیشینه مثبت می‌رسد. از آنجا که در این چرخش، چیه به چرخش ادامه می‌دهد تا در وضعیت شکل ۳-۱۵ پ به نور می‌گردد. در نتیجه جریان از مقدار بیشینه مثبت به صفر می‌رسد از دو چرخش، پس از آن چیه از وضعیت شکل ۳-۱۶ پ به وضعیت شکل ۳-۱۷ ت می‌رسد. در حین این چرخش، جریان از صفر به مقدار بیشینه منفی می‌رسد از دو چرخش. سرانجام چیه یک دور می‌چرخد و به آن ترتیب یک چرخه کامل را طی می‌کند و به وضعیت شکل ۳-۱۸ ت می‌رسد و در نتیجه چیه از مدار بیشینه منفی به صفر می‌رسد. این حرکت و ظهور متناوب (ی‌ا‌ر) توسط چیه ادامه می‌یابد و جریان متناوب تولد می‌شود.

تمرین ۴-۵

الف) دانش‌آموزان به سادگی می‌توانند با جایگذاری زمان t در معادله جریان - زمان مولد، جریان را در هر لحظه دلخواه پیدا کنند. برای مثال در لحظه $t = 2/0 \text{ ms}$ داریم

$$I = (4/0 \times 10^{-2}) \sin 25^\circ \pi \times 2 \times 10^{-3}$$

$$= 4/0 \times 10^{-2} \sin \frac{\pi}{2} = 2/0 \times 10^{-2} \text{ A}$$

$$= 2/0 \text{ mA}$$

ب) دانش‌آموزان با مقایسه معادله داده شده با شکل کلی معادله می‌توانند دوره تناوب را به دست آورند که برابر

$$s \Rightarrow T = \frac{1}{125} = 25^\circ \pi \times \frac{2\pi}{T}$$

در نورگدهای تولد برق، برای تولد جریان متناوب از مولدهای خاصی استفاده می‌شود که به آنها مولدهای متناوب جریان متناوب می‌گویند. در مولدهای متناوب چیه مسطح یا گرد است و آهنربای الکتریکی در آنها می‌چرخد (شکل ۳-۱۹). در نورگدهای تولد برق در ایران، آهنربای الکتریکی در هر ثانیه ۵۰ دور می‌چرخد. این نسبت را بسامد برق تولد شده می‌گویند و بصورت ۵۰ Hz بیان می‌کنند. یکای (ب) بسامد 1 Hz یا (هرز) است.

شکل ۳-۱۹ مولد جریان متناوب سینوسی در یک دوره چرخش کامل

شکل ۳-۲۰ نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک دوره چرخش متناوب تولد کرده است. معادله جریان سینوسی زمان را بوسیله:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

توضیح: چون جمع چرخه در 2π است، پس $2\pi = 2\pi \times 1$ است. همچنین با توجه دور تناوب برای $T = 0.02$ است. همچنین با توجه به نمودار، بیشترین شدت جریان $I_m = 0.02$ است. در نتیجه از رابطه $I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$ نتیجه می‌گیریم:

$$I = 0.02 \sin \frac{2\pi}{0.02} t = 0.02 \sin 100\pi t$$

نتیجه نهایی و حسب یکای (ب) نوشته شده است.

تمرین ۳-۳

معادله جریان - زمان یک مولد جریان متناوب و حسب یکای (ب) بصورت $I = 0.02 \sin 100\pi t$ است. الف) چیه در دو لحظه $t = 0.01$ و $t = 0.02$ چیه چقدر است؟ ب) دوره تناوب چیه را به دست آورید و نمودار جریان - زمان را در یک دوره کامل رسم کنید.

فعالیت ۱-۴

انتظار می‌رود دانش‌آموزان با آشنایی مختصری که از دیود و یسکو بودن انتقال جریان الکتریکی در آن به دست آورده‌اند به سادگی بتوانند نمودار شکل (ب) را برای مدار شکل (پ) دوباره رسم کنند.

نتیجه را می‌توانند به صورت نمودار شکل (الف) یا نمودار شکل (ب) رسم کنند.

شکل ۳-۱

در فصل ۲ دیدیم که دیود جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می‌شود. به همین دلیل آن را یکسو کننده جریان می‌نامند. نمودار شکل (ب) خسرات جریان بر حسب زمان را برای مدار شکل (الف) نشان می‌دهد. پس از گذر دیود در گروه، نمودار خسرات جریان بر حسب زمان را برای مدار شکل (پ) رسم کنید.

مبدل‌ها، یکی از بنیادی‌ترین مباحث توزیع توان الکتریکی در شبکه آن است که اجزای و بخش‌ها و ولتاژ در، بسیار آسان‌تر از شبکه است. رای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، نا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم. این کار علاوه بر توان را در خط‌های انتقال کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده و در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه‌جویی کرد.

خط‌های انتقال توان الکتریکی به طور معمول از ولتاژهایی در حدود ۱۰۰-۱۱۷۰ استفاده می‌کنند. شکل (۱۸-۳) از طرف دیگر، ملاحظات ایمن و الزامات اقتصادی در ساخت و پایداری خط‌های و صنعتی، ولتاژهای به نسبت پایین‌تری را در محل مصرف انرژی ضروری می‌کند. ولتاژ استاندارد برای سیم‌کشی خانگی در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر ۲۲۰-۲۳۰ است. تبدیل ولتاژ مورد نیاز با استفاده از مبدل‌ها صورت می‌گیرد.

شکل ۱۸-۳: یکی از انواع انتقال توان الکتریکی در شبکه انتقال سیم‌ها. ولتاژ یا به عدد ۲۲۰-۲۳۰ افزایش می‌دهد. در کشور ما، مبدل‌های استفاده شده، ولتاژ را کاهش می‌دهد تا توان الکتریکی با امنیت بیشتر به محل مصرف برسد.

تمرین ۶-۴

مشابه مثال ۸-۴ است و دانش‌آموزان به سادگی می‌توانند این تمرین را حل کنند ($V_2 \approx 370 \text{ V}$).

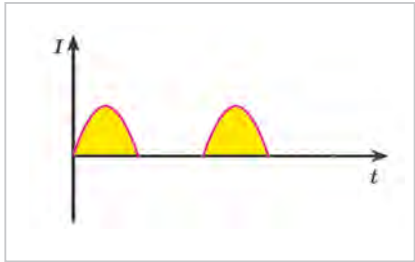
شکل ۱۹-۳: مبدل شللی دو پیچ با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد که دور یک هسته آهنی (مغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند. در عمل پیچ اول با ۱۲ دور و ولتاژ ۱۲۰ ولت پیچ شده است و پیچ ثانویه با ۱۸۰ دور و ولتاژ ۱۲۰۰ را آیس می‌کند. رای یک مبدل آرنی که مغناطیس پیچ‌های اول و دوم آن با هم است. رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \quad (۱۸-۴)$$

که در یک هسته آهنی پیچیده شده است.

مثال ۱۹-۳: شکل زیر دو پیچ یک مبدل ۲۲۰-۷ و ۱۲۰-۷ را نشان می‌دهد. پیچ اول به ۸۰۰۰ دور دارد. فرض آرنی بودن مبدل، تعداد دورهای پیچ ثانویه را پیدا کنید. پاسخ: با توجه به رابطه (۱۸-۴) داریم: $N_2 = 8000 \times \frac{120}{220} = 436$ دور. با جای‌گذاری این مقدار در رابطه (۱۸-۴) داریم: $V_2 = 436 \times \frac{120}{8000} = 6.55 \text{ V}$ دور. $\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \Rightarrow \frac{220}{8000} = \frac{V_2}{436} \Rightarrow V_2 = 11.7 \text{ V}$

توجه: از وسیله‌های برقی، مانند مشرب‌کن برقی، برای کار کردن نیاز به ولتاژهای بالا از مرتبه چندین ولت دارند. شکل زیر مبدلی را نشان می‌دهد که ولتاژ لازم را برای کار یک دستگاه مشرب‌کن برقی فراهم می‌کند. اگر عدد دور اولیه مبدل ۱۸۰۰ و تعداد دور ثانویه ۱۸۰۰ باشد، عمل چه ولتاژی را برای کار کردن دستگاه مشرب‌کن نشان می‌کند؟



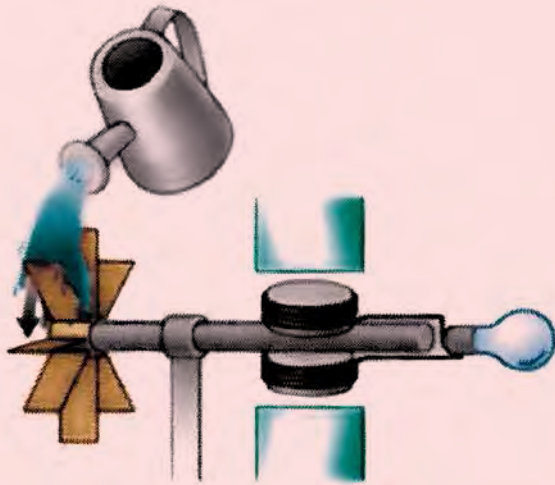
(الف)



(ب)

پرسش‌ها و تمرین‌های پیشنهادی بخش ۴-۵

- ۱ الف) برای افزایش روشنایی لامپ به وسیله مولد ساده شکل زیر سه راه پیشنهاد کنید.
 ب) تبدیل‌های انرژی زیر را در یک نیروگاه برق آبی کامل کنید. انرژی تولید شده توسط ژنراتور → انرژی
 توربینی → انرژی آب



- ۲ پیچۀ یک مولد جریان متناوب در هر 1 ms یک دور می‌چرخد. این پیچه در هر یک از زمان‌های $1\text{ }\mu\text{s}$ و 1 s چه زاویه‌ای بر حسب رادیان می‌چرخد؟
 ۳ معادله جریان متناوبی در SI به صورت $I = 2 \times 10^{-1} \sin 2 \cdot \pi t$ است.
 الف) دوره تناوب این جریان چقدر است؟
 ب) در چه لحظه‌ای برای اولین بار جریان بیشینه می‌شود؟
 پ) در لحظه $t = 75\text{ ms}$ جریان چقدر است؟
 ۴ معادله نیروی محرکه القایی در مداری به مقاومت $1\text{ }\Omega$ در SI به صورت زیر است

$$\varepsilon = 0.4 \cos 2 \cdot \pi t$$

- الف) زمان تناوب را حساب کنید.
 ب) در چه لحظه‌ای برای اولین بار نیروی محرکه القایی بیشینه می‌شود؟
 پ) جریان بیشینه را در مدار پیدا کنید.
 ت) معادله جریان را در مدار بنویسید.
 ث) در چه لحظه‌هایی برای اولین و دومین بار مقدار جریان عبوری از مدار بیشینه می‌شود؟

راهنمای پاسخ‌یابی پرسشی‌ها و مسئله‌های فصل ۴

۱-۳-۲ به‌دست آوردن القای الکترومغناطیسی و قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

دو سیم‌لوله با حلقه‌هایی با مساحت یکسان ولی با تعداد دور متفاوت را مطابق شکل‌های زیر به ولت‌سنج حساسی وصل کرده‌ایم. دریافت خود را از این شکل‌ها پی‌ریزید. (آهن‌رباها مشابه‌اند و با تعدی یکسانی به‌طرف سیم‌لوله‌ها حرکت می‌کنند.)

در سیم‌لوله مشابه را مطابق شکل‌های زیر به ولت‌سنج حساسی وصل کرده‌ایم. دریافت خود را از شکل‌های زیر پی‌ریزید. (آهن‌رباها مشابه‌اند ولی با تعدی متفاوتی به‌طرف سیم‌لوله حرکت می‌کنند.)

شکل داده شده نشان‌دهنده ساختار یک باتری با ولت‌سنج را نشان می‌دهد. اگر این باتری را روی یک پایه نصب کنید، به هنگام وزیدن باد عمده آن می‌جولد و ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد.

التماس: چرا چرخش عمده سبب تغییر القای ولت‌سنج می‌شود؟ آیا با افزایش تعدی بار، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ چرا؟

مبدأ برای بهبود و افزایش وقت کار دستگاه دو پیشنهاد ارائه کنید. کسب‌های بیشتری

۱-۱-۱-۱ حلقه‌های بزرگ‌تری که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یک‌طرفه‌ای که اندازه آن ۰.۰۲-۳ و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۰.۰۱-۱۰ ثانیه می‌کند و به ۰.۰۲-۳ در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر سطح هر حلقه پیچیده ۰.۰۱-۱ باشد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در پیچچه را حساب کنید.

۱-۱-۱-۲ مساحت هر حلقه پیچیده ۰.۰۱-۱ و جهت متناوب آن ۱۰۰۰ حلقه است. در اینجا سطح پیچچه‌ها بر میدان مغناطیسی زمین عمود است. اگر در مدت ۰.۰۱-۱۰ پیچچه چرخد و سطح حلقه‌ها موازی میدان مغناطیسی زمین شود، نیروی محرکه متوسط القایی در آن چقدر است؟ اندازه میدان زمین را (۵-۱۰-۱) در نظر بگیرید.

۳-۳-۱ قانون لنز

۱-۱-۱-۱ قطب N یک آهن‌ربا را مطابق شکل روبه‌رو به یک حلقه رسانا نزدیک می‌کنیم. جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید.

۱-۱-۱-۲ دو آهن‌ربای سیم‌ای مشابه را مطابق شکل، به‌طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک سطح زمین و عمود بر آن می‌کنیم. بطوری‌که یکی آنها از آن حلقه رسانای عبور می‌کند. اگر سطح زمین در محل

۱ دانش‌آموزان باید به شرایط یکسان آزمایش و بیشتر بودن تعداد دور مدار شکل (ب) توجه کنند و توضیح دهند که چرا ولت‌سنج حساس در مدار شکل (ب) عدد بزرگ‌تری را می‌خواند.

۲ دانش‌آموزان باید به شرایط یکسان آزمایش و حرکت سریع‌تر آهن‌ربا به طرف مدار شکل (ب) توجه کنند و توضیح دهند که چرا ولت‌سنج حساس در مدار شکل (ب) عدد بزرگ‌تری را می‌خواند.

۳ الف) با چرخش میله، آهن‌ربای درون فضای پیچچه می‌چرخد. دانش‌آموزان باید بر همین اساس و با توجه قانون القای الکترومغناطیسی فاراده به این پرسش پاسخ دهند.

ب) با توجه به آنچه در پرسش ۲ قسمت (ب) دیدند به سادگی می‌توانند به این پرسش پاسخ دهند. یا به رابطه قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و وجود Δt در مخرج این رابطه توجه کنند.

پ) استفاده از آهن‌ربای قوی‌تر و پیچچه با تعداد دور بیشتر. همچنین استفاده از ولت‌سنج حساس‌تر می‌تواند به بهبود نتیجه اندازه‌گیری بینجامد.

۴ اگر نیم‌خط عمود بر سطح پیچچه را به سمت راست فرض کنیم در این صورت

$$\Phi_1 = B_1 A \cos \theta_1 = (0.4 \text{ T})(5 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 0^\circ = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = B_2 A \cos \theta_2 = (0.4 \text{ T})(5 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 18^\circ = -2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -2 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = -4 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

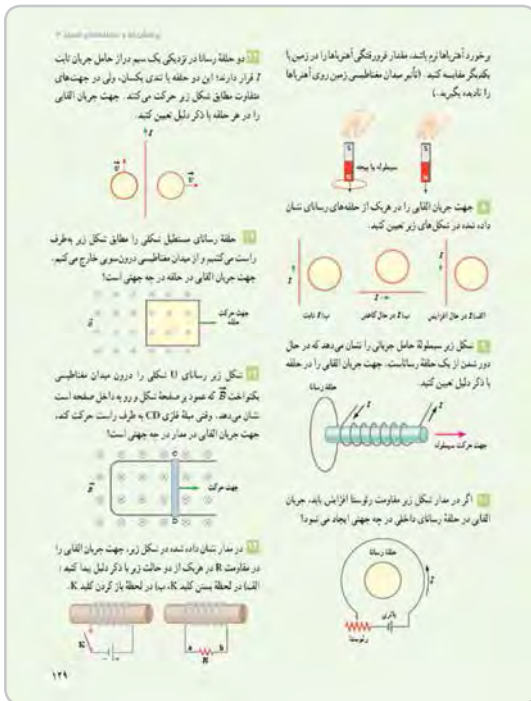
دانش‌آموزان باید توجه کنند برای محاسبه Φ_2 ، باید جهت نیم‌خط عمود بر پیچچه که به سمت راست انتخاب شده بود را تعبیر ندهند.

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = |-1000 \cdot \frac{(-4 \times 10^{-4} \text{ Wb})}{1 \times 10^{-2} \text{ s}}| = 40 \text{ V}$$

۵ در این مسئله نیز نیم‌خط عمود بر پیچچه را عمود بر خطوط میدان مغناطیسی زمین فرض کنیم بنابراین $\theta_1 = 0^\circ$ است. در حالتی که پیچچه می‌چرخد و سطح حلقه‌های آن موازی میدان مغناطیسی زمین می‌شود $\theta_2 = 90^\circ$ می‌شود. ادامه مسئله مشابه مسئله ۴ حل می‌شود.

۶ جریان القایی در جهت ساعتگرد است.

۷ دانش‌آموزان باید با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و قانون لنز، توضیح قانع‌کننده‌ای ارائه دهند که چرا آهن‌ربایی که از حلقه‌های رسانا عبور می‌کند، فرورفتگی کمتری هنگام برخورد با زمین نرم ایجاد می‌کند.



ب) در حالتی که حلقه وارد میدان می‌شود یا از آن در حال خارج شدن است.

در حالت ورود: پادساعتگرد، دانش‌آموزان برای پاسخ خود باید دلایل کافی ارائه دهند.

در حالت خروج: ساعتگرد، دانش‌آموزان برای پاسخ خود باید دلایل کافی ارائه دهند.

۱۶) در حالت ۱: روبه بالا (پادساعتگرد)

در حالت ۲: جریانی القا نمی‌شود.

در حالت ۳: رو به پایین (ساعتگرد)

۱۷) دانش‌آموزان باید به رابطه $U = \frac{1}{2} L I^2$ و همچنین عوامل دخیل در ضریب القاوری سیملوله

خود را ارائه دهند. در این مدار فرض شده است که باتری غیرقابل تعویض است و نیروی محرکه آن ثابت است.

۸ الف) ساعتگرد، ب) پادساعتگرد، پ) جریانی القا نمی‌شود.

۹ پادساعتگرد، دانش‌آموزان باید به جهت حرکت سیملوله، جهت جریان و جهت میدان ایجاد شده در سیملوله توجه کنند و سرانجام با توجه به قانون لنز جهت جریان القایی را در حلقه تشخیص دهند.

۱۰ دانش‌آموزان باید توجه داشته باشند که چون نیروی محرکه باتری ثابت است، با افزایش مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار کاهش می‌یابد، با توجه به تعیین جهت میدان مغناطیسی در محل حلقه رسانا، و همچنین کاهش جریان در مدار، جهت جریان القایی در حلقه رسانا پادساعتگرد است.

۱۱ در حلقه سمت راست، جریان به صورت ساعتگرد القا می‌شود.

در حلقه سمت چپ، جریانی القا نمی‌شود. دانش‌آموزان باید به فرض دراز بودن سیم، که در صورت مسئله آمده است توجه داشته باشند.

۱۲ ساعتگرد، دانش‌آموزان باید دلیل کافی برای پاسخ خود ارائه دهند.

۱۳ پادساعتگرد، دانش‌آموزان باید دلیل کافی برای پاسخ خود ارائه دهند.

۱۴ الف) b به a. دانش‌آموزان باید دلیل کافی برای پاسخ خود ارائه دهند.

ب) a به b. دانش‌آموزان باید دلیل کافی برای پاسخ خود ارائه دهند.

۱۵ الف) با توجه به تعریف شار و عوامل مرتبط با آن، انتظار می‌رود دانش‌آموزان به سادگی بتوانند به این پرسش پاسخ دهند.

$$\begin{aligned} \Phi &= B A \cos \theta \\ &= (2 \times 10^{-2} \text{ T})(100 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 60^\circ \\ &= 2 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{aligned}$$

فرض شده است که نیم خط عمود بر حلقه، در جهت درون سواست.

۱۸ الف) با جایگذاری مقادیر داده شده در رابطه $L = \mu_0 \frac{NA^2}{l}$ به سادگی این ضریب محاسبه می‌شود.

ب) دانش‌آموزان باید از رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ استفاده کنند. در ضمن باید توجه کنند که در این رابطه، یکای انرژی باید برحسب ژول (J) نوشته شود.

۱۹ الف) دانش‌آموزان باید از رابطه ۴-۷، برای حل این مسئله استفاده کنند. با جایگذاری مقادیر داده شده داریم

$$I = (2 \text{ A}) \sin \frac{2\pi}{0.2 \text{ s}} t = (2 \text{ A}) \sin 10\pi t$$

$$\text{در } t = \frac{1}{40} \text{ s} \text{ داریم}$$

$$I = (2 \text{ A}) \sin 10\pi \left(\frac{1}{40} \text{ s}\right) = (2 \text{ A}) \sin \frac{\pi}{4} = 2 \text{ A}$$

به این ترتیب در لحظه $t = \frac{1}{40} \text{ s}$ برای اولین بار، جریان به بیشینه خود می‌رسد. با توجه به مقاومت رسانا داریم:

$$\varepsilon_m = RI_m = (5\pi)(2 \text{ A}) = 10 \text{ V}$$

$$\text{ب) } \sqrt{2} \text{ A}$$

۲۰ دانش‌آموزان باید از رابطه ۴-۸ استفاده کنند. در این صورت بیشینه ولتاژ مولد برابر ۴/۵ ولت به دست می‌آید.