



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: فیزیک (۲) - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۰۹

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: احمد احمدی، روح‌الله خلیلی، پروچنی، محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده اکیانانی، سیدهدایت سجادی، سیروان مردوخ و علیرضا لیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف)، محمد کاظم بهنیا (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: محمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ)، مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری)، محمّد مهدی ذبیحی (طراح جلد)، راحله زاهدفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا)، فاطمه رئیس‌ان فیروزیان (رسم)، سیده فاطمه طباطبایی، بهمنز بهنود، سید کیوان حسینی، فاطمه صغری ذوالفقاری، زینت بهشتی شیرازی و حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایران‌شهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۲۷۲۷۲۵۹
وبسایت: www.iritextbook.ir و www.chap.sch.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - ۱۲ کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۰۲۱-۴۴۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۰۲۱-۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و توبت چاپ: چاپ **چشم ۱۴۰۴**

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۹۴-۸
ISBN: 978-964-05-2794-8



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: فیزیک (۲) - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۰۹

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: احمد احمدی، روح‌الله خلیلی، پروچنی، محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده اکیانانی، سیدهدایت سجادی، سیروان مردوخ و علیرضا لیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف)، محمد کاظم بهنیا (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: محمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ)، مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری)، محمّد مهدی ذبیحی (طراح جلد)، راحله زاهدفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا)، فاطمه رئیس‌ان فیروزیان (رسم)، سیده فاطمه طباطبایی، بهمنز بهنود، سید کیوان حسینی، فاطمه صغری ذوالفقاری، زینت بهشتی شیرازی و حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایران‌شهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۲۷۲۷۲۵۹
وبسایت: www.iritextbook.ir و www.chap.sch.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - ۱۲ کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۰۲۱-۴۴۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۰۲۱-۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و توبت چاپ: چاپ **نهم ۱۴۰۴**

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۹۴-۸
ISBN: 978-964-05-2794-8

فهرست

الکتریسیته ساکن

۱

- ۱-۱ بار الکتریکی..... ۲
- ۲-۱ پاستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی..... ۳
- ۳-۱ قانون کولن..... ۵
- ۴-۱ میدان الکتریکی..... ۱۰
- ۵-۱ میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار..... ۱۲
- ۶-۱ خطوط میدان الکتریکی..... ۱۷
- ۷-۱ انرژی پتانسیل الکتریکی..... ۲۱
- ۸-۱ پتانسیل الکتریکی..... ۲۳
- ۹-۱ میدان الکتریکی در داخل رساناها..... ۲۷
- ۱۰-۱ خازن..... ۳۲
- ۱۱-۱ خازن با دی الکتریک..... ۳۴
- ۱۲-۱ انرژی خازن..... ۳۸
- ۴۱- برش ها و مسئله های فصل ۱..... ۴۱



۴۵

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

- ۱-۲ جریان الکتریکی..... ۴۶
- ۲-۲ مقاومت الکتریکی و قانون اهم..... ۴۹
- ۳-۲ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی..... ۵۱
- ۴-۲ نیروی محرکه الکتریکی و مدارها..... ۶۱
- ۵-۲ توان در مدارهای الکتریکی..... ۶۷
- ۶-۲ ترکیب مقاومت ها..... ۷۰
- ۷۹- برش ها و مسئله های فصل ۲..... ۷۹



فهرست

الکتریسیته ساکن

۱

- ۱-۱ بار الکتریکی..... ۲
- ۲-۱ پاستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی..... ۳
- ۳-۱ قانون کولن..... ۵
- ۴-۱ میدان الکتریکی..... ۱۰
- ۵-۱ میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار..... ۱۲
- ۶-۱ خطوط میدان الکتریکی..... ۱۷
- ۷-۱ انرژی پتانسیل الکتریکی..... ۲۱
- ۸-۱ پتانسیل الکتریکی..... ۲۳
- ۹-۱ میدان الکتریکی در داخل رساناها..... ۲۷
- ۱۰-۱ خازن..... ۳۲
- ۱۱-۱ خازن با دی الکتریک..... ۳۴
- ۱۲-۱ انرژی خازن..... ۳۸
- ۴۱- برش ها و مسئله های فصل ۱..... ۴۱



۴۵

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

- ۱-۲ جریان الکتریکی..... ۴۶
- ۲-۲ مقاومت الکتریکی و قانون اهم..... ۴۹
- ۳-۲ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی..... ۵۱
- ۴-۲ نیروی محرکه الکتریکی و مدارها..... ۶۱
- ۵-۲ توان در مدارهای الکتریکی..... ۶۷
- ۶-۲ ترکیب مقاومت ها..... ۷۰
- ۷۹- برش ها و مسئله های فصل ۲..... ۷۹



شکل ۱



شکل ۱-۴۵ نقش‌های لیچنبرگ. فروریض الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانشی رخس‌شکلی در دی الکتریک شده است.

فروریض الکتریکی: اثر دیگر حضور دی الکتریک‌ها درخازن، افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن است. اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های ماده دی الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجادشده بین دو صفحه، کنده می‌شوند و مسیرهایی رسانا درون دی الکتریک^۱ ایجاد می‌شود (شکل ۱-۴۵) که سبب تخلیه خازن می‌گردد. به این پدیده **فروریض الکتریکی**^۱ ماده دی الکتریک می‌گویند. فروریض الکتریکی در عایق بین دو صفحه خازن‌ها معمولاً، با ایجاد یک جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می‌سوزاند. خازن‌ها معمولاً با مقدار ظرفیت آنها و اختلاف پتانسیل پیشینه‌ای که می‌توانند تحمل کنند مشخص می‌شوند (شکل ۱-۴۶).



شکل ۱-۴۶ تصویری از یک خازن که روی آن ظرفیت و اختلاف پتانسیل پیشینه قابل تحمل نوشته شده است.

تفویض ۱-۱۲

یک باخته عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری‌که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل ۱-۴۷). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (بافرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشند)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل ۸۵mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $\epsilon_r = 3/0$ ، ضخامت 10^{-8} nm و مساحت سطح $10^{-11} \times 10^{-11} \text{ m}^2$ است.

غشای باخته

فعالیت ۱-۱۱

خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. درباره خازن‌های مختلف مانند خازن‌های ورقه‌ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن‌های متغیر، آیرخازن‌ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می‌تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.

۱۲-۱ انرژی خازن

وقتی صفحه‌های خازن دارای بار الکتریکی می‌شوند در خازن انرژی ذخیره می‌شود. برای اینکه انرژی ذخیره‌شده در خازن را مشاهده کنیم، کافی است دو سر یک خازن پرشده را به دو سر یک لامپ کوچک وصل کنیم. به‌شرط آنکه ظرفیت و اختلاف پتانسیل خازن به اندازه کافی زیاد باشند، لامپ برای مدتی روشن و سپس خاموش می‌شود. در هنگام شارژ شدن خازن توسط باتری، دائماً باری جزئی از یک صفحه خازن جدا و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می‌شود. در این فرایند، طبق رابطه ۱۲-۱

۱- موسوم به نقش‌های لیچنبرگ (Lichtenberg)

۲- Electrical Breakdown

شکل ۱



شکل ۱-۴۵ نقش‌های لیچنبرگ. فروریض الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانشی رخس‌شکلی در دی الکتریک شده است.

فروریض الکتریکی: اثر دیگر حضور دی الکتریک‌ها درخازن، افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن است. اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های ماده دی الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجادشده بین دو صفحه، کنده می‌شوند و مسیرهایی رسانا درون دی الکتریک^۱ ایجاد می‌شود (شکل ۱-۴۵) که سبب تخلیه خازن می‌گردد. به این پدیده **فروریض الکتریکی**^۱ ماده دی الکتریک می‌گویند. فروریض الکتریکی در عایق بین دو صفحه خازن‌ها معمولاً، با ایجاد یک جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می‌سوزاند. خازن‌ها معمولاً با مقدار ظرفیت آنها و اختلاف پتانسیل پیشینه‌ای که می‌توانند تحمل کنند مشخص می‌شوند (شکل ۱-۴۶).



شکل ۱-۴۶ تصویری از یک خازن که روی آن ظرفیت و اختلاف پتانسیل پیشینه قابل تحمل نوشته شده است.

تفویض ۱-۱۲

یک باخته عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری‌که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل ۱-۴۷). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (بافرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشند)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل ۸۵mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $\epsilon_r = 3/0$ ، ضخامت 10^{-8} nm و مساحت سطح $10^{-11} \times 10^{-11} \text{ m}^2$ است.

غشای باخته

فعالیت ۱-۱۱

خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. درباره خازن‌های مختلف مانند خازن‌های ورقه‌ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن‌های متغیر، آیرخازن‌ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می‌تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.

۱۲-۱ انرژی خازن

وقتی صفحه‌های خازن دارای بار الکتریکی می‌شوند در خازن انرژی ذخیره می‌شود. برای اینکه انرژی ذخیره‌شده در خازن را مشاهده کنیم، کافی است دو سر یک خازن پرشده را به دو سر یک لامپ کوچک وصل کنیم. به‌شرط آنکه ظرفیت و اختلاف پتانسیل خازن به اندازه کافی زیاد باشند، لامپ برای مدتی روشن و سپس خاموش می‌شود. در هنگام شارژ شدن خازن توسط باتری، دائماً باری جزئی از یک صفحه خازن جدا و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می‌شود. در این فرایند، طبق رابطه ۱۲-۱

۱- موسوم به نقش‌های لیچنبرگ (Lichtenberg)

۲- Electrical Breakdown

مثال ۲-۲

یک لامپ چراغ قوه کوچک از یک باتری ۱/۵۷، جریانی برابر ۰/۳۰۸ می‌کشد. با فرض اینکه رشته لامپ، یک رسانای اهمی باشد، الف) مقاومت آن چقدر است؟ ب) اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ به ۱/۲۷ افت کند، جریان چقدر می‌شود؟ از تغییر مقاومت رشته لامپ در اثر تغییر دما چشم‌پوشی می‌شود.

پاسخ: الف) با استفاده از رابطه ۲-۲ برای مقاومت رشته لامپ داریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1/57}{0/308} = 5/0 \Omega$$

ب) دوباره از رابطه ۲-۲ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه اکنون مقاومت رشته لامپ را داریم، جریان عبوری از آن چنین می‌شود:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1/27}{5/0 \Omega} = 0/24 \text{ A}$$



مثال ۲-۲

یک لامپ چراغ قوه کوچک از یک باتری ۱/۵۷، جریانی برابر ۰/۳۰۸ می‌کشد. با فرض اینکه رشته لامپ، یک رسانای اهمی باشد، الف) مقاومت آن چقدر است؟ ب) اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ به ۱/۲۷ افت کند، جریان چقدر می‌شود؟ از تغییر مقاومت رشته لامپ در اثر تغییر دما چشم‌پوشی می‌شود.

پاسخ: الف) با استفاده از رابطه ۲-۲ برای مقاومت رشته لامپ داریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1/57}{0/308} = 5/0 \Omega$$

ب) دوباره از رابطه ۲-۲ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه اکنون مقاومت رشته لامپ را داریم، جریان عبوری از آن چنین می‌شود:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1/27}{5/0 \Omega} = 0/24 \text{ A}$$



۳-۲ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

در بخش قبل پیش‌بینی کردیم که مقاومت الکتریکی یک سیم رسانا به طول و سطح مقطع آن و نیز ترکیب و ساختار آن بستگی دارد. در اینجا می‌خواهیم با تدارک آزمایشی این پیش‌بینی خود را بیازماییم.

فعالیت ۲-۲

اسباب آزمایشی را شامل یک منبع تغذیه، آمپرسنج، ولتسنج، سیم‌های رابط و قطعه سیم‌هایی که می‌خواهیم مقاومت آنها را به دست آوریم، مطابق شکل داده‌شده سوار کنید. آزمایش شامل سه مرحله است.

۱- قطعه سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار دهید و با استفاده از تعریف مقاومت، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولتسنج نشان می‌دهند محاسبه و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و طول آنها وجود دارد؟

۲- آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و سطح مقطع آنها وجود دارد؟

۳- آزمایش را با دو قطعه سیم هم‌طول و با قطر یکسان انجام دهید که این بار جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقاومت یک سیم رسانا

۳-۲ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

در بخش قبل پیش‌بینی کردیم که مقاومت الکتریکی به طول و سطح مقطع رسانا و نیز ترکیب و ساختار آن بستگی دارد. در اینجا می‌خواهیم با تدارک آزمایشی این پیش‌بینی خود را بیازماییم.

فعالیت ۲-۲

اسباب آزمایشی را شامل یک منبع تغذیه، آمپرسنج، ولتسنج، سیم‌های رابط و قطعه سیم‌هایی که می‌خواهیم مقاومت آنها را به دست آوریم، مطابق شکل داده‌شده سوار کنید. آزمایش شامل سه مرحله است.

۱- قطعه سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار دهید و با استفاده از تعریف مقاومت، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولتسنج نشان می‌دهند محاسبه و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و طول آنها وجود دارد؟

۲- آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و سطح مقطع آنها وجود دارد؟

۳- آزمایش را با دو قطعه سیم هم‌طول و با قطر یکسان انجام دهید که این بار جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقاومت یک سیم رسانا

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

پیش ۱-۲

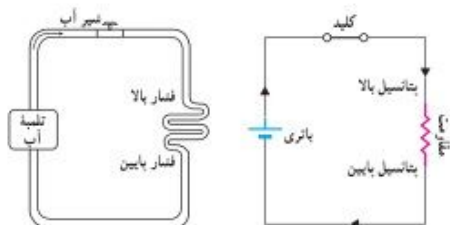
در کدام شکل با بستن کلید، LED روشن می‌شود؟



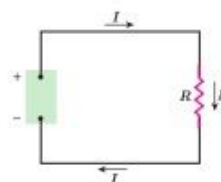
شکل ۶-۲۷ یک سرسره آبی. در واقع یک تلبه، آب را مدام به بالای سرسره پمپ می‌کند و موجب جریان یافتن آب و ثمر خوردن شخص بر روی سرسره می‌شود.

۴-۲ نیروی محرکه الکتریکی و مدارها

برای بالا بردن آب از سطح زمین به یک تلمبه آب نیاز است تا آب را به ارتفاع معینی برساند. بدین ترتیب، آب انرژی پتانسیل گرانشی لازم برای جریان یافتن و انجام کار معینی را کسب می‌کند (شکل ۲۷-۲). برای اینکه بارهای الکتریکی را نیز از یک مقاومت الکتریکی عبور دهیم تا جریان ثابتی برقرار شود، لازم است بین دو سر مقاومت اختلاف پتانسیلی برقرار کنیم. این کار می‌تواند توسط وسیله‌هایی مانند باتری انجام شود. به چنین وسیله‌هایی که با انجام کار روی بار الکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، منبع نیروی محرکه الکتریکی گفته می‌شود. منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی (مانند باتری‌ها) بارهای الکتریکی مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر می‌برند و با افزایش انرژی پتانسیل آنها، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند (شکل ۲۸-۲).



شکل ۲۸-۲ همان‌طور که تلمبه آب انرژی لازم برای شارش آب را فراهم می‌کند، باتری نیز انرژی لازم برای برقراری یک جریان را مهیا می‌سازد.



شکل ۲۹-۲ یک مدار ساده الکتریکی شامل مقاومت R ، منبع نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ و سیم‌های رابط.

انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکه الکتریکی با سازوکارهای مختلفی به دست می‌آید. مثلاً باتری‌ها که در علوم هشتم با آنها آشنا شدید این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آنها رخ می‌دهد مهیا می‌سازند. پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی، و مولدهای الکتریکی نمونه‌های دیگری از منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی‌اند. مدار ساده الکتریکی شکل ۲۹-۲ را در نظر بگیرید. منبع نیروی محرکه هنگام عبور بار q از منبع کاری به اندازه ΔW روی آن انجام می‌دهد تا آن را در مدار به حرکت درآورد. کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

پیش ۱-۲

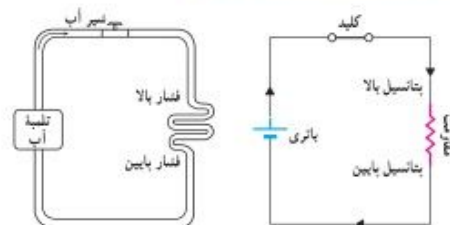
در کدام شکل با بستن کلید، LED روشن می‌شود؟



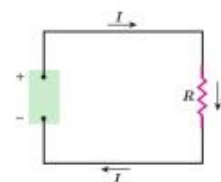
شکل ۶-۲۷ یک سرسره آبی. در واقع یک تلبه، آب را مدام به بالای سرسره پمپ می‌کند و موجب جریان یافتن آب و ثمر خوردن شخص بر روی سرسره می‌شود.

۴-۲ نیروی محرکه الکتریکی و مدارها

برای بالا بردن آب از سطح زمین به یک تلمبه آب نیاز است تا آب را به ارتفاع معینی برساند. بدین ترتیب، آب انرژی پتانسیل گرانشی لازم برای جریان یافتن و انجام کار معینی را کسب می‌کند (شکل ۲۷-۲). برای اینکه بارهای الکتریکی نیز در مدار جریان پیدا کنند و بتوانند از یک مقاومت الکتریکی عبور کنند، لازم است بین دو سر مقاومت اختلاف پتانسیلی برقرار کنیم تا انرژی لازم به بارهای الکتریکی داده شود. این کار می‌تواند توسط وسیله‌هایی مانند باتری انجام شود. به چنین وسیله‌هایی که با انجام کار روی بار الکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، منبع نیروی محرکه الکتریکی گفته می‌شود. منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی (مانند باتری‌ها) بارهای الکتریکی مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر می‌برند و با افزایش انرژی پتانسیل آنها، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند (شکل ۲۸-۲).



شکل ۲۸-۲ همان‌طور که تلمبه آب انرژی لازم برای شارش آب را فراهم می‌کند، باتری نیز انرژی لازم برای برقراری یک جریان را مهیا می‌سازد.



شکل ۲۹-۲ یک مدار ساده الکتریکی شامل مقاومت R ، منبع نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ و سیم‌های رابط.

انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکه الکتریکی با سازوکارهای مختلفی به دست می‌آید. مثلاً باتری‌ها که در علوم هشتم با آنها آشنا شدید این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آنها رخ می‌دهد مهیا می‌سازند. پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی، و مولدهای الکتریکی نمونه‌های دیگری از منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی‌اند. مدار ساده الکتریکی شکل ۲۹-۲ را در نظر بگیرید. منبع نیروی محرکه هنگام عبور بار q از منبع کاری به اندازه ΔW روی آن انجام می‌دهد تا آن را در مدار به حرکت درآورد. کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با

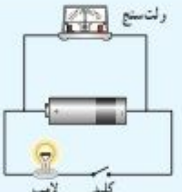
فصل ۲

پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکه الکتریکی (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \quad (5-2)$$

یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است (1V=1J/C). پس اگر نیروی محرکه یک باتری مثلاً ۱/۵V باشد، به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می‌گذرد ۱/۵J کار انجام می‌دهد و به این ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن را ۱/۵J افزایش می‌دهد.

فعالیت ۲-۲



به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداري همانند شکل رویه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟ در ادامه با علت تفاوت این دو عدد آشنا خواهید شد.

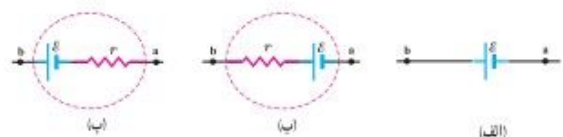
منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی، یا آرمانی هستند و با واقعی. اگر پایانه‌های منفی و مثبت یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با a و b نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ آن است:

$$V_b - V_a = \mathcal{E} \quad (6-2)$$

فعالیت ۲-۳

میدان الکتریکی درون باتری از پایانه مثبت به سمت پایانه منفی است. توضیح دهید چرا وقتی از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی آن می‌رویم، پتانسیل کاهش می‌یابد و بالعکس.

منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی همواره دارای مقاومتی داخلی (r) هستند؛ یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت بارها وجود دارد. بنابراین، وقتی جریان از این منابع بگذرد، اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی خواهد شد. شکل ۲-۳ نماد منبع نیروی محرکه را در مدارهای الکتریکی نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳ در مدارهای الکتریکی، منبع نیروی محرکه الکتریکی آرمانی را به صورت (الف)، و منبع‌های واقعی را به صورت (ب) یا (ج) نمایش می‌دهند.

۱- Electromotive Force

۲- توجه کنید که نیروی محرکه الکتریکی واژه نامناسبی است؛ زیرا emf نیرو نیست، بلکه مانند پتانسیل یک کمیت انرژی به ازای واحد بار است.

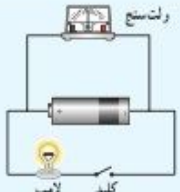
فصل ۲

پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکه الکتریکی (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \quad (5-2)$$

یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است (1V=1J/C). پس اگر نیروی محرکه یک باتری مثلاً ۱/۵V باشد، به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می‌گذرد ۱/۵J کار انجام می‌دهد و به این ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن را ۱/۵J افزایش می‌دهد (باتری بدون اتلاف انرژی).

فعالیت ۲-۲



به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداري همانند شکل رویه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟ در ادامه با علت تفاوت این دو عدد آشنا خواهید شد.

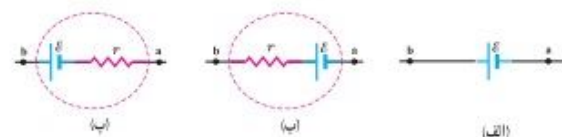
منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی، یا آرمانی هستند و با واقعی. اگر پایانه‌های منفی و مثبت یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با a و b نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکه الکتریکی $\mathcal{E}$ آن است:

$$V_b - V_a = \mathcal{E} \quad (6-2)$$

فعالیت ۲-۳

میدان الکتریکی درون باتری از پایانه مثبت به سمت پایانه منفی است. توضیح دهید چرا وقتی از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی آن می‌رویم، پتانسیل کاهش می‌یابد و بالعکس.

منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی همواره دارای مقاومتی داخلی (r) هستند؛ یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت بارها وجود دارد. بنابراین، وقتی جریان از این منابع بگذرد، اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی خواهد شد. شکل ۲-۳ نماد منبع نیروی محرکه را در مدارهای الکتریکی نشان می‌دهد.

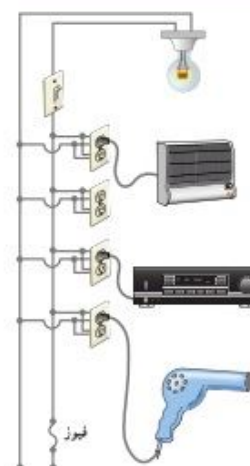


شکل ۲-۳ در مدارهای الکتریکی، منبع نیروی محرکه الکتریکی آرمانی را به صورت (الف)، و منبع‌های واقعی را به صورت (ب) یا (ج) نمایش می‌دهند.

۱- Electromotive Force

۲- توجه کنید که نیروی محرکه الکتریکی واژه نامناسبی است؛ زیرا emf نیرو نیست، بلکه مانند پتانسیل یک کمیت انرژی به ازای واحد بار است.

مثال ۲-۱۴



یک لامپ رشته‌ای 100W ، یک بخاری برقی 2000W ، یک دستگاه پخش صوت 200W ، و یک سشوار (موخشک کن) 2200W مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی 220V وصل شده است.

الف) فیوز قطعه‌ای حفاظتی در مسیر سیم کشی‌های الکتریکی است که وقتی جریان الکتریکی بخواهد از حد مجاز بیشتر شود، جریان را قطع می‌کند. اگر فیوز شکل، 15A باشد، یعنی حداکثر بتواند جریان 15A را تحمل کند، آیا فیوز خواهد پرید؟
ب) نشان دهید توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل برابر با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی در هریک از آنهاست.

پاسخ: الف) همان‌طور که در شکل می‌بینیم در سیم کشی منازل همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر با مجموع جریان‌های عبوری از هریک از مصرف‌کننده‌هاست. با استفاده از رابطه $I = P/V$ به‌طور موازی از هریک از این چهار مصرف‌کننده را به‌دست می‌آوریم. بنابراین، به ترتیب داریم:

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{2000\text{W}}{220\text{V}} = 9.09\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{2200\text{W}}{220\text{V}} = 10.0\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{لامپ}} + I_{\text{فن}} = 10.0\text{A} + 9.09\text{A} + 0.455\text{A} + 0.909\text{A} = 20.45\text{A}$$

چون فیوز 15A است. بنابراین، فیوز نشان داده شده در شکل، خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیله برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطه $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبه مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطه $P = V^2/R$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم:

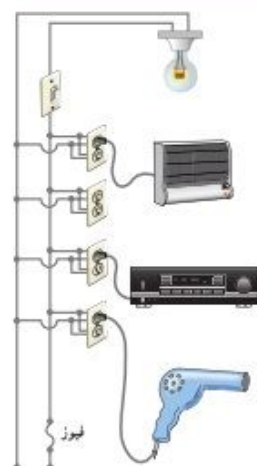
$$R_{\text{بخاری}} = \frac{V^2}{P_{\text{بخاری}}} = \frac{(220\text{V})^2}{2000\text{W}} = 24.2\Omega$$

$$R_{\text{لامپ}} = \frac{V^2}{P_{\text{لامپ}}} = \frac{(220\text{V})^2}{100\text{W}} = 484\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}} = \frac{V^2}{P_{\text{سشوار}}} = \frac{(220\text{V})^2}{2200\text{W}} = 22.0\Omega$$

$$R_{\text{فن}} = \frac{V^2}{P_{\text{فن}}} = \frac{(220\text{V})^2}{200\text{W}} = 242\Omega$$

مثال ۲-۱۴



یک لامپ رشته‌ای 100W ، یک بخاری برقی 2000W ، یک دستگاه پخش صوت 200W ، و یک سشوار (موخشک کن) 2200W مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی 220V وصل شده است.

الف) فیوز قطعه‌ای حفاظتی در مسیر سیم کشی‌های الکتریکی است که وقتی جریان الکتریکی بخواهد از حد مجاز بیشتر شود، جریان را قطع می‌کند. اگر فیوز شکل، 15A باشد، یعنی حداکثر بتواند جریان 15A را تحمل کند، آیا فیوز خواهد پرید؟
ب) نشان دهید توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل برابر با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی در هریک از آنهاست.

پاسخ: الف) همان‌طور که در شکل می‌بینیم در سیم کشی منازل همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر با مجموع جریان‌های عبوری از هریک از مصرف‌کننده‌هاست. با استفاده از رابطه $I = P/V$ به‌طور موازی از هریک از این چهار مصرف‌کننده را به‌دست می‌آوریم. بنابراین، به ترتیب داریم:

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{2000\text{W}}{220\text{V}} = 9.09\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{2200\text{W}}{220\text{V}} = 10.0\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{لامپ}} + I_{\text{فن}} = 10.0\text{A} + 9.09\text{A} + 0.455\text{A} + 0.909\text{A} = 20.45\text{A}$$

چون فیوز 15A است. بنابراین، فیوز خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیله برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطه $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبه مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطه $P = V^2/R$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم:

$$R_{\text{بخاری}} = \frac{V^2}{P_{\text{بخاری}}} = \frac{(220\text{V})^2}{2000\text{W}} = 24.2\Omega$$

$$R_{\text{لامپ}} = \frac{V^2}{P_{\text{لامپ}}} = \frac{(220\text{V})^2}{100\text{W}} = 484\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}} = \frac{V^2}{P_{\text{سشوار}}} = \frac{(220\text{V})^2}{2200\text{W}} = 22.0\Omega$$

$$R_{\text{فن}} = \frac{V^2}{P_{\text{فن}}} = \frac{(220\text{V})^2}{200\text{W}} = 242\Omega$$

فصل ۲

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می شود :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{سوار}} + \frac{1}{R_{پخش}} + \frac{1}{R_{پناری}} + \frac{1}{R_{لاپ}} = \frac{1}{484\Omega} + \frac{1}{24/2\Omega} + \frac{1}{242\Omega} + \frac{1}{22/10\Omega} = 0.930\Omega^{-1}$$

و در نتیجه $R_{eq} = 10/75\Omega \approx 10/8\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می شود :

$$P_{R_{eq}} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{(220V)^2}{10/75\Omega} = 4/50kW$$

اکنون می خواهیم این نتیجه را با مجموع توان های هر یک از مصرف کننده ها مقایسه کنیم.

مجموع توان مصرف کننده ها برابر است با :

$$P_{کل} = P_{لاپ} + P_{پناری} + P_{پخش} + P_{سوار} = 100W + 2000W + 200W + 2200W = 4500W$$

که همان توان مصرفی مقاومت معادل است.

فصل ۲

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می شود :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{سوار}} + \frac{1}{R_{پخش}} + \frac{1}{R_{پناری}} + \frac{1}{R_{لاپ}} = \frac{1}{484\Omega} + \frac{1}{24/2\Omega} + \frac{1}{242\Omega} + \frac{1}{22/10\Omega} = 0.930\Omega^{-1}$$

و در نتیجه $R_{eq} = 10/75\Omega \approx 10/8\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می شود :

$$P_{R_{eq}} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{(220V)^2}{10/75\Omega} = 4/50kW$$

اکنون می خواهیم این نتیجه را با مجموع توان های هر یک از مصرف کننده ها مقایسه کنیم.

مجموع توان مصرف کننده ها برابر است با :

$$P_{کل} = P_{لاپ} + P_{پناری} + P_{پخش} + P_{سوار} = 100W + 2000W + 200W + 2200W = 4500W$$

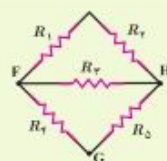
که همان توان مصرفی مقاومت معادل است.

تمرین ۲-۷

شکل رویهرو پنج مقاومت 800Ω اهمی را نشان می دهد.

الف) مقاومت معادل بین نقطه های F و H چقدر است؟

ب) مقاومت معادل بین نقطه های G و F چقدر است؟

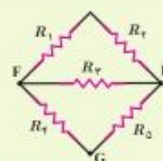


تمرین ۲-۷

شکل رویهرو پنج مقاومت 800Ω اهمی را نشان می دهد.

الف) مقاومت معادل بین نقطه های F و H چقدر است؟

ب) مقاومت معادل بین نقطه های G و F چقدر است؟



مثال ۲-۱۵

یک لامپ همراه $220V$ که دو رشته دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب $50/10W$ و $150W$ است. مقاومت هر یک از رشته ها را بیابید.

پاسخ : همان طور که می دانیم توان الکتریکی مصرفی از رابطه $P = V^2/R$ به دست می آید. بنابراین، بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است. در بستن موازی مقاومت ها دیدیم مقاومت معادل کوچک تر از هر یک از مقاومت هاست. بنابراین، بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای a و b هر دو بسته اند؛ یعنی :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

که در آن R_1 و R_2 مقاومت های دو رشته لامپ اند. بنابراین، برای مقاومت معادل داریم :

$$R_{eq} = R_{min} = \frac{V^2}{P_{max}} = \frac{(220V)^2}{150W} = 322\Omega$$

مثال ۲-۱۵

یک لامپ همراه $220V$ که دو رشته دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب $50/10W$ و $150W$ است. مقاومت هر یک از رشته ها را بیابید.

پاسخ : همان طور که می دانیم توان الکتریکی مصرفی از رابطه $P = V^2/R$ به دست می آید. بنابراین، بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است. در بستن موازی مقاومت ها دیدیم مقاومت معادل کوچک تر از هر یک از مقاومت هاست. بنابراین، بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای a و b هر دو بسته اند؛ یعنی :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

که در آن R_1 و R_2 مقاومت های دو رشته لامپ اند. بنابراین، برای مقاومت معادل داریم :

$$R_{eq} = R_{min} = \frac{V^2}{P_{max}} = \frac{(220V)^2}{150W} = 322/7\Omega$$

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

از طرفی کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشته با مقاومت بیشتر بسته شده است. اگر این مقاومت را با

$$R_1 = R_{\max} = \frac{V^2}{P_{\min}} = \frac{(220V)^2}{50W} = 968\Omega$$

نمایش دهیم، داریم:

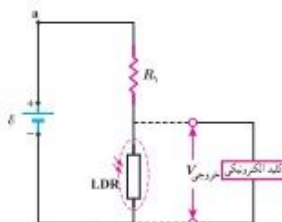
بنابراین، مقاومت مجهول R_2 از رابطه زیر به دست می آید:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{eq}} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{322\Omega} - \frac{1}{968\Omega} = 2.06 \times 10^{-3} \Omega^{-1}$$

$$R_2 = \frac{1}{2.06 \times 10^{-3} \Omega^{-1}} = 485\Omega$$

در نتیجه

مثال ۲-۱۶



در بسیاری از مدارهای الکتریکی از تغییر مقاومت برای تقسیم ولتاژ استفاده می کنند. از این ویژگی در برخی از تجهیزات الکتریکی به عنوان کلید الکترونیکی بهره برداری می شود. آزر خطر، کلید خودکار روشن شدن چراغ ها و ... مثال هایی از این دست هستند. شکل رویه رو چنین مداری را که در چراغ روشنایی خودروها به کار می رود، نشان می دهد. در این مدار از دو مقاومت R_1 و مقاومت متغیر LDR استفاده شده است که به طور متوالی به هم وصل اند. همان طور که می دانیم وقتی تابش نور به LDR قطع می شود، مقاومت آن افزایش می یابد. در نتیجه ولتاژ خروجی ($V_{خرج}$) زیاد می شود. این افزایش ولتاژ سبب فعال شدن کلید الکترونیکی می شود که به چراغ وصل است و بدین ترتیب چراغ روشن می شود. بنابراین تا زمانی که نور به اندازه کافی نباشد، کلید فعال نمی شود. فرض کنید در شکل بالا، منبع نیروی محرکه، آرمائی و ولتاژ آن $220V$ باشد و ولتاژ مورد نیاز برای فعال شدن کلید الکترونیکی $50V$ باشد. وقتی مقاومت LDR به $20k\Omega$ می رسد، کلید الکترونیکی فعال می شود. مقاومت R_1 چقدر است؟ (مقاومت کلید الکترونیکی آنقدر زیاد است که جریان قابل ملاحظه ای از آن عبور نمی کند. بنابراین می توانیم R_1 و LDR را متوالی در نظر بگیریم.)

پاسخ: با استفاده از قاعده حلقه داریم:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_{LDR}}$$

از طرفی بدیهی است

$$V_{خرج} = R_{LDR} I$$

از ترکیب دو معادله بالا خواهیم داشت:

$$V_{خرج} = R_{LDR} \frac{E}{R_1 + R_{LDR}}$$

و از آنجا برای R_1 چنین به دست می آوریم:

$$R_1 = \frac{R_{LDR}(E - V_{خرج})}{V_{خرج}} = \frac{(20k\Omega)(220V - 50V)}{50V} = 28k\Omega$$

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

از طرفی کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشته با مقاومت بیشتر بسته شده است. اگر این مقاومت را با

$$R_1 = R_{\max} = \frac{V^2}{P_{\min}} = \frac{(220V)^2}{50W} = 968\Omega$$

نمایش دهیم، داریم:

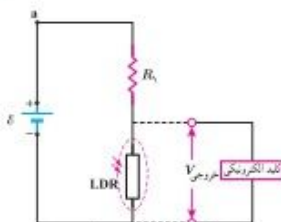
بنابراین، مقاومت مجهول R_2 از رابطه زیر به دست می آید:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{eq}} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{322\Omega} - \frac{1}{968\Omega} = 2.06 \times 10^{-3} \Omega^{-1}$$

$$R_2 = \frac{1}{2.06 \times 10^{-3} \Omega^{-1}} = 482\Omega$$

در نتیجه

مثال ۲-۱۶



در بسیاری از مدارهای الکتریکی از تغییر مقاومت برای تقسیم ولتاژ استفاده می کنند. از این ویژگی در برخی از تجهیزات الکتریکی به عنوان کلید الکترونیکی بهره برداری می شود. آزر خطر، کلید خودکار روشن شدن چراغ ها و ... مثال هایی از این دست هستند. شکل رویه رو چنین مداری را که در چراغ روشنایی خودروها به کار می رود، نشان می دهد. در این مدار از دو مقاومت R_1 و مقاومت متغیر LDR استفاده شده است که به طور متوالی به هم وصل اند. همان طور که می دانیم وقتی تابش نور به LDR قطع می شود، مقاومت آن افزایش می یابد. در نتیجه ولتاژ خروجی ($V_{خرج}$) زیاد می شود. این افزایش ولتاژ سبب فعال شدن کلید الکترونیکی می شود که به چراغ وصل است و بدین ترتیب چراغ روشن می شود. بنابراین تا زمانی که نور به اندازه کافی نباشد، کلید فعال نمی شود. فرض کنید در شکل بالا، منبع نیروی محرکه، آرمائی و ولتاژ آن $220V$ باشد و ولتاژ مورد نیاز برای فعال شدن کلید الکترونیکی $50V$ باشد. وقتی مقاومت LDR به $20k\Omega$ می رسد، کلید الکترونیکی فعال می شود. مقاومت R_1 چقدر است؟ (مقاومت کلید الکترونیکی آنقدر زیاد است که جریان قابل ملاحظه ای از آن عبور نمی کند. بنابراین می توانیم R_1 و LDR را متوالی در نظر بگیریم.)

پاسخ: با استفاده از قاعده حلقه داریم:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_{LDR}}$$

از طرفی بدیهی است

$$V_{خرج} = R_{LDR} I$$

از ترکیب دو معادله بالا خواهیم داشت:

$$V_{خرج} = R_{LDR} \frac{E}{R_1 + R_{LDR}}$$

و از آنجا برای R_1 چنین به دست می آوریم:

$$R_1 = \frac{R_{LDR}(E - V_{خرج})}{V_{خرج}} = \frac{(20k\Omega)(220V - 50V)}{50V} = 28k\Omega$$

۶-۲ ترکیب مقاومت‌ها

۱۷ لامپ یک چراغ قوه معمولی با ولتاژ $2/9V$ کار می‌کند و در این حالت توان مصرفی آن $87W$ می‌شود. اگر مقاومت رشته تنگستنی این لامپ در دمای اتاق ($20^\circ C$) برابر $1/1\Omega$ باشد، دمای این رشته وقتی که لامپ روشن است، چقدر می‌شود؟

۱۸ شکل زیر جریان I را در یک مدار تک حلقه‌ای با باتری B و مقاومت‌های R_1 و R_2 (و سیم‌هایی با مقاومت ناچیز) نشان می‌دهد. الف) علامت پانه‌های باتری B را مشخص کنید. در نقاط a، b، c، و d، بزرگی جریان، ب) پتانسیل الکتریکی (ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل‌های بار مثبت را به گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.

۱۹ به نظر شما چرا چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...) به طور موازی بسته می‌شوند؟

۲۰ مقاومت یک آمپر سنج برای اندازه‌گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپر سنج با جریان قبل از قرار دادن آمپر سنج، نزدیک به هم باشد؟



۲۱ در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپر سنج و ولت سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟

۲۲ ولت روشن باشد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی هر کدام در یک دوره یک ماهه (۳۰ روز) چند kWh است؟ (توان مصرفی هر وسیله را از روی آن بخوانید.)

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت ۵۰ تومان در یک دوره یک ماهه چقدر می‌شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ ۱۰۰ وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه تقریباً چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می‌شود؟

۲۳ در شکل زیر، الف) نیروی محرکه الکتریکی و مقاومت داخلی دو لامپ با مقاومت مساوی R را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

۲۴ در شکل‌های صفحه بعد، آبا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟

۲۵ دو لامپ با مقاومت مساوی R را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

۲۶ در شکل‌های صفحه بعد، آبا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟

۲۷ منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 5/00 A$ برابر $9/50 W$ و به ازای $I_2 = 7/00 A$ برابر $12/6 W$ است، محاسبه کنید. ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

۲۸

۲۹

۳۰

۳۱

۳۲

۶-۲ ترکیب مقاومت‌ها

۱۷ لامپ‌های یک درخت زینتی، به طور متوالی متصل شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، چه اتفاقی می‌افتد؟ به نظر شما چرا همه چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...) به طور موازی بسته می‌شوند؟

۱۸ مقاومت یک آمپر سنج برای اندازه‌گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپر سنج با جریان قبل از قرار دادن آمپر سنج، نزدیک به هم باشد؟

۱۹ شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان I در سیم پایین سمت راست چیست؟

۲۰ مقاومت یک لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپر سنج و ولت سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟

۲۱ الف) انرژی الکتریکی مصرفی هر کدام در یک دوره یک ماهه (۳۰ روز) چند kWh است؟ (توان مصرفی هر وسیله را از روی آن بخوانید.)

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت ۵۰ تومان در یک دوره یک ماهه چقدر می‌شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ ۱۰۰ وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه تقریباً چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می‌شود؟

۲۲ در شکل زیر، الف) نیروی محرکه الکتریکی و مقاومت داخلی دو لامپ با مقاومت مساوی R را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

۲۳ در شکل‌های صفحه بعد، آبا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟

۲۴ دو لامپ با مقاومت مساوی R را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

۲۵ در شکل‌های صفحه بعد، آبا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟

۲۶ منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 5/00 A$ برابر $9/50 W$ و به ازای $I_2 = 7/00 A$ برابر $12/6 W$ است، محاسبه کنید. ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

۲۷

۲۸

۲۹

۳۰

۳۱

۳۲

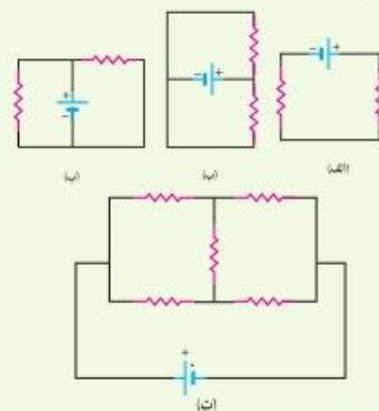
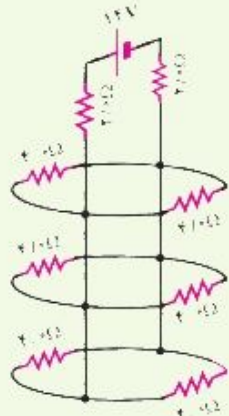
۳۳

۳۴

۳۵

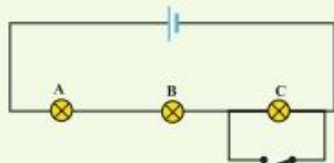
فصل ۱۱

۱۱-۱ جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و هر یک از مقاومت‌های شکل زیر می‌گذرد، چقدر است؟



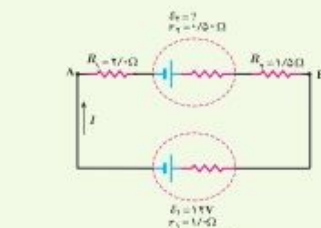
۱۱-۲ در مدار شکل زیر جریان در جهت نشان داده شده $1/2$ A است. الف) نیروی محرکه $\mathcal{E}$ و $V_A - V_B$ چقدر است؟ ب) انرژی مصرف‌شده در R_1 و R_2 در مدت $5/0$ ثانیه چقدر است؟

۱۱-۳ لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام یک از تغییرات زیر در اختلاف پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).



الف) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند.
ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازه $5/0\%$ کاهش می‌یابد.
ج) هر یک از اختلاف پتانسیل‌های دو سر A و B به اندازه $5/0\%$ افزایش می‌یابد.
د) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

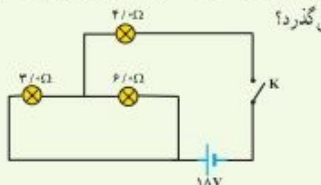
۱۱-۴ در سیم‌کشی منازل، همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی 1100 W، یک نان برشته‌کن (نوستر) 1800 W، پنج لامپ رشته‌ای 100 W و یک بخاری 1100 W به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی 220 V که حداکثر می‌تواند جریان 15 A را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریز می‌شود یا خیر؟



۱۱-۵ سه مقاومت مشابه 12 اهمی را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل 12 ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

۱۱-۶ دو مقاومت موازی $6/0$ اهمی و 12 اهمی به‌طور متوالی به یک مقاومت $2/0$ اهمی وصل شده است. اکنون، مجموعه مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی 36 ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت $6/0$ اهمی را محاسبه کنید.

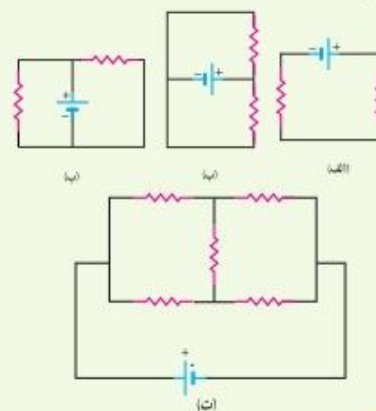
۱۱-۷ در شکل زیر، وقتی کلید بسته شود چه جریانی از هر لامپ رشته‌ای می‌گذرد؟



۸۲

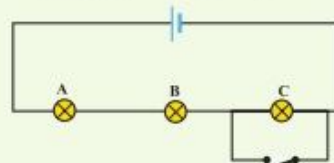
فصل ۱۱

۱۱-۱ جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و هر یک از مقاومت‌های شکل زیر می‌گذرد، چقدر است؟



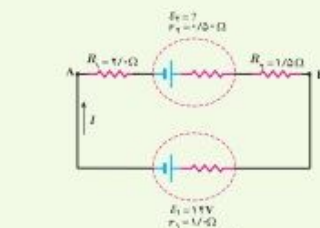
۱۱-۲ در مدار شکل زیر جریان در جهت نشان داده شده $1/2$ A است. الف) نیروی محرکه $\mathcal{E}$ و $V_A - V_B$ چقدر است؟ ب) انرژی مصرف‌شده در R_1 و R_2 در مدت $5/0$ ثانیه چقدر است؟

۱۱-۳ لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام یک از تغییرات زیر در اختلاف پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).



الف) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند.
ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازه $5/0\%$ کاهش می‌یابد.
ج) هر یک از اختلاف پتانسیل‌های دو سر A و B به اندازه $5/0\%$ افزایش می‌یابد.
د) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

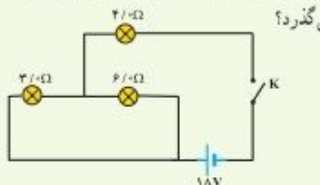
۱۱-۴ در سیم‌کشی منازل، همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی 1100 W، یک نان برشته‌کن (نوستر) 1800 W، پنج لامپ رشته‌ای 100 W و یک بخاری 1100 W به یک مدار سیم‌کشی خانگی 220 V که فیوز آن حداکثر می‌تواند جریان 15 A را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریز می‌شود یا خیر؟



۱۱-۵ سه مقاومت مشابه 12 اهمی را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل 12 ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

۱۱-۶ دو مقاومت موازی $6/0$ اهمی و 12 اهمی به‌طور متوالی به یک مقاومت $2/0$ اهمی وصل شده است. اکنون، مجموعه مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی 36 ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت $6/0$ اهمی را محاسبه کنید.

۱۱-۷ در شکل زیر، وقتی کلید بسته شود چه جریانی از هر لامپ رشته‌ای می‌گذرد؟



۸۲

شکل ۳۳



شکل ۳۳-۱ سنگ آهنربای طبیعی. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود، ماده کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که ویژگی آهنربایی دارد می‌شناخت.

۱-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، رشدی روزافزون دارد. فراثر از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌هایی انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه‌های سنتی شده‌است، 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، یخچال‌ها، و اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌هایی از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهره فراوانی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.



شکل ۳۳-۲ از گذشته‌های دور، برای جهت‌یابی در دریانوردی از قطب‌نما استفاده می‌شده است.

پیش ۳-۱

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



شکل ۳۳-۳ در آهنربا، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.



شکل ۳۳-۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهنربای دائمی را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد تکرار کنید، سوزن برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

۸۴

شکل ۳۳



شکل ۳۳-۱ سنگ آهنربای طبیعی. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود، ماده کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که ویژگی آهنربایی دارد می‌شناخت.



شکل ۳۳-۲ از گذشته‌های دور، برای جهت‌یابی در دریانوردی از قطب‌نما استفاده می‌شده است.



شکل ۳۳-۳ در آهنربا، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.



شکل ۳۳-۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهنربای دائمی را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد تکرار کنید، سوزن برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

۸۴

کاربرد مغناطیس و آهنربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، رشدی روزافزون دارد. فراثر از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌هایی انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فناوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه‌های سنتی شده‌است، 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، یخچال‌ها، و اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌هایی از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهره فراوانی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.

۱-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آثار مغناطیسی دست کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنتیا (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهنربای دائمی خوانده می‌شود (شکل ۳۳-۱). جینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳۳-۲).

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهنربایی را درون ظرف محتوی براده آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهنربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهنربا می‌نامند (شکل ۳۳-۳).

پیش ۳-۱

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

هنگامی که یک آهنربای دائمی برای چندین بار و در یک جهت به یک سوزن خیاطی یا سوزن ته‌گرد کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود (شکل ۳۳-۴). اگر این سوزن را به آرامی روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، یا آن را توسط ریسمانی از وسط آن بپاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب N و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند.

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

فصل ۳

به کمک عقربه مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۶-۳ الف). بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب N عقربه، آن جهت را نشان می‌دهد. با تعیین جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهنربا، می‌توان همان‌گونه که برای میدان الکتریکی انجام دادیم، خط‌های میدان مغناطیسی را رسم کنیم. شکل ۶-۳ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد. این خط‌ها از آهنربا می‌گذرند و هریک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می‌دهند. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



شکل ۶-۳ الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی. (ب) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربه مغناطیسی اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. (در این شکل خط‌های درون آهنربا نشان داده نشده است.)

فصل ۳

به کمک عقربه مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۶-۳ الف). بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب N عقربه، آن جهت را نشان می‌دهد. با تعیین جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای اطراف آهنربا، می‌توان همان‌گونه که برای میدان الکتریکی انجام دادیم، خط‌های میدان مغناطیسی را رسم کنیم. شکل ۶-۳ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد. این خط‌ها از آهنربا می‌گذرند و هریک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می‌دهند. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.

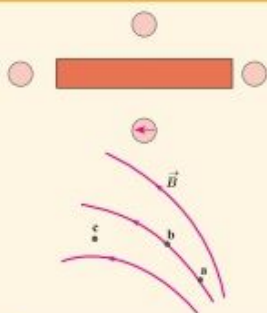


شکل ۶-۳ الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی. (ب) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربه مغناطیسی اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. (در این شکل خط‌های درون آهنربا نشان داده نشده است.)

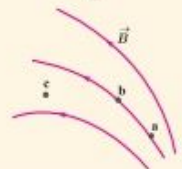
پرسش ۳-۳

پرسش ۳-۳

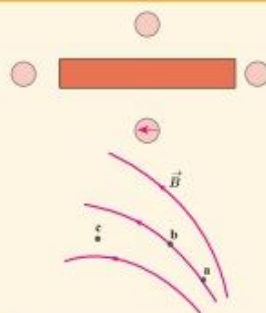
۱- شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربه مغناطیسی را نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.



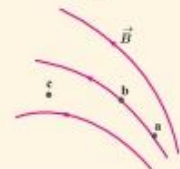
۲- شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.



۱- شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربه مغناطیسی را نشان می‌دهد. (الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟ (ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دیگر مکان‌های روی شکل تعیین کنید.



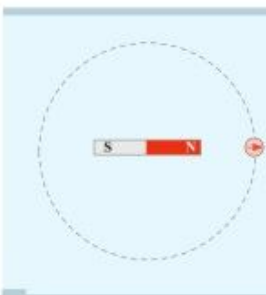
۲- شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.



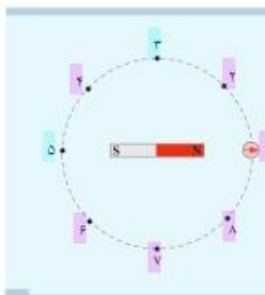
فعالیت ۲-۲

فعالیت ۲-۲

یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربه مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، عقربه را به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو). بررسی کنید پس از یک دور حرکت، عقربه چند درجه می‌چرخد.



یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربه مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. عقربه را روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو) تا یک دور کامل دور آهنربا بچرخد و به جای اولش برگردد. (الف) جهت‌گیری عقربه را در نقطه‌های ۱ تا ۸، روی شکل نشان دهید. (ب) در این حرکت، عقربه چند دور پیرامون محور خودش می‌چرخد؟



شکل ۳۱

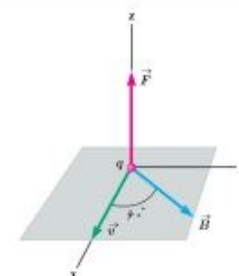


کارل فریدریش گوس (۱۷۷۷-۱۸۵۵)

گوس، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدتی مدیر رصدخانه گوتینگ بود. گوس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریه اعداد است. او به انجام محاسبه‌های پی‌اندازه برنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازرای برای محاسبه در مکانیک سماوی به دست آورد. گوس روی بدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در محبت الکتریسته وجود دارد.

تسلا پکای بزرگی است و در برخی موارد از پکای قدیمی (غیر SI) و کوچک‌تری به نام گوس (با نماد G) استفاده می‌کنند به طوری که داریم $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$. اندازه میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (0.65 G) و در استوا کمترین (0.25 G) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آهترایهای مبله‌ای کوچک حدود 0.1 تا 0.1 تسلا است. همچنین بزرگ‌ترین میدان مغناطیسی مداوم که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود 45 تسلا است.

مثال ۱-۳



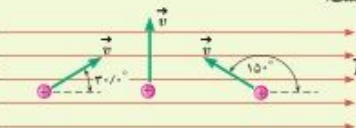
ذره‌ای با بار $q = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$ و با تندی $v = 2 \text{ m/s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی پکتواخت $B = 12 \text{ T}$ زاویه $\theta = 60^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:
 $|q| = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$, $v = 2 \text{ m/s}$,
 $B = 12 \times 10^{-3} \text{ T}$ و $\theta = 60^\circ$
 با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۱-۳ داریم:

$$F = |q| v B \sin \theta = (4 \times 10^{-6} \text{ C})(2 \text{ m/s})(12 \times 10^{-3} \text{ T}) \sin 60^\circ = 8 \times 10^{-9} \text{ N}$$

تمرین ۱-۳

۱- پروتونی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی پکتواختی به اندازه $B = 32 \text{ G}$ در حرکت است نیروی به اندازه $F = 5 \times 10^{-14} \text{ N}$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟
 ۲- سه ذره، هر کدام با بار $q = 6 \times 10^{-6} \text{ C}$ و تندی $v = 46 \text{ m/s}$ در میدان مغناطیسی پکتواختی به اندازه $B = 0.165 \text{ T}$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی وارد بر هر ذره را حساب کنید.



پرسش ۲-۳

الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی پکتواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟
☐ بالا ☐ راست ☐ درون‌سو ☐ بیرون‌سو

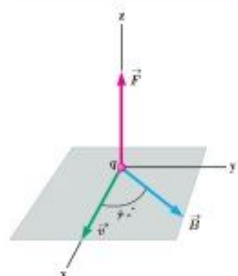
شکل ۳۱



کارل فریدریش گوس (۱۷۷۷-۱۸۵۵)

گوس، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدتی مدیر رصدخانه گوتینگ بود. گوس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریه اعداد است. او به انجام محاسبه‌های پی‌اندازه برنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازرای برای محاسبه در مکانیک سماوی به دست آورد. گوس روی بدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در محبت الکتریسته وجود دارد.

مثال ۱-۳



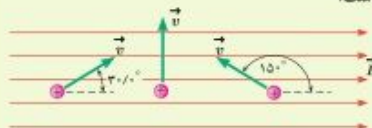
ذره‌ای با بار $q = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$ و با تندی $v = 2 \text{ m/s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی پکتواخت $B = 12 \text{ T}$ زاویه $\theta = 60^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:
 $|q| = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$, $v = 2 \text{ m/s}$,
 $B = 12 \times 10^{-3} \text{ T}$ و $\theta = 60^\circ$
 با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۱-۳ داریم:

$$F = |q| v B \sin \theta = (4 \times 10^{-6} \text{ C})(2 \text{ m/s})(12 \times 10^{-3} \text{ T}) \sin 60^\circ = 8 \times 10^{-9} \text{ N}$$

تمرین ۱-۳

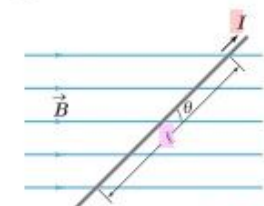
۱- پروتونی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی پکتواختی به اندازه $B = 32 \text{ G}$ در حرکت است نیروی به اندازه $F = 5 \times 10^{-14} \text{ N}$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟
 ۲- سه ذره، هر کدام با بار $q = 6 \times 10^{-6} \text{ C}$ و تندی $v = 46 \text{ m/s}$ در میدان مغناطیسی پکتواختی به اندازه $B = 0.165 \text{ T}$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی وارد بر هر ذره را حساب کنید.



پرسش ۲-۳

الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی پکتواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟
☐ بالا ☐ راست ☐ درون‌سو ☐ بیرون‌سو

مغناطیس



شکل ۱۳-۳ سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم درون سوراخ در صفحه کتاب و به طرف داخل است.

عامل‌های مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان: آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳-۲ نشان می‌دهند که نیروی مغناطیسی وارد بر یک سیم رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت، به عامل‌های مختلفی بستگی دارد که این عامل‌ها در رابطه زیر بیان شده‌اند:

$$F = I \ell B \sin \theta \quad (۳-۲)$$

در این رابطه ℓ طول بخشی از سیم رساناست که در میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار دارد. زاویه‌ای را که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان داده‌ایم (شکل ۱۳-۳).

پرسش ۳-۵

اگر در شکل ۱۳-۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه حالتی بزرگی این نیرو بیشینه می‌شود؟

مثال ۳-۲

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $G = 400$ در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم $5/0$ باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر $1/0$ m از این سیم را حساب کنید. پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

$$B = 400 \times 10^{-4} \text{ T}, \theta = 30^\circ, I = 5/0 \text{ A} \text{ و } \ell = 1/0 \text{ m}$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۲ داریم:

$$F = I \ell B \sin \theta = (5/0 \text{ A})(1/0 \text{ m})(400 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 30^\circ = 0/10 \text{ N}$$

تمرین ۳-۲

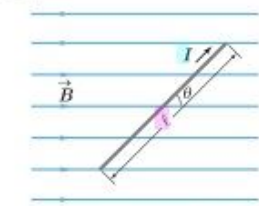
سیم مستقیمی به طول $2/4$ m حامل جریان $2/5$ A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $45G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

$$\vec{B} \quad \otimes \quad I = 2/5 \text{ A}$$

فعالیت ۴-۳

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای این آزمایش می‌توانید از ترازوهای دیجیتال (رقمی) یا دقت $0/01 \text{ g}$ استفاده کنید.

مغناطیس



شکل ۱۳-۳ سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم درون سوراخ در صفحه کتاب و به طرف داخل است.

عامل‌های مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان: آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳-۲ نشان می‌دهند که نیروی مغناطیسی وارد بر یک سیم رسانای حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت، به عامل‌های مختلفی بستگی دارد که این عامل‌ها در رابطه زیر بیان شده‌اند:

$$F = I \ell B \sin \theta \quad (۳-۲)$$

در این رابطه ℓ طول بخشی از سیم رساناست که در میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار دارد. زاویه‌ای را که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد با θ نشان داده‌ایم (شکل ۱۳-۳).

پرسش ۳-۵

اگر در شکل ۱۳-۳ سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چقدر خواهد بود؟ در چه حالتی بزرگی این نیرو بیشینه می‌شود؟

مثال ۳-۲

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $G = 400$ در راستای قرار دارد که با جهت میدان زاویه 30° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم $5/0$ باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر $1/0$ m از این سیم را حساب کنید. پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

$$B = 400 \times 10^{-4} \text{ T}, \theta = 30^\circ, I = 5/0 \text{ A} \text{ و } \ell = 1/0 \text{ m}$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۲ داریم:

$$F = I \ell B \sin \theta = (5/0 \text{ A})(1/0 \text{ m})(400 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 30^\circ = 0/10 \text{ N}$$

تمرین ۳-۲

سیم مستقیمی به طول $2/4$ m حامل جریان $2/5$ A از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $45G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

$$\vec{B} \quad \otimes \quad I = 2/5 \text{ A}$$

فعالیت ۴-۳

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای این آزمایش می‌توانید از ترازوهای دیجیتال (رقمی) یا دقت $0/01 \text{ g}$ استفاده کنید.

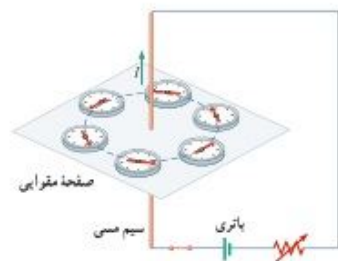
آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی (آزمایش اوستد)

وسایلهای مورد نیاز: باتری، سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحه مقوایی، عقربه مغناطیسی (قطب‌نما)، رنوستا و سیم رابط

شرح آزمایش:

- سیم مسی را از صفحه مقوایی بگذرانید و با آن مداری مطابق شکل روبه‌رو تشکیل دهید.
- قبل از برقراری جریان الکتریکی، عقربه مغناطیسی را در مجاورت سیم، روی مقوا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.
- با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت‌گیری عقربه مغناطیسی توجه کنید.
- عقربه مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی مقوا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.



با توجه به جهت‌گیری عقربه در نقاط مختلف صفحه مقوایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.

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

به کمک چند باتری دیگر با تغییر مقاومت رنوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟

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



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

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

پیش‌پرسش ۳-۳



شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سو و در ناحیه پایین آن برون سو است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

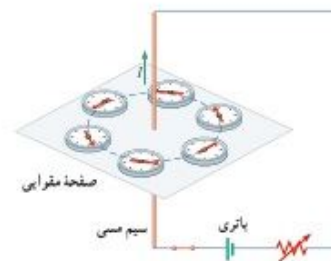
آزمایش ۳-۳

هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی (آزمایش اوستد)

وسایلهای مورد نیاز: باتری، سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحه مقوایی، عقربه مغناطیسی (قطب‌نما)، رنوستا و سیم رابط

شرح آزمایش:

- سیم مسی را از صفحه مقوایی بگذرانید و با آن مداری مطابق شکل روبه‌رو تشکیل دهید.
- قبل از برقراری جریان الکتریکی، عقربه مغناطیسی را در مجاورت سیم، روی مقوا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.
- با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت‌گیری عقربه مغناطیسی توجه کنید.
- عقربه مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی مقوا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.



با توجه به جهت‌گیری عقربه در نقاط مختلف صفحه مقوایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.

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

به کمک چند باتری دیگر با تغییر مقاومت رنوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟

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



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

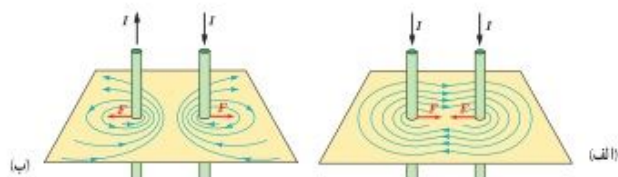
با انجام این آزمایش می‌بینید که خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل ۱۵-۳ به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند. جهت خط‌های میدان مغناطیسی سیم مستقیم حامل جریان را می‌توان به کمک عقربه مغناطیسی تعیین کرد. علاوه بر آن، با استفاده از قاعده دست راست نیز می‌توان این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

پیش‌پرسش ۳-۳



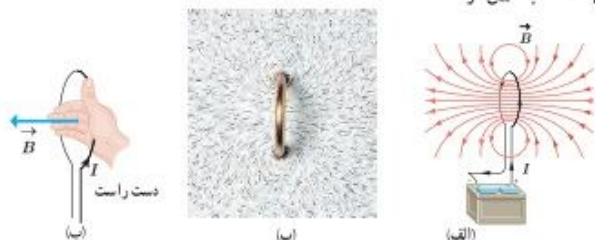
شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم افقی و مستقیم حامل جریان را نشان می‌دهد. در ناحیه بالای سیم، جهت میدان مغناطیسی درون سو و در ناحیه پایین آن برون سو است. جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

مغناطیس



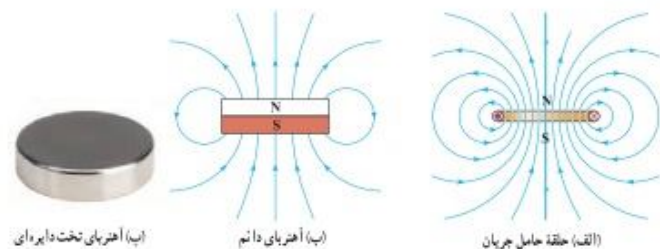
شکل ۱۷-۳ برآیند میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان و نیروی بین آنها. (الف) برای جریان‌های همسو، رابیتی است و (ب) برای جریان‌های ناهمسو، رانسی است.

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان: شکل ۱۷-۳ الف خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره‌ای نشان می‌دهد که حامل جریان I است. همان‌طور که دیده می‌شود خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی‌تر است. افزون بر این، در نقطه‌های روی محور حلقه، میدان موازی محور است. جهت خط‌های میدان مغناطیسی حلقه را می‌توان با قاعده دست راست به روش نشان داده شده در شکل ۱۷-۳ ب تعیین کرد.



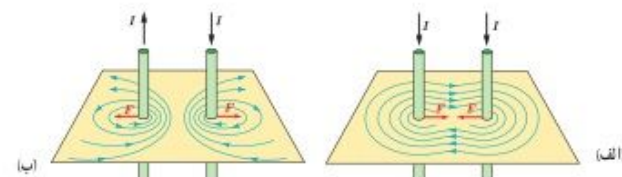
شکل ۱۷-۳ (الف) خط‌های میدان مغناطیسی در اطراف یک حلقه حامل جریان. (ب) طرح خط‌های میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان با استفاده از براده آهن. (پ) استفاده از قاعده دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ یک حلقه حامل جریان.

بررسی و مقایسه میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره‌ای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است (شکل ۱۸-۳). به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۸-۳ حلقه حامل جریان دو قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تخت دایره‌ای شکل است.

مغناطیس



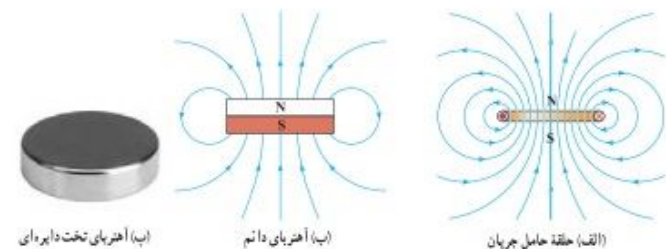
شکل ۱۷-۳ برآیند میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم حامل جریان و نیروی بین آنها. (الف) برای جریان‌های همسو، رابیتی است و (ب) برای جریان‌های ناهمسو، رانسی است.

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان: شکل ۱۷-۳ الف خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره‌ای نشان می‌دهد که حامل جریان I است. همان‌طور که دیده می‌شود خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی‌تر است. افزون بر این، در نقطه‌های روی محور حلقه، میدان موازی محور است. جهت خط‌های میدان مغناطیسی حلقه را می‌توان با قاعده دست راست به روش نشان داده شده در شکل ۱۷-۳ ب تعیین کرد.



شکل ۱۷-۳ (الف) خط‌های میدان مغناطیسی در اطراف یک حلقه حامل جریان. (ب) طرح خط‌های میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان با استفاده از براده آهن. (پ) استفاده از قاعده دست راست برای تعیین جهت $\vec{B}$ یک حلقه حامل جریان.

بررسی و مقایسه میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره‌ای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است (شکل ۱۸-۳). به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۸-۳ حلقه حامل جریان دو قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تخت دایره‌ای شکل است.

فصل ۱۹

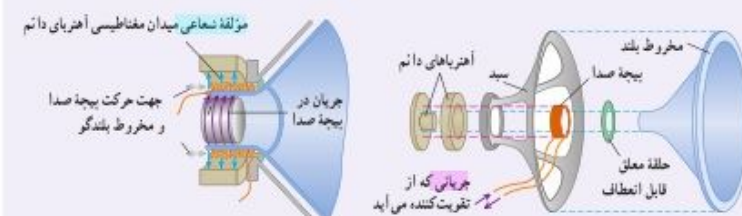
پیش ۳-۸

شکل روبه‌رو، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.



خوب است بدانید: طرز کار بلندگو

یک کاربرد متداول نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان، در بلندگوها یافت می‌شود (شکل زیر). میدان مغناطیسی که توسط آهنربای دائمی تولید می‌شود نیرویی بر پیچه صدا وارد می‌کند که با جریانی که از پیچه می‌گذرد متناسب است؛ جهت این نیرو بسته به جهت جریان، به طرف راست یا به طرف چپ است. جریانی که از تقویت کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریانی که از تقویت کننده می‌آید، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.



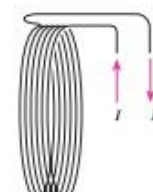
اجزای یک بلندگو. آهنربای دائمی میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که نیروهای بر پیچه صدا وارد می‌کند؛ اگر جریان الکتریکی در پیچه صدا نوسان کند، مخروط بلندگو که متصل به پیچه صداست هم نوسان می‌کند.

استفاده از یک تک حلقه برای تولید میدانی با اندازه مطلوب ممکن است نیازمند آن‌چنان جریان بزرگی باشد که از پیشینه جریان مجاز سیم حلقه فزاینده باشد. در چنین شرایطی به جای تک حلقه، از پیچه‌ها برای تولید میدان مغناطیسی استفاده می‌شود (شکل ۱۹-۳).

اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ای به شعاع R که حامل جریان است از رابطه $B = \mu_0 I / 2R$ بدست می‌آید که در آن μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر $4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ است. اگر به جای یک تک حلقه، پیچهای شامل N حلقه نزدیک به هم و با شعاع یکسان R داشته باشیم، آنگاه اندازه میدان مغناطیسی در مرکز این پیچه، که معمولاً به آن پیچه مسطح نیز گفته می‌شود، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad (5-3)$$

دلیل آنکه برای تولید میدان‌های مغناطیسی قوی به جای تک حلقه از پیچه‌ای از حلقه‌ها استفاده می‌شود همین ضرب N در رابطه ۵-۳ است.



شکل ۱۹-۳ پیچه

فصل ۱۹

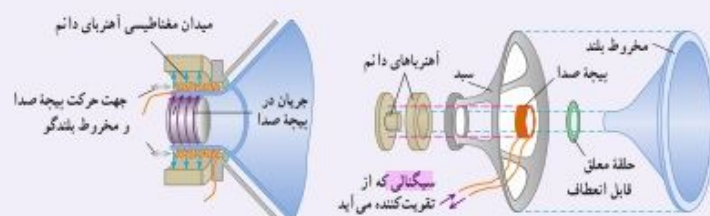
پیش ۳-۸

شکل روبه‌رو، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.



خوب است بدانید: طرز کار بلندگو

یک کاربرد متداول نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در بلندگوها یافت می‌شود (شکل زیر). میدان مغناطیسی که توسط آهنربای دائمی تولید می‌شود نیرویی بر پیچه صدا وارد می‌کند که با جریانی که از پیچه می‌گذرد متناسب است؛ جهت این نیرو بسته به جهت جریان، به طرف راست یا به طرف چپ است. جریانی که از تقویت کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریانی که از تقویت کننده می‌آید، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.



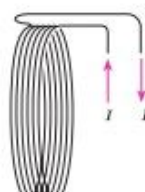
اجزای یک بلندگو. آهنربای دائمی میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که نیروهای بر جریان‌هایی که از پیچه صدا می‌گذرد وارد می‌کند؛ برای جریان I که در شکل نشان داده شده است نیرو به طرف راست است. اگر جریان الکتریکی در پیچه صدا نوسان کند، مخروط بلندگو که متصل به پیچه صداست با همان بسامد نوسان می‌کند.

استفاده از یک تک حلقه برای تولید میدانی با اندازه مطلوب ممکن است نیازمند آن‌چنان جریان بزرگی باشد که از پیشینه جریان مجاز سیم حلقه فزاینده باشد. در چنین شرایطی به جای تک حلقه، از پیچه‌ها برای تولید میدان مغناطیسی استفاده می‌شود (شکل ۱۹-۳).

اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ای به شعاع R که حامل جریان است از رابطه $B = \mu_0 I / 2R$ بدست می‌آید. که در آن μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر $4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ است. اگر به جای یک تک حلقه، پیچهای شامل N حلقه نزدیک به هم و با شعاع یکسان R داشته باشیم، آنگاه اندازه میدان مغناطیسی در مرکز این پیچه، که معمولاً به آن پیچه مسطح نیز گفته می‌شود، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad (5-3)$$

دلیل آنکه برای تولید میدان‌های مغناطیسی قوی به جای تک حلقه از پیچه‌ای از حلقه‌ها استفاده می‌شود همین ضرب N در رابطه ۵-۳ است.



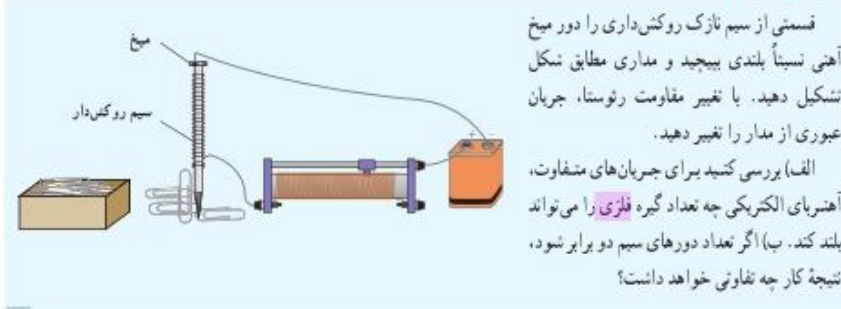
شکل ۱۹-۳ پیچه



شکل ۳-۱۱ (الف) سیمولوله با هسته آهنی.
(ب) آهنربای الکتریکی صنعتی

سیمولوله با هسته آهنی — آهنربای الکتریکی : شکل ۳-۲۱ الف سیمولوله‌ای با یک هسته آهنی را نشان می‌دهد. وقتی جریانی در سیمولوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیمولوله، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند. آهنربای الکتریکی صنعتی (شکل ۳-۲۱ ب) شامل پیچهای حامل جریان است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهن را بلند کند. هر چه تعداد دورهای سیمولوله و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود. وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیمولوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیمولوله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

فعالیت ۳-۶



قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی ببیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رثوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید.
(الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیره فلزی را می‌تواند بلند کند. (ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجه کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

۳-۶ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

رفتار آهنرباهای دائمی، نوارهای مغناطیسی پشت کارت‌های بانکی و دیسک‌های رایانهای به‌طور مستقیم به ویژگی‌های مغناطیسی مواد بستگی دارد. هنگامی که اطلاعاتی روی نوار مغناطیسی پشت کارت‌های بانکی یا یک دیسک رایانهای ذخیره می‌شود آرایه‌ای از هزاران هزار آهنربای دائمی میکروسکوپی روی نوار مغناطیسی پشت کارت یا دیسک ایجاد می‌شود. در این بخش، برخی ویژگی‌های مغناطیسی مواد را بررسی می‌کنیم.

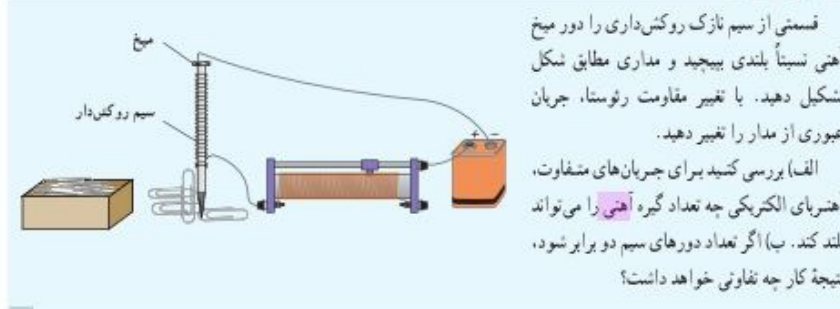
موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند. در واقع می‌توان گفت کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهنده این مواد (اتم‌ها یا مولکول‌ها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند. در این کتاب، دوقطبی‌های مغناطیسی را با یک پیکان کوچک نشان داده‌ایم که می‌توانند جهت‌گیری‌های متفاوتی داشته باشند و هرکدام از آنها وابسته به یک اتم یا مولکول‌اند. در ادامه به بررسی برخی از مواد مغناطیسی می‌پردازیم.



شکل ۳-۱۱ (الف) سیمولوله با هسته آهنی.
(ب) آهنربای الکتریکی صنعتی

سیمولوله با هسته آهنی — آهنربای الکتریکی : شکل ۳-۲۱ الف سیمولوله‌ای با یک هسته آهنی را نشان می‌دهد. وقتی جریانی در سیمولوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیمولوله، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند. آهنربای الکتریکی صنعتی (شکل ۳-۲۱ ب) شامل پیچهای حامل جریان است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهن را بلند کند. هر چه تعداد دورهای سیمولوله و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود. وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیمولوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیمولوله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

فعالیت ۳-۶



قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی ببیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رثوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید.
(الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیره آهنی را می‌تواند بلند کند. (ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجه کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

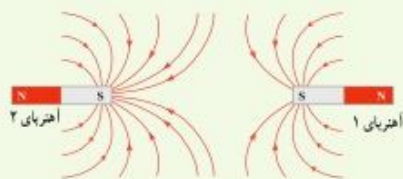
۳-۶ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

رفتار آهنرباهای دائمی، نوارهای مغناطیسی پشت کارت‌های بانکی و دیسک‌های رایانهای به‌طور مستقیم به ویژگی‌های مغناطیسی مواد بستگی دارد. هنگامی که اطلاعاتی روی نوار مغناطیسی پشت کارت‌های بانکی یا یک دیسک رایانهای ذخیره می‌شود آرایه‌ای از هزاران هزار آهنربای دائمی میکروسکوپی روی نوار مغناطیسی پشت کارت یا دیسک ایجاد می‌شود. در این بخش، برخی ویژگی‌های مغناطیسی مواد را بررسی می‌کنیم.

موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند. در واقع می‌توان گفت کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهنده این مواد (اتم‌ها یا مولکول‌ها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند. در این کتاب، دوقطبی‌های مغناطیسی را با یک پیکان کوچک نشان داده‌ایم که می‌توانند جهت‌گیری‌های متفاوتی داشته باشند و هرکدام از آنها وابسته به یک اتم یا مولکول‌اند. در ادامه به بررسی برخی از مواد مغناطیسی می‌پردازیم.

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۲ الف) آهنربای میله‌ای با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. دست کم دو روش را برای تعیین قطب‌های این آهنربا بیان کنید.
ب) خط‌های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیکی قطب‌های آهنرباها با هم مقایسه کنید.

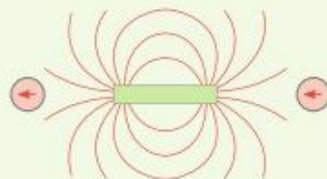


۳ کودکی یک قطعه کوچک آهنی را بلعیده است. پزشک می‌خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد. الف) هنگامی که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) ساختن نوک ثابت آهن چه مزیتی دارد؟
پ) این وسیله را باید به درون گلولی کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد؛ چرا غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟
ت) پزشک می‌خواهد یک گیره آهنی کاغذ و یک وائتر آلومینیومی را از گلولی کودک بیرون بیاورد؛ کدام یک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟

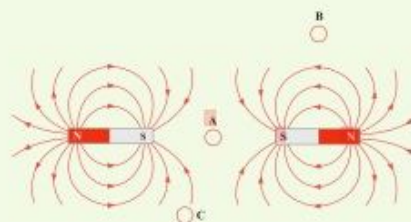


۱-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی و میدان مغناطیسی
۱ با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی در شکل زیر، قطب‌های آهنربای میله‌ای و جهت خط‌های میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



۲ شکل زیر، خط‌های میدان مغناطیسی را در نزدیکی دو آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد.

الف) درباره میدان مغناطیسی در نقطه A چه می‌توان گفت؟
ب) با رسم شکل نشان دهید عقربه قطب‌نما در نقطه‌های B و C به ترتیب در کدام جهت قرار می‌گیرد؟

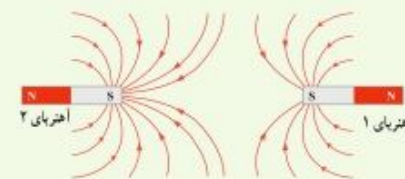


پ) اگر مانند شکل زیر یکی از آهنرباها را بجرخانییم تا جای قطب‌های آن عوض شود، خط‌های میدان مغناطیسی را در ناحیه نقطه چین رسم کنید.



پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۲ الف) آهنربای میله‌ای با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. دست کم دو روش را برای تعیین قطب‌های این آهنربا بیان کنید.
ب) خط‌های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیکی قطب‌های آهنرباها با هم مقایسه کنید.

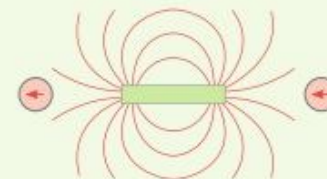


۳ کودکی یک قطعه کوچک آهنی را بلعیده است. پزشک می‌خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد. الف) هنگامی که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) ساختن نوک ثابت آهن چه مزیتی دارد؟
پ) این وسیله را باید به درون گلولی کودک وارد و به سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد؛ چرا غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟
ت) پزشک می‌خواهد یک گیره آهنی کاغذ و یک وائتر آلومینیومی را از گلولی کودک بیرون بیاورد؛ کدام یک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟

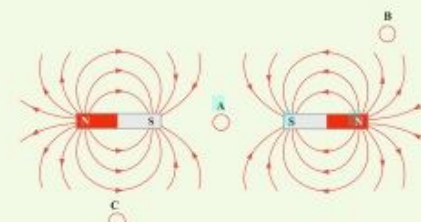


۱-۳ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی و میدان مغناطیسی
۱ با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی در شکل زیر، قطب‌های آهنربای میله‌ای و جهت خط‌های میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



۲ شکل زیر، خط‌های میدان مغناطیسی را در نزدیکی دو آهنربای میله‌ای یکسان نشان می‌دهد.

الف) درباره میدان مغناطیسی در نقطه A چه می‌توان گفت؟
ب) با رسم شکل نشان دهید عقربه قطب‌نما در نقطه‌های B و C به ترتیب در کدام جهت قرار می‌گیرد؟

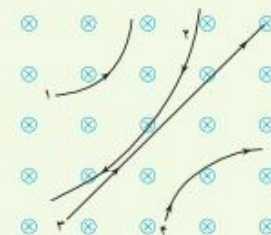


پ) اگر مانند شکل زیر یکی از آهنرباها را بجرخانییم تا جای قطب‌های آن عوض شود، خط‌های میدان مغناطیسی را در ناحیه نقطه چین رسم کنید.

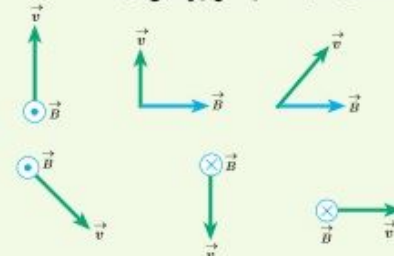


۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

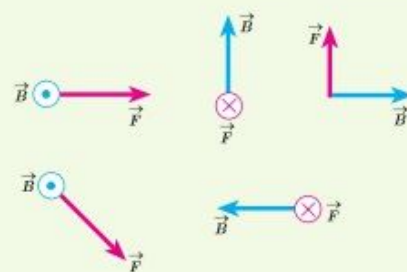
۵ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو مسیری مطابق شکل زیر می‌پیمایند. درباره نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



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

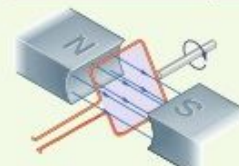


۷ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل زیر، نشان داده شده است. فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است؛ در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.

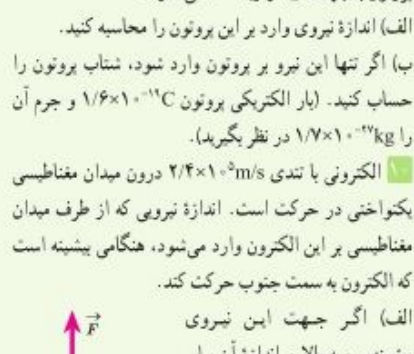


۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

۵ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو مسیری مطابق شکل زیر می‌پیمایند. درباره نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



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



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

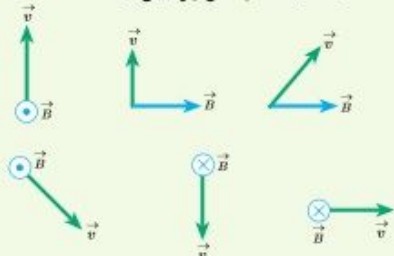


۳-۳ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

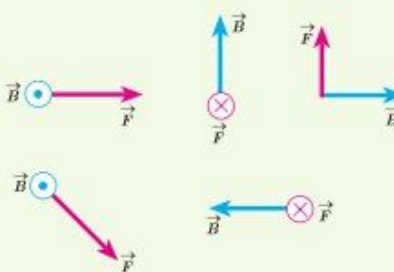
۵ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو مسیری مطابق شکل زیر می‌پیمایند. درباره نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



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

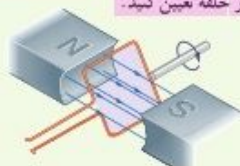


۷ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل زیر، نشان داده شده است. فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است؛ در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



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

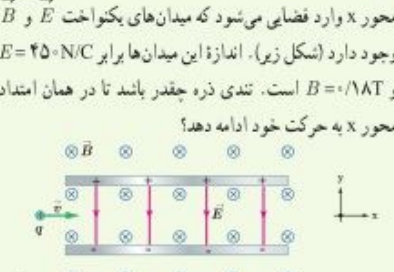
۵ چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون سو مسیری مطابق شکل زیر می‌پیمایند. درباره نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



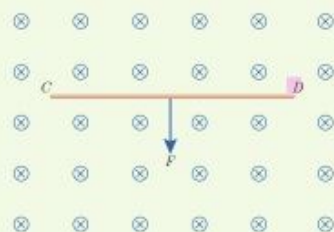
۶ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت را در هر یک از حالت‌های نشان داده در شکل زیر تعیین کنید.



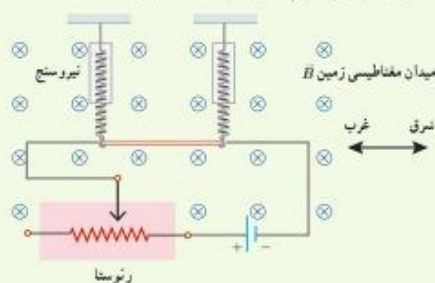
۷ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل زیر، نشان داده شده است. فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است؛ در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

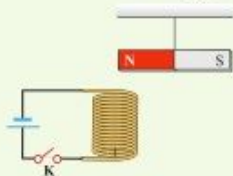


۱۵ یک سیم حامل جریان $1/6$ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروی متضاد که به دو انتهای آن پسته شده‌اند، به طور افقی و در راستای غرب-شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را بکنواخت، به طرف شمال و اندازه 0.5 mT بگیرد. الف) اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید. ب) اگر بخواهیم نیروی متضاد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم 8 گرم است ($g = 9.8 \text{ N/kg}$).



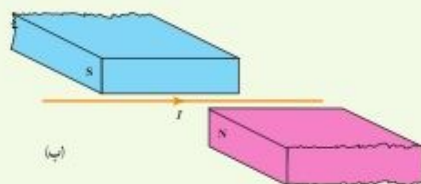
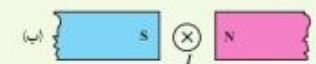
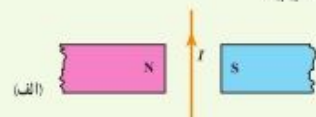
۱۶ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

۱۷ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، بالای سیم‌لوله‌ای آویزان شده است. توضیح دهید با بستن کلید K چه تغییری در وضعیت آهنربا رخ می‌دهد.

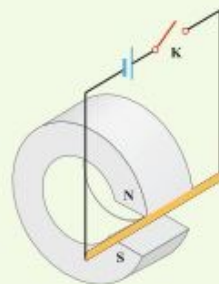


۳-۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

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

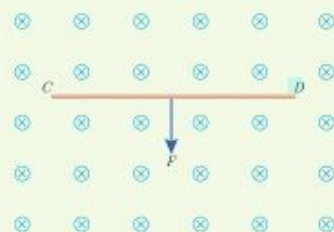


۱۳ یک میله رسانا به پایه‌های یک باتری وصل شده و مطابق شکل در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل آویزان شده است و می‌تواند آزادانه نوسان کند. با بستن کلید K، چه اتفاقی برای میله رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

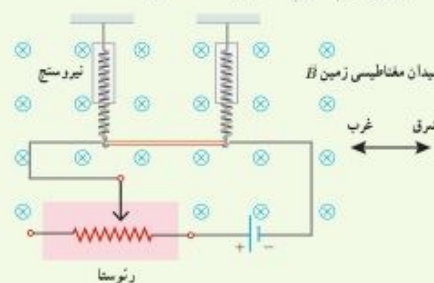


۱۴ سیم رسانای CD به طول 2 m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی درون سول با اندازه 0.5 T قرار گرفته است؛ اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر 1 N باشد، جهت و

مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

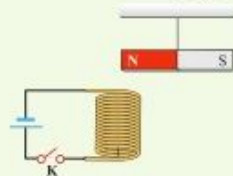


۱۵ یک سیم حامل جریان $1/6$ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروی متضاد که به دو انتهای آن پسته شده‌اند، به طور افقی و در راستای غرب-شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را بکنواخت، به طرف شمال و اندازه 0.5 mT بگیرد. الف) اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید. ب) اگر بخواهیم نیروی متضاد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم 8 گرم است ($g = 9.8 \text{ N/kg}$).



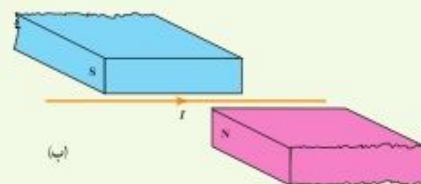
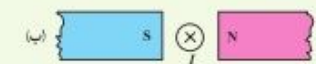
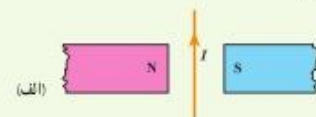
۱۶ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

۱۷ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، بالای سیم‌لوله‌ای آویزان شده است. توضیح دهید با بستن کلید K چه تغییری در وضعیت آهنربا رخ می‌دهد.

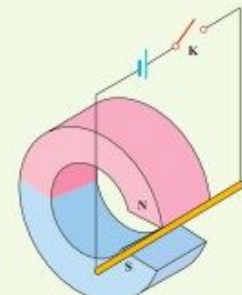


۳-۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

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



۱۳ یک میله رسانا به پایه‌های یک باتری وصل شده و مطابق شکل در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل آویزان شده است و می‌تواند آزادانه نوسان کند. با بستن کلید K، چه اتفاقی برای میله رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.



۱۴ سیم رسانای CD به طول 2 m مطابق شکل زیر عمود بر میدان مغناطیسی درون سول با اندازه 0.5 T قرار گرفته است؛ اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر 1 N باشد، جهت و

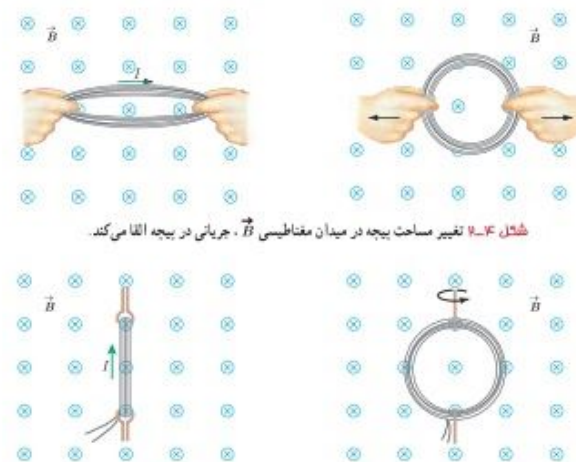
القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب



مایکل فاراد (۱۸۶۷-۱۷۹۱)

مایکل فاراد، پسر یک آهنگر انگلیسی بود. به گفته خود او: «تحصیلات من بسیار معمولی بود. خواندن را کمی بیشتر از حد مفید و نوشتن و ریاضیات را در حد شاگرد یک مدرسه روزانه می‌دانستم. ساعت‌های خارج از مدرسه من در خانه و خیابان‌ها می‌گذشت.» وی در سن ۱۲ سالگی به عنوان شاگرد در یک کتابفروشی مشغول به کار شد. فاراد ۱۹ ساله بود که به او اجازه داده شد تا در جلسه سخنرانی برهمنری دیوی، شیمی‌دان مشهور (۱۸۲۹-۱۷۷۸)، که در مؤسسه سلطنتی لندن برگزار می‌شد، حضور یابد. مؤسسه سلطنتی یک مرکز مهم پژوهش و آموزش علوم بود. فاراد به شدت علاقه‌مند علوم شد و پیش خود به تحصیل علم تئسی پرداخت. در سال ۱۸۱۲ قاضای شطی در مؤسسه سلطنتی گرد و دیوی او را به عنوان یک همکار در امور پژوهشی استخدام کرد. فاراد به زودی نبوغ خود را به عنوان یک آزمایشگر نشان داد. وی مقاله‌های مهمی در تئسی، خواص مغناطیسی، الکتریسته و نور نوشت و سرانجام به عنوان رئیس مؤسسه سلطنتی برگزیده شد. فاراد را به سبب کشف‌های بسیاری یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان تجربی عصر خود می‌دانند.

پیش از این دیدیم که با تغییر اندازه میدان در محل سیم‌لوله، جریان در آن القا می‌شود. به جز این روش، به روش‌های دیگری نیز می‌توان در پیچه یا سیم‌لوله، جریان الکتریکی القا کرد. اگر مساحت پیچه‌ای انعطاف‌پذیر را درون میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ تغییر دهیم (شکل ۲-۴) یا پیچه‌ای را درون میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ بچرخانیم (شکل ۳-۴)، مشاهده می‌شود که در هنگام انجام این کارها، جریانی در پیچه القا می‌شود.



شکل ۲-۴ تغییر مساحت پیچه در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، جریانی در پیچه القا می‌کند.

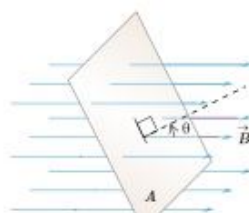
شکل ۳-۴ با چرخاندن پیچه درون میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، زاویه بین میدان مغناطیسی و سطح پیچه تغییر می‌کند. این تغییر زاویه سبب القای جریان در پیچه می‌شود.

۲-۴ قانون القای الکترومغناطیسی فاراد

پیش از این دیدیم که به دلایلی مانند تغییر میدان مغناطیسی در محل یک پیچه، تغییر مساحت پیچه در حضور میدان مغناطیسی یا چرخش پیچه درون میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی در آن القا می‌شود. عامل اساسی و مشترک در ایجاد جریان القایی در همه این آزمایش‌ها، **تغییر شار مغناطیسی** عبوری از پیچه است. شار مغناطیسی، کمیتی ترده‌ای است و برای میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ که از پیچه‌ای با مساحت معین A می‌گذرد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (۱-۴)$$

همان‌طور که در شکل ۴-۴ دیده می‌شود: θ زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه است (این نیم خط را به طور خط چین روی شکل نشان داده‌ایم). یکای SI شار مغناطیسی، وپر (Wb) است که با توجه به رابطه ۴-۴ داریم: $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$



شکل ۴-۴ نیم خط عمود بر سطح. با میدان بکنواخت $\vec{B}$ زاویه θ می‌سازد.

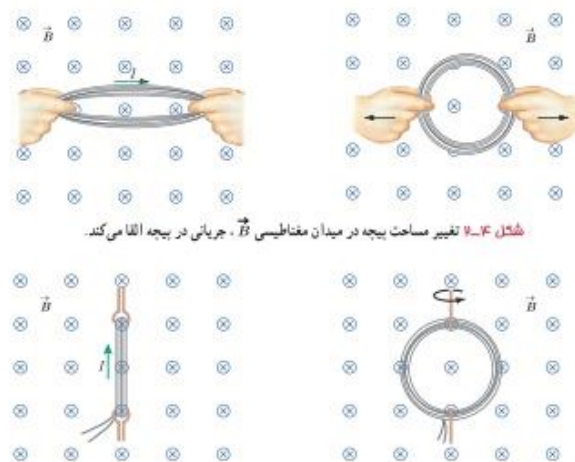
القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب



مایکل فاراد (۱۸۶۷-۱۷۹۱)

مایکل فاراد، پسر یک آهنگر انگلیسی بود. به گفته خود او: «تحصیلات من بسیار معمولی بود. خواندن را کمی بیشتر از حد مفید و نوشتن و ریاضیات را در حد شاگرد یک مدرسه روزانه می‌دانستم. ساعت‌های خارج از مدرسه من در خانه و خیابان‌ها می‌گذشت.» وی در سن ۱۲ سالگی به عنوان شاگرد در یک کتابفروشی مشغول به کار شد. فاراد ۱۹ ساله بود که به او اجازه داده شد تا در جلسه سخنرانی برهمنری دیوی، شیمی‌دان مشهور (۱۸۲۹-۱۷۷۸)، که در مؤسسه سلطنتی لندن برگزار می‌شد، حضور یابد. مؤسسه سلطنتی یک مرکز مهم پژوهش و آموزش علوم بود. فاراد به شدت علاقه‌مند علوم شد و پیش خود به تحصیل علم تئسی پرداخت. در سال ۱۸۱۲ قاضای شطی در مؤسسه سلطنتی گرد و دیوی او را به عنوان یک همکار در امور پژوهشی استخدام کرد. فاراد به زودی نبوغ خود را به عنوان یک آزمایشگر نشان داد. وی مقاله‌های مهمی در تئسی، خواص مغناطیسی، الکتریسته و نور نوشت و سرانجام به عنوان رئیس مؤسسه سلطنتی برگزیده شد. فاراد را به سبب کشف‌های بسیاری یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان تجربی عصر خود می‌دانند.

پیش از این دیدیم که با تغییر اندازه میدان در محل سیم‌لوله، جریان در آن القا می‌شود. به جز این روش، به روش‌های دیگری نیز می‌توان در پیچه یا سیم‌لوله، جریان الکتریکی القا کرد. اگر مساحت پیچه‌ای انعطاف‌پذیر را درون میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ تغییر دهیم (شکل ۲-۴) یا پیچه‌ای را درون میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ بچرخانیم (شکل ۳-۴)، مشاهده می‌شود که در هنگام انجام این کارها، جریانی در پیچه القا می‌شود.



شکل ۲-۴ تغییر مساحت پیچه در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، جریانی در پیچه القا می‌کند.

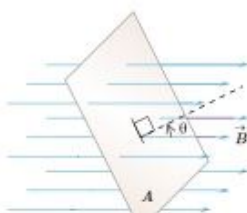
شکل ۳-۴ با چرخاندن پیچه درون میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، زاویه بین میدان مغناطیسی و سطح پیچه تغییر می‌کند. این تغییر زاویه سبب القای جریان در پیچه می‌شود.

۲-۴ قانون القای الکترومغناطیسی فاراد

پیش از این دیدیم که به دلایلی مانند تغییر میدان مغناطیسی در محل یک پیچه، تغییر مساحت پیچه در حضور میدان مغناطیسی یا چرخش پیچه درون میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی در آن القا می‌شود. عامل اساسی و مشترک در ایجاد جریان القایی در همه این آزمایش‌ها، **تغییر شار مغناطیسی** عبوری از پیچه است. شار مغناطیسی، کمیتی ترده‌ای است و برای میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B}$ که از پیچه‌ای با مساحت معین A می‌گذرد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (۱-۴)$$

همان‌طور که در شکل ۴-۴ دیده می‌شود: θ زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه است (این نیم خط را به طور خط چین روی شکل نشان داده‌ایم). یکای SI شار مغناطیسی، وپر (Wb) است که با توجه به رابطه ۴-۴ داریم: $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$



شکل ۴-۴ نیم خط عمود بر سطح. با میدان بکنواخت $\vec{B}$ زاویه θ می‌سازد.

تمرین ۱-۴

الف) حلقه‌ای به مساحت 25cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازه 0.3T قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر B ، مساحت سطح حلقه را به 1cm^2 برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازه زمانی $\Delta t = 0.2\text{s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



پروشی ۱-۴

کدام یک از یکاهای زیر معادل یکای وبر بر ثانیه (Wb/s) است؟

Ω ☐ A ☐ V ☐ V/A ☐

اکنون که با تعریف و مفهوم شار مغناطیسی آشنا شدید دوباره نگاهی می‌کنیم به پدیده القای الکترومغناطیسی که در بخش قبل بررسی کردیم. همان‌طور که گفتیم عامل مشترک در تمامی پدیده‌هایی که منجر به تولید جریان القایی در مدار می‌شود، تغییر شار مغناطیسی عبوری از پیچه یا سیم‌لوله است. بنابر قانون فاراده، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار پستهای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی 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 شکل‌های ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ هرچه حرکتی که سبب تغییر شار مغناطیسی می‌شود، سریع‌تر انجام شود، عقریه گالوانومتر بیشتر منحرف می‌شود، و این نشان می‌دهد که جریان القایی بزرگ‌تری به وجود آمده است.

قانون فاراده برای پیچه یا سیم‌لوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\mathcal{E}_{\text{av}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2-4)$$

در این رابطه $\mathcal{E}_{\text{av}}$ نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت و $\Delta\Phi/\Delta t$ آهنگ تغییر شار مغناطیسی بر حسب وبر بر ثانیه (Wb/s) است. اگر مقاومت پیچه یا سیم‌لوله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{\text{av}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{av}}}{R} \quad (3-4)$$

همان‌طور که از رابطه ۳-۴ دیده می‌شود، هرچه مقاومت پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند، بیشتر باشد، جریان کوچک‌تری در آن القا می‌شود.

تمرین ۱-۴

الف) حلقه‌ای به مساحت 25cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازه 0.3T قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر B ، مساحت سطح حلقه را به 1cm^2 برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازه زمانی $\Delta t = 0.2\text{s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



پروشی ۱-۴

کدام یک از یکاهای زیر معادل یکای وبر بر ثانیه (Wb/s) است؟

Ω ☐ A ☐ V ☐ V/A ☐

اکنون که با تعریف و مفهوم شار مغناطیسی آشنا شدید دوباره نگاهی می‌کنیم به پدیده القای الکترومغناطیسی که در بخش قبل بررسی کردیم. همان‌طور که گفتیم عامل مشترک در تمامی پدیده‌هایی که منجر به تولید جریان القایی در مدار می‌شود، تغییر شار مغناطیسی عبوری از پیچه یا سیم‌لوله است. بنابر قانون فاراده، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار پستهای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی 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 شکل‌های ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ هرچه حرکتی که سبب تغییر شار مغناطیسی می‌شود، سریع‌تر انجام شود، عقریه گالوانومتر بیشتر منحرف می‌شود، و این نشان می‌دهد که جریان القایی بزرگ‌تری به وجود آمده است.

قانون فاراده برای پیچه یا سیم‌لوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\mathcal{E}_{\text{av}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2-4)$$

در این رابطه $\mathcal{E}_{\text{av}}$ نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت و $\Delta\Phi/\Delta t$ آهنگ تغییر شار مغناطیسی بر حسب وبر بر ثانیه (Wb/s) است. اگر مقاومت پیچه یا سیم‌لوله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{\text{av}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{av}}}{R} \quad (3-4)$$

همان‌طور که از رابطه ۳-۴ دیده می‌شود، هرچه مقاومت پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند، بیشتر باشد، جریان کوچک‌تری در آن القا می‌شود.

شکل ۳۴

مثال ۴-۵

ضریب القاوری سیمولوله آرمانی بدون هسته‌ای به طول $62/\text{Acm}$ و سطح مقطع 10 cm^2 را پیدا کنید که شامل 2000 حلقه نزدیک به هم است.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$L = ? \quad N = 2000 \quad \ell = 62/\text{Acm} \quad A = 10\text{ cm}^2$$

با قراردادن مقادیر بالا در رابطه ۴-۴ داریم:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell} = (4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) \frac{(10 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(2000)^2}{62 \text{ Am}} = 8.0 \times 10^{-2} \text{ H} = 80 \text{ mH}$$

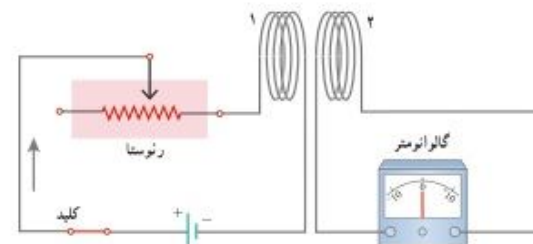
تمرین ۴-۳

- تعداد حلقه‌های سیمولوله‌ای بدون هسته، به طول 2 Acm و سطح 10 cm^2 چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن 1 H شود؟
- دو سیمولوله بدون هسته با سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیمولوله‌ها دو برابر دیگری باشد، ضریب القاوری‌اش چند برابر دیگری است؟

خوب است بدانید: کاربرد القاگرها در لامپ‌های فلوروسان

همان‌طور که در ابتدای این بخش دیدیم القاگرها با تغییرات سریع جریان در مدار مخالفت می‌کنند، به همین دلیل نقش مهمی در لامپ‌های فلوروسان (مهتابی) دارند. در این لامپ‌ها، جریان الکتریکی از گاز رقیقی که فضای درون لامپ را پر کرده است می‌گذرد و گاز را یونیده و به پلاسما تبدیل می‌کند. پلاسما یک رسانای غیراومی است و هرچه بیشتر یونیده شود مقاومت آن کمتر می‌شود. اگر ولتاژ به حد کافی بالایی به گاز اعمال شود، جریان می‌تواند بسیار زیاد شود و به مدار بیرونی لامپ فلوروسان آسیب برساند. برای جلوگیری از این مسئله، یک القاگر را به طور متوالی با لامپ فلوروسان می‌بندند تا مانع افزایش زیاد جریان شود. متعادل کننده همچنین باعث می‌شود تا لامپ فلوروسان بتواند با ولتاژ متناوب کار کند.

القای متقابل: شکل ۹-۴ اسباب آزمایش ساده‌ای را برای بررسی اثر القای متقابل نشان می‌دهد. جریان عبوری از پیچه ۱، میدان مغناطیسی $\vec{B}$ را به وجود می‌آورد. این میدان $\vec{B}$ ، شار مغناطیسی‌ای را از پیچه ۲ می‌گذراند که در مجاورت آن قرار دارد. با تغییر دادن مقاومت رنوستا و تغییر جریان در پیچه ۱، میدان مغناطیسی پیچه ۱ و در نتیجه شار عبوری از پیچه ۲ نیز تغییر می‌کند؛ بنابر قانون فاراده،



شکل ۹-۴ با تغییر مقاومت رنوستا و تغییر جریان عبوری از پیچه ۱ شار عبوری از پیچه ۲ نیز تغییر می‌کند. این تغییر شار، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچه ۲ می‌شود. هم‌زمان تغییر جریان در پیچه ۲، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچه ۱ می‌گردد.

۱۲۰

شکل ۳۴

مثال ۴-۵

ضریب القاوری سیمولوله آرمانی بدون هسته‌ای به طول $62/\text{Acm}$ و سطح مقطع 10 cm^2 را پیدا کنید که شامل 2000 حلقه نزدیک به هم است.

پاسخ: با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$L = ? \quad N = 2000 \quad \ell = 62/\text{Acm} \quad A = 10\text{ cm}^2$$

با قراردادن مقادیر بالا در رابطه ۴-۴ داریم:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell} = (4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}) \frac{(10 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(2000)^2}{62 \text{ Am}} = 8.0 \times 10^{-2} \text{ H} = 80 \text{ mH}$$

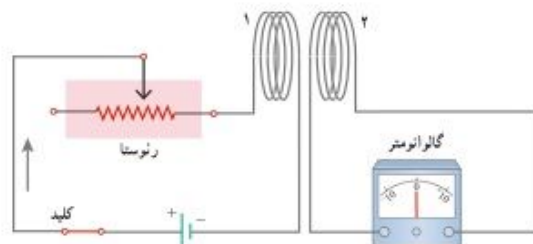
تمرین ۴-۳

- تعداد حلقه‌های سیمولوله‌ای بدون هسته، به طول 2 Acm و سطح 10 cm^2 چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن 1 H شود؟
- دو سیمولوله بدون هسته با سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیمولوله‌ها دو برابر دیگری باشد، ضریب القاوری‌اش چند برابر دیگری است؟

خوب است بدانید: کاربرد القاگرها در لامپ‌های فلوروسان

همان‌طور که در ابتدای این بخش دیدیم القاگرها با تغییرات سریع جریان در مدار مخالفت می‌کنند، به همین دلیل نقش مهمی در لامپ‌های فلوروسان (مهتابی) دارند. در این لامپ‌ها، جریان الکتریکی از گاز رقیقی که فضای درون لامپ را پر کرده است می‌گذرد و گاز را یونیده و به پلاسما تبدیل می‌کند. پلاسما یک رسانای غیراومی است و هرچه بیشتر یونیده شود مقاومت آن کمتر می‌شود. اگر ولتاژ به حد کافی بالایی به گاز اعمال شود، جریان می‌تواند بسیار زیاد شود و به مدار بیرونی لامپ فلوروسان آسیب برساند. برای جلوگیری از این مسئله، یک القاگر را به طور متوالی با لامپ فلوروسان می‌بندند تا مانع افزایش زیاد جریان شود. متعادل کننده همچنین باعث می‌شود تا لامپ فلوروسان بتواند با ولتاژ متناوب کار کند.

القای متقابل: شکل ۹-۴ اسباب آزمایش ساده‌ای را برای بررسی اثر القای متقابل نشان می‌دهد. جریان عبوری از پیچه ۱، میدان مغناطیسی $\vec{B}$ را به وجود می‌آورد. این میدان $\vec{B}$ ، شار مغناطیسی‌ای را از پیچه ۲ می‌گذراند که در مجاورت آن قرار دارد. با تغییر دادن مقاومت رنوستا و تغییر جریان در پیچه ۱، میدان مغناطیسی پیچه ۱ و در نتیجه شار عبوری از پیچه ۲ نیز تغییر می‌کند؛ بنابر قانون فاراده،



شکل ۹-۴ با تغییر مقاومت رنوستا و تغییر جریان عبوری از پیچه ۱ شار عبوری از پیچه ۲ نیز تغییر می‌کند. این تغییر شار، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچه ۲ می‌شود. هم‌زمان تغییر جریان در پیچه ۲، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچه ۱ می‌گردد.

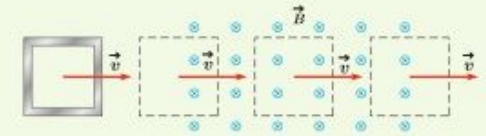
۱۲۰

شکل ۱۴

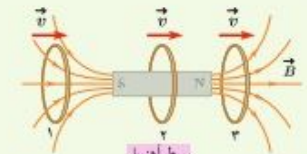
۱۴ حلقه رسانای مربعی شکل، به طول ضلع ۱۰cm وارد میدان مغناطیسی درون سویی به اندازه ۲۰mT و سپس از آن خارج می شود.

الف) در کدام مرحله شار عبوری از حلقه بیشینه است؟ مقدار شار گذرنده از حلقه در این حالت چقدر است؟

ب) در کدام وضعیت (ها) شار گذرنده از حلقه تغییر می کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.

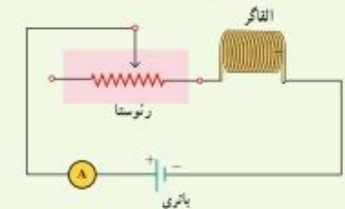


۱۵ حلقه رسانایی به طرف یک آهنربای میله ای حرکت می کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به طور جداگانه تعیین کنید.



۴-۴ القاها

۱۷ شکل زیر مداری را نشان می دهد؛ شامل یک القاگر (سیمول)، باتری، رنوستا و آمپر سنج که به طور متوالی به یکدیگر بسته شده اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می کنید؟



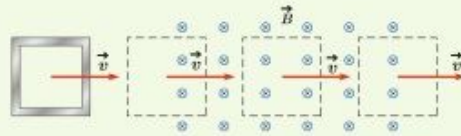
۱۳۰

شکل ۱۴

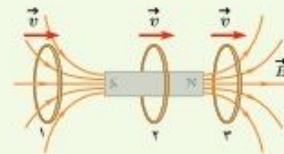
۱۴ حلقه رسانای مربعی شکل، به طول ضلع ۱۰cm وارد میدان مغناطیسی درون سویی به اندازه ۲۰mT و سپس از آن خارج می شود.

الف) در کدام مرحله شار عبوری از حلقه بیشینه است؟ مقدار شار گذرنده از حلقه در این حالت چقدر است؟

ب) در کدام وضعیت (ها) شار گذرنده از حلقه تغییر می کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.

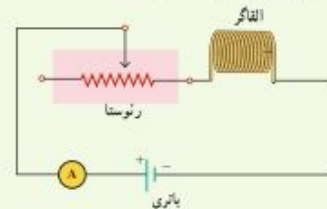


۱۵ حلقه رسانایی به طرف یک آهنربای میله ای حرکت می کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به طور جداگانه تعیین کنید.



۴-۴ القاها

۱۷ شکل زیر مداری را نشان می دهد؛ شامل یک القاگر (سیمول)، باتری، رنوستا و آمپر سنج که به طور متوالی به یکدیگر بسته شده اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می کنید؟

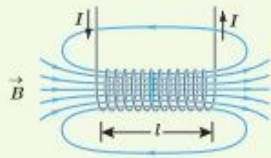


۱۳۰

۱۴ مساحت هر حلقه و طول سیمول شکل زیر به ترتیب ۲۰cm^2 و ۸۰cm است. اگر این سیمول از ۱۰۰۰ حلقه تریپک به هم تشکیل شده باشد.

الف) ضریب القاوری آن را پیدا کنید.

ب) چه جریانی از سیمول به گذرد تا در میدان مغناطیسی آن $۰/۴\text{mT}$ انرژی ذخیره شود؟



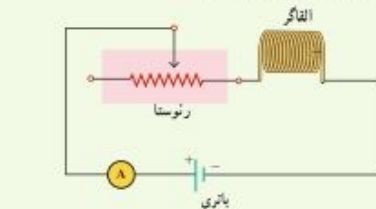
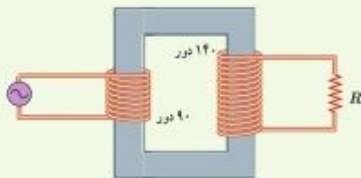
۴-۴ جریان متناوب

۱۹ جریان متناوبی که بیشینه آن $۲/۰\text{A}$ و دوره آن $۰/۰۲\text{s}$ است، از یک رسانای اهمی می گذرد.

الف) اولین لحظه ای که در آن جریان بیشینه است چه لحظه ای است؟ در این لحظه نیروی محرکه القایی چقدر است؟

ب) در لحظه $t = \frac{1}{\omega} \text{ s}$ ، جریان چقدر است؟

۲۰ در مبدل آرمانی شکل زیر، اگر بیشینه ولتاژ دوسر مقاومت R برابر $۷/۰\text{V}$ باشد، بیشینه ولتاژ مولد چقدر است؟



۱۳۰