...n\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 2 ≠ ...n\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 2 — 2026-06-11 19:46:30 • diffpdf

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: فیزیک (۲)ـ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه ـ ۱۱۱۲۴۴
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 خلیلی‌بروجنی، محمدرضا خوش‌بین‌خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده اکبانانی، سید هدایت سجادی، سیروان مردوخی و علیرضا نیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف) ـ محمدکاظم بهنیا (ویراستار ادبی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) ـ مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ محمّد مهدی ذبیحی (طراح جلد) ـ راحله زادفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) ـ فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)ـ مرضیه اخلاقی، سیّده فاطمه محسنی، پریسا پژوهی‌باد، آذر روستایی فیروزآباد، زینت بهشتی شیرازی، حمید ثابت کلاجاهی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۲

شابک ۶ـ۰۵ـ۲۸۳۹ـ۹۶۴ـ۹۷۸
ISBN: 978_964_05_2839_6

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: فیزیک (۲)ـ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه ـ ۱۱۱۲۴۴
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 خلیلی‌بروجنی، محمدرضا خوش‌بین‌خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده اکبانانی، سید هدایت سجادی، سیروان مردوخی و علیرضا نیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف) ـ محمدکاظم بهنیا (ویراستار ادبی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) ـ مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ محمّد مهدی ذبیحی (طراح جلد) ـ راحله زادفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) ـ فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)ـ مرضیه اخلاقی، سیّده فاطمه محسنی، پریسا پژوهی‌باد، آذر روستایی فیروزآباد، زینت بهشتی شیرازی، حمید ثابت کلاجاهی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هشتم ۱۴۰۳

شابک ۶ـ۰۵ـ۲۸۳۹ـ۹۶۴ـ۹۷۸
ISBN: 978_964_05_2839_6

...n\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 5 ≠ ...n\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 5 — 2026-06-11 19:46:30 • diffpdf

فهرست

۱ الکتریسیتهٔ ساکن ۱

۱ـ۱ بار الکتریکی ۲
۱ـ۲ پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی ۳
۱ـ۳ قانون کولن ۵
۱ـ۴ میدان الکتریکی ۱۰
۱ـ۵ میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار ۱۱
۱ـ۶ خطوط میدان الکتریکی ۱۶
۱ـ۷ انرژی پتانسیل الکتریکی ۲۰
۱ـ۸ پتانسیل الکتریکی ۲۲
۱ـ۹ توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا ۲۵
۱ـ۱۰ خازن ۲۸
۱ـ۱۱ انرژی خازن ۳۳
پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۱ ۳۶

۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۳۹

۲ـ۱ جریان الکتریکی ۴۰
۲ـ۲ مقاومت الکتریکی و قانون اهم ۴۳
۲ـ۳ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی ۴۵
۲ـ۴ نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها ۵۰
۲ـ۵ توان در مدارهای الکتریکی ۵۳
۲ـ۶ ترکیب مقاومت‌ها ۵۵
پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۲ ۶۲

فهرست

۱ الکتریسیتهٔ ساکن ۱

۱ـ۱ بار الکتریکی ۲
۱ـ۲ پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی ۳
۱ـ۳ قانون کولن ۵
۱ـ۴ میدان الکتریکی ۱۰
۱ـ۵ میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار ۱۱
۱ـ۶ خطوط میدان الکتریکی ۱۶
۱ـ۷ انرژی پتانسیل الکتریکی ۲۰
۱ـ۸ پتانسیل الکتریکی ۲۲
۱ـ۹ توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا ۲۵
۱ـ۱۰ خازن ۲۸
۱ـ۱۱ انرژی خازن ۳۳
پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۱ ۳۶

۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۳۹

۲ـ۱ جریان الکتریکی ۴۰
۲ـ۲ مقاومت الکتریکی و قانون اهم ۴۳
۲ـ۳ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی ۴۵
۲ـ۴ نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها ۵۰
۲ـ۵ توان در مدارهای الکتریکی ۵۳
۲ـ۶ ترکیب مقاومت‌ها ۵۵
پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۲ ۶۲

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 53 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 53 — 2026-06-11 19:46:31 • diffpdf

مثال ۲ــ۲

یک لامپ جراغ قوهٔ کوچک از یک باتری ۱/۵V، جریانی برابر ۰/۳۰A می‌کشد. با فرض آنکه رشتهٔ لامپ، یک رسانای اُهمی باشد، الف) مقاومت آن چقدر است؟ ب) اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ به ۱/۲V افت کند، جریان چقدر می‌شود؟ از تغییر مقاومت رشتهٔ لامپ در اثر تغییر دما چشم پوشی می‌شود.

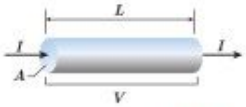
پاسخ : الف) با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۲ برای مقاومت رشتهٔ لامپ داریم :

$$R=\frac{V}{I}=\frac{1/5\text{V}}{0/30\text{A}}=5/0\Omega$$

ب) دوباره از رابطهٔ ۲ــ۲ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه اکنون مقاومت رشتهٔ لامپ را داریم، جریان عبوری از آن جنین می‌شود :

$$I=\frac{V}{R}=\frac{1/2\text{V}}{5/0\Omega}=0/24\text{A}$$

۲ــ۳ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی



شکل ۲ــ۱۱ از سیمی به طول L و مقطع یکنواخت A، تحت اختلاف پتانسیل V، جریان I می‌گذرد.

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.

آزمایش و محاسبات نظری نشان می‌دهد اگر سطح مقطع جسم در تمام طول آن یکسان باشد (شکل ۲ــ۱۱)، مقاومت آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$R=\rho\frac{L}{A} \qquad (۲ــ۳)$$

که در آن طول رسانا (L) برحسب متر (m)، مساحت مقطع جسم (A) برحسب متر مربع (m^2)، و مقاومت جسم (R) برحسب اُهم (Ω) است، و بنابراین، کمیت ρ که به آن مقاومت ویژه گفته می‌شود برحسب اُهم‌ــمتر ($\Omega.\text{m}$) می‌شود. این بستگی مقاومت به طول و مساحت مقطع جسم را می‌توان با شبیه‌سازی‌های ساده‌ای نیز درک کرد. هرچه جسم بلندتر شود الکترون‌ها هنگام عبور از آن برخوردهای بیشتری با اتم‌ها پیدا می‌کنند. بنابراین، مقاومت الکتریکی جسم بیشتر می‌شود. کوچک‌تر شدن سطح مقطع جسم را نیز می‌توان به کوچک‌تر شدن سطح مقطع لوله‌ای تشبیه کرد که در آن شاره‌ای در جریان است. کوچک‌تر شدن مقطع سبب کاهش عبور شاره می‌شود که به‌معنای افزایش مقاومت در برابر عبور شاره است.

مقاومت ویژهٔ یک ماده به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد. رساناهای الکتریکی خوب مقاومت ویژهٔ بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژهٔ بسیار زیادی دارند. جدول ۲ــ۲ مقاومت ویژهٔ برخی مواد را در دمای 20°C نشان می‌دهد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد دسته‌ای از مواد مانند ژرمانیم و سیلیسیم نیز وجود دارند که مقاومت ویژهٔ آنها بین مقاومت ویژهٔ رساناها و نارساناهاست. به‌این دسته از مواد، نیم‌رسانا می‌گویند.

مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود در حالی که مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

مثال ۲ــ۲

یک لامپ جراغ قوهٔ کوچک از یک باتری ۱/۵V، جریانی برابر ۰/۳۰A می‌کشد. با فرض آنکه رشتهٔ لامپ، یک رسانای اُهمی باشد، الف) مقاومت آن چقدر است؟ ب) اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ به ۱/۲V افت کند، جریان چقدر می‌شود؟ از تغییر مقاومت رشتهٔ لامپ در اثر تغییر دما چشم پوشی می‌شود.

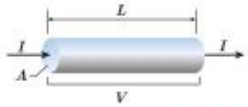
پاسخ : الف) با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۲ برای مقاومت رشتهٔ لامپ داریم :

$$R=\frac{V}{I}=\frac{1/5\text{V}}{0/30\text{A}}=5/0\Omega$$

ب) دوباره از رابطهٔ ۲ــ۲ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه اکنون مقاومت رشتهٔ لامپ را داریم، جریان عبوری از آن جنین می‌شود :

$$I=\frac{V}{R}=\frac{1/2\text{V}}{5/0\Omega}=0/24\text{A}$$

۲ــ۳ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی



شکل ۲ــ۱۱ از سیمی به طول L و مقطع یکنواخت A، تحت اختلاف پتانسیل V، جریان I می‌گذرد.

در بخش قبل پیش‌بینی کردیم که مقاومت الکتریکی به طول و سطح مقطع رسانا و نیز ترکیب و ساختار آن بستگی دارد.

آزمایش و محاسبات نظری نشان می‌دهد اگر سطح مقطع جسم در تمام طول آن یکسان باشد (شکل ۲ــ۱۱)، مقاومت آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$R=\rho\frac{L}{A} \qquad (۲ــ۳)$$

که در آن طول رسانا (L) برحسب متر (m)، مساحت مقطع جسم (A) برحسب متر مربع (m^2)، و مقاومت جسم (R) برحسب اُهم (Ω) است، و بنابراین، کمیت ρ که به آن مقاومت ویژه گفته می‌شود برحسب اُهم‌ــمتر ($\Omega.\text{m}$) می‌شود. این بستگی مقاومت به طول و مساحت مقطع جسم را می‌توان با شبیه‌سازی‌های ساده‌ای نیز درک کرد. هرچه جسم بلندتر شود الکترون‌ها هنگام عبور از آن برخوردهای بیشتری با اتم‌ها پیدا می‌کنند. بنابراین، مقاومت الکتریکی جسم بیشتر می‌شود. کوچک‌تر شدن سطح مقطع جسم را نیز می‌توان به کوچک‌تر شدن سطح مقطع لوله‌ای تشبیه کرد که در آن شاره‌ای در جریان است. کوچک‌تر شدن مقطع سبب کاهش عبور شاره می‌شود که به‌معنای افزایش مقاومت در برابر عبور شاره است.

مقاومت ویژهٔ یک ماده به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد. رساناهای الکتریکی خوب مقاومت ویژهٔ بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژهٔ بسیار زیادی دارند. جدول ۲ــ۲ مقاومت ویژهٔ برخی مواد را در دمای 20°C نشان می‌دهد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد دسته‌ای از مواد مانند ژرمانیم و سیلیسیم نیز وجود دارند که مقاومت ویژهٔ آنها بین مقاومت ویژهٔ رساناها و نارساناهاست. به‌این دسته از مواد، نیم‌رسانا می‌گویند.

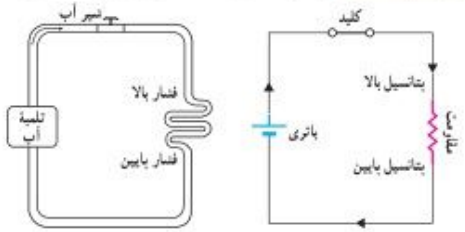
مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود در حالی که مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 58 — 2026-06-11 19:46:32 • diffpdf
...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 58 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 58 — 2026-06-11 19:46:32 • diffpdf

۲ــ۴ نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها

برای بالا بردن آب از سطح زمین به یک تلمبهٔ آب نیاز است تا آب را به ارتفاع معیّنی برساند. بدین‌ترتیب، آب انرژی پتانسیل گرانشی لازم برای جریان یافتن و انجام کار معیّنی را کسب می‌کند (شکل ۲ــ۱۳). 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 بارالکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی گفته می‌شود. منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی (مانند باتری‌ها) با افزایش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی هنگام عبور از منبع، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند (شکل ۲ــ۱۴).

شکل ۲ــ ۱۳ یک سرسرهٔ آبی. در واقع یک تلمبه، آب را مدام به بالای سرسره پمپ می‌کند و موجب جریان یافتن آب و شُرخوردن شخص بر روی سرسره می‌شود.

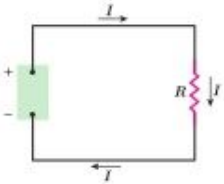


شکل ۲ــ ۱۴ همان‌طور که تلمبهٔ آب انرژی لازم برای شارش آب را فراهم می‌کند، باتری نیز انرژی لازم برای برقراری یک جریان را مهیا می‌سازد.

انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکهٔ 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 مهیّا می‌سازند. پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی نمونه‌های دیگری از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی‌اند.

مدار سادهٔ الکتریکی شکل ۲ــ۱۵ را در نظر بگیرید. منبع نیروی محرکه هنگام عبور بار Δq از منبع کاری به اندازهٔ ΔW روی آن انجام می‌دهد تا آن را در مدار به حرکت درآورد. کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانهٔ با پتانسیل کمتر به پایانهٔ با پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکهٔ الکتریکی[1] (emf) نامیده و با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود[2] :

$$\mathscr{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \qquad (۲ــ۴)$$



شکل ۲ــ۱۵ یک مدار سادهٔ الکتریکی شامل مقاومت R. منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی $\mathscr{E}$ و سیم‌های رابط

یکای کمیت نیروی محرکهٔ الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است (۱V=۱J/۱C). پس اگر نیروی محرکهٔ 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).

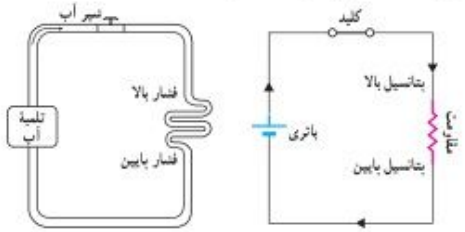
۱ــ Electromotive Force

۲ــ توجه کنید که نیروی محرکهٔ الکتریکی واژهٔ نامناسبی است؛ زیرا emf نیرو نیست؛ بلکه مانند پتانسیل یک کمیت انرژی به ازای واحد بار است.

۲ــ۴ نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها

برای بالا بردن آب از سطح زمین به یک تلمبهٔ آب نیاز است تا آب را به ارتفاع معیّنی برساند. بدین‌ترتیب، آب انرژی پتانسیل گرانشی لازم برای جریان یافتن و انجام کار معیّنی را کسب می‌کند (شکل ۲ــ۱۳). برای اینکه بارهای الکتریکی 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 محرکهٔ الکتریکی گفته می‌شود. منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی (مانند باتری‌ها) با افزایش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی هنگام عبور از منبع، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند (شکل ۲ــ۱۴).

شکل ۲ــ ۱۳ یک سرسرهٔ آبی. در واقع یک تلمبه، آب را مدام به بالای سرسره پمپ می‌کند و موجب جریان یافتن آب و شُرخوردن شخص بر روی سرسره می‌شود.

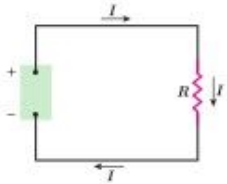


شکل ۲ــ ۱۴ همان‌طور که تلمبهٔ آب انرژی لازم برای شارش آب را فراهم می‌کند، باتری نیز انرژی لازم برای برقراری یک جریان را مهیا می‌سازد.

انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکهٔ 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 مهیّا می‌سازند. پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی نمونه‌های دیگری از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی‌اند.

مدار سادهٔ الکتریکی شکل ۲ــ۱۵ را در نظر بگیرید. منبع نیروی محرکه هنگام عبور بار Δq از منبع کاری به اندازهٔ ΔW روی آن انجام می‌دهد تا آن را در مدار به حرکت درآورد. کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانهٔ با پتانسیل کمتر به پایانهٔ با پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکهٔ الکتریکی[1] (emf) نامیده و با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود[2] :

$$\mathscr{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \qquad (۲ــ۴)$$



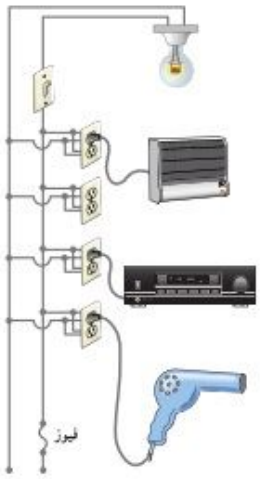
شکل ۲ــ۱۵ یک مدار سادهٔ الکتریکی شامل مقاومت R. منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی $\mathscr{E}$ و سیم‌های رابط

یکای کمیت نیروی محرکهٔ الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است (۱V=۱J/۱C). پس اگر نیروی محرکهٔ 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.

۱ــ Electromotive Force

۲ــ توجه کنید که نیروی محرکهٔ الکتریکی واژهٔ نامناسبی است؛ زیرا emf نیرو نیست؛ بلکه مانند پتانسیل یک کمیت انرژی به ازای واحد بار است.

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 68 — 2026-06-11 19:46:33 • diffpdf ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 68



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

$$I_{\text{لامپ}} = \frac{P_{\text{لامپ}}}{V} = \frac{۱۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۴۵۵\,\text{A}$$

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{۲۰۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۹/۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{بخش}} = \frac{P_{\text{بخش}}}{V} = \frac{۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۹۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{۲۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۱۰/۰\,\text{A}$$

بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر است با

$$I_{\text{فیوز}} = I_{\text{کل}} = I_{\text{لامپ}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{بخش}} + I_{\text{سشوار}}$$
$$= ۰/۴۵۵\text{A} + ۹/۰۹\text{A} + ۰/۹۰۹\text{A} + ۱۰/۰\text{A} = ۲۰/۵\text{A}$$

چون فیوز ۱۵A است. بنابراین، فیوز نشان داده شده در شکل، خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم‌کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیلهٔ برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطهٔ ۲ـ۱۱ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبهٔ مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$R_{\text{لامپ}} = \frac{V^۲}{P_{\text{لامپ}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۱۰۰\,\text{W}} = ۴۸۴\,\Omega$$

$$R_{\text{بخاری}} = \frac{V^۲}{P_{\text{بخاری}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۰۰۰\,\text{W}} = ۲۴/۲\,\Omega$$

$$R_{\text{بخش}} = \frac{V^۲}{P_{\text{بخش}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۰۰\,\text{W}} = ۲۴۲\,\Omega$$

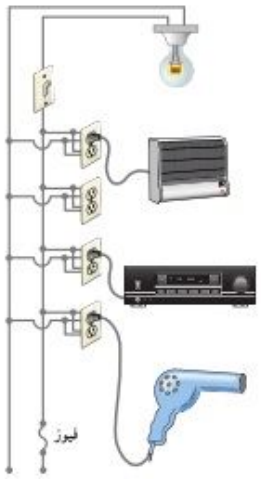
$$R_{\text{سشوار}} = \frac{V^۲}{P_{\text{سشوار}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۲۰۰\,\text{W}} = ۲۲/۰\,\Omega$$

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود :

$$\frac{۱}{R_{\text{eq}}} = \frac{۱}{R_{\text{لامپ}}} + \frac{۱}{R_{\text{بخاری}}} + \frac{۱}{R_{\text{بخش}}} + \frac{۱}{R_{\text{سشوار}}} =$$
$$= \frac{۱}{۴۸۴\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴/۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۲/۰\,\Omega} = ۰/۰۹۳۰\,\Omega^{-۱}$$

و در نتیجه $R_{\text{eq}} = ۱۰/۷۵\,\Omega \approx ۱۰/۸\,\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می‌شود :

$$P_{R_{\text{eq}}} = \frac{V^۲}{R_{\text{eq}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۱۰/۷۵\,\Omega} = ۴/۵۰\,\text{kW}$$



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

$$I_{\text{لامپ}} = \frac{P_{\text{لامپ}}}{V} = \frac{۱۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۴۵۵\,\text{A}$$

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{۲۰۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۹/۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{بخش}} = \frac{P_{\text{بخش}}}{V} = \frac{۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۹۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{۲۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۱۰/۰\,\text{A}$$

بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر است با

$$I_{\text{فیوز}} = I_{\text{کل}} = I_{\text{لامپ}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{بخش}} + I_{\text{سشوار}}$$
$$= ۰/۴۵۵\text{A} + ۹/۰۹\text{A} + ۰/۹۰۹\text{A} + ۱۰/۰\text{A} = ۲۰/۵\text{A}$$

چون فیوز ۱۵A است. بنابراین، فیوز خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم‌کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیلهٔ برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطهٔ ۲ـ۱۱ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبهٔ مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$R_{\text{لامپ}} = \frac{V^۲}{P_{\text{لامپ}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۱۰۰\,\text{W}} = ۴۸۴\,\Omega$$

$$R_{\text{بخاری}} = \frac{V^۲}{P_{\text{بخاری}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۰۰۰\,\text{W}} = ۲۴/۲\,\Omega$$

$$R_{\text{بخش}} = \frac{V^۲}{P_{\text{بخش}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۰۰\,\text{W}} = ۲۴۲\,\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}} = \frac{V^۲}{P_{\text{سشوار}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۲۲۰۰\,\text{W}} = ۲۲/۰\,\Omega$$

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود :

$$\frac{۱}{R_{\text{eq}}} = \frac{۱}{R_{\text{لامپ}}} + \frac{۱}{R_{\text{بخاری}}} + \frac{۱}{R_{\text{بخش}}} + \frac{۱}{R_{\text{سشوار}}} =$$
$$= \frac{۱}{۴۸۴\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴/۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۲/۰\,\Omega} = ۰/۰۹۳۰\,\Omega^{-۱}$$

و در نتیجه $R_{\text{eq}} = ۱۰/۷۵\,\Omega \approx ۱۰/۸\,\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می‌شود :

$$P_{R_{\text{eq}}} = \frac{V^۲}{R_{\text{eq}}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۱۰/۷۵\,\Omega} = ۴/۵۰\,\text{kW}$$

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 72 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 72 — 2026-06-11 19:46:33 • diffpdf

داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = ۵/۰۰\,A$ برابر $۹/۵۰\,W$ و به ازای $I_2 = ۷/۰۰\,A$ برابر $۱۲/۶\,W$ است، محاسبه کنید.

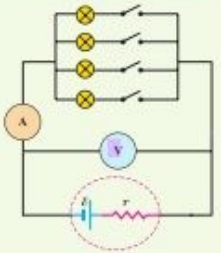
ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

۲ـ۶ ترکیب مقاومت‌ها

۱۶ به‌نظر شما چرا چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...)، به‌طور موازی بسته می‌شوند؟

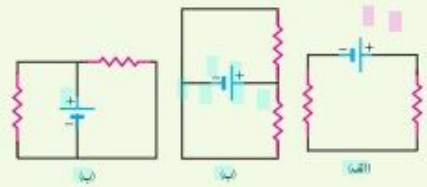
۱۷ مقاومت یک آمپرسنج برای اندازه‌گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه‌گیری‌شده توسط آمپرسنج با جریان قبل از قرار دادن آمپرسنج، نزدیک به هم باشد؟

۱۸ 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 آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



۱۹ 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؟

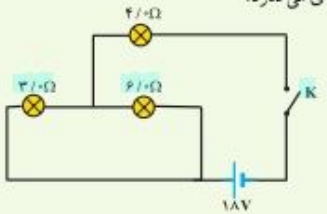
۲۰ در شکل‌های زیر، آیا مقاومت‌ها به‌طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟



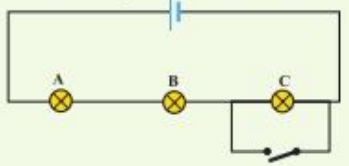
۲۱ سه مقاومت مشابه ۱۲ اُهمی را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

۲۲ دو مقاومت موازی ۶/۰ اُهمی و ۱۲ اُهمی به‌طور متوالی به یک مقاومت ۲/۰ اُهمی وصل شده است. اکنون، مجموعهٔ مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی ۳۶ ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت ۶/۰ اُهمی را محاسبه کنید.

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



۲۴ لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام‌یک از تغییرات زیر در اختلاف‌پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).



الف) اختلاف‌پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند.

ب) اختلاف‌پتانسیل دو سر C به اندازهٔ ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

پ) هریک از اختلاف‌پتانسیل‌های دو سر A و B به‌اندازهٔ ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

ت) اختلاف‌پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

۲۵ درسیم‌کشی منازل، همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی ۱۱۰۰W، یک نان برشته‌کن (توستر) ۱۸۰۰W، پنج لامپ رشته‌ای ۱۰۰W و یک بخاری ۱۱۰۰W به یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V که فیوز آن حداکثر می‌تواند جریان ۱۵A را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریدن این فیوز می‌شود یا خیر؟

داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = ۵/۰۰\,A$ برابر $۹/۵۰\,W$ و به ازای $I_2 = ۷/۰۰\,A$ برابر $۱۲/۶\,W$ است، محاسبه کنید.

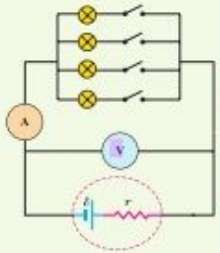
ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

۲ـ۶ ترکیب مقاومت‌ها

۱۶ لامپ‌های یک درخت زینتی، به طورمتوالی متصل شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، چه اتفاقی می‌افتد؟ به‌نظر شما چرا همهٔ چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...) به‌طور موازی بسته می‌شوند؟

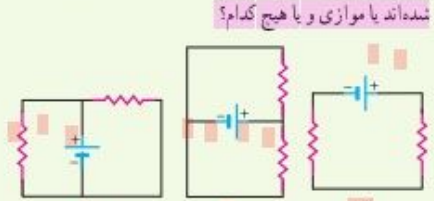
۱۷ مقاومت یک آمپرسنج برای اندازه‌گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه‌گیری‌شده توسط آمپرسنج با جریان قبل از قرار دادن آمپرسنج، نزدیک به هم باشد؟

۱۸ در شکل مقابل، 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 آمپرسنج و ولت سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



۱۹ 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؟

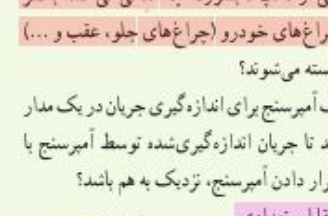
۲۰ در شکل‌های زیر، آیا مقاومت‌ها به‌طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟



۲۱ سه مقاومت مشابه ۱۲ اُهمی را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

۲۲ دو مقاومت موازی ۶/۰ اُهمی و ۱۲ اُهمی به‌طور متوالی به یک مقاومت ۲/۰ اُهمی وصل شده است. اکنون، مجموعهٔ مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی ۳۶ ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت ۶/۰ اُهمی را محاسبه کنید.

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



۲۴ لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام‌یک از تغییرات زیر در اختلاف‌پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).

الف) اختلاف‌پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند.

ب) اختلاف‌پتانسیل دو سر C به اندازهٔ ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

پ) هریک از اختلاف‌پتانسیل‌های دو سر A و B به‌اندازهٔ ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

ت) اختلاف‌پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

۲۵ درسیم‌کشی منازل، همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی ۱۱۰۰W، یک نان برشته‌کن (توستر) ۱۸۰۰W، پنج لامپ رشته‌ای ۱۰۰W و یک بخاری ۱۱۰۰W به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V که حداکثر می‌تواند جریان ۱۵A را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریدن فیوز می‌شود یا خیر؟

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 74 — 2026-06-11 19:46:34 • diffpdf ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 74 ≠ ...

شکل ۳ـ۱ سنگ آهن‌ربای طبیعی. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود، مادهٔ کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که ویژگی آهن‌ربایی دارد می‌شناخت.

کاربرد مغناطیس و آهن‌ربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، رشدی روزافزون دارد. فراتر از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌هایی انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فنّاوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه‌های سنتی شده‌است، با وجود این، ذخیرهٔ اطلاعات به‌صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیسی وابسته است.

مغناطیس و آهن‌رباها همچنین در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها و اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌هایی از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهرهٔ فراوانی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.

۳ـ۱ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

شکل ۳ـ۲ از گذشته‌های دور، برای جهت‌یابی در دریانوردی از قطب‌نما استفاده می‌شده است.

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهن‌ربای دائمی‌خوانده می‌شود (شکل ۳ـ۱). چینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهن‌ربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳ـ۲).

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهن‌ربایی را درون ظرف محتوی برادهٔ آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهن‌ربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند (شکل ۳ـ۳).

شکل ۳ـ۳ در آهن‌ربا، در ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی درآنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.

پرسش ۳ـ۱

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

شکل ۳ـ۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهن‌ربای دائمی را جندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد بکشید، سوزن برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

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 ۳ـ۴). اگر این سوزن را به آرامی‌روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، یا آن را توسط ریسمانی از وسط آن بیاویزیم 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؛ اما بارهای مثبت و منفی مجزا وجود دارند، در حالی که هیچ گواه تجربی بر وجود تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد؛ قطب‌های مغناطیسی همواره به‌صورت زوج ظاهر می‌شوند.

شکل ۳ـ۱ سنگ آهن‌ربای طبیعی. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود، مادهٔ کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که ویژگی آهن‌ربایی دارد می‌شناخت.

کاربرد مغناطیس و آهن‌ربا در جنبه‌های مختلف زندگی بشر، رشدی روزافزون دارد. فراتر از یک قرن، ضبط صدا و تصویر روی محیط‌هایی انجام می‌گرفت که مغناطیس در آنها نقش اصلی داشت. اگرچه فنّاوری دیجیتال به میزان زیادی جایگزین ضبط مغناطیسی به شیوه‌های سنتی شده‌است، با وجود این، ذخیرهٔ اطلاعات به‌صورت صفر و یک، هنوز هم در بیشتر روش‌ها به محیط‌های مغناطیسی وابسته است.

مغناطیس و آهن‌رباها همچنین در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها، و اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی کاربرد دارد. پزشکی امروز نیز در تشخیص بیماری‌ها به کمک دستگاه‌هایی از قبیل ام‌آرآی (MRI)، بهرهٔ فراوانی از مغناطیس و آثار آن می‌برد.

۳ـ۱ مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

شکل ۳ـ۲ از گذشته‌های دور، برای جهت‌یابی در دریانوردی از قطب‌نما استفاده می‌شده است.

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد. این تکه‌ها نمونه‌هایی هستند از چیزی که امروزه آهن‌ربای دائمی‌خوانده می‌شود (شکل ۳ـ۱). چینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهن‌ربایی آشنایی داشتند و از آنها در ساخت قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند (شکل ۳ـ۲).

در علوم هشتم دیدید که هرگاه آهن‌ربایی را درون ظرف محتوی برادهٔ آهن فرو ببریم، براده‌های آهن به مقدار زیادی جذب ناحیه‌های خاصی از آهن‌ربا می‌شوند. این ناحیه‌ها را قطب‌های مغناطیسی یا قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند (شکل ۳ـ۳).

شکل ۳ـ۳ در آهن‌ربا، در ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی درآنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است.

پرسش ۳ـ۱

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

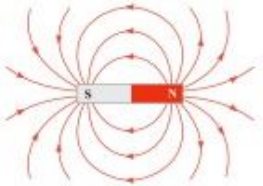
شکل ۳ـ۴ وقتی یکی از قطب‌های یک آهن‌ربای دائمی را جندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد بکشید، سوزن برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

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 ۳ـ۴). اگر این سوزن را به آرامی‌روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، یا آن را توسط ریسمانی از وسط آن بیاویزیم 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 به‌صورت زوج ظاهر می‌شوند.

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 76 — 2026-06-11 19:46:35 • diffpdf
...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 76 ≠

به کمک عقربهٔ مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۳ـ۶ الف). بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربهٔ 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 ۳ـ۶ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد. این خط‌ها از آهنربا می‌گذرند و هریک از آنها یک حلقهٔ بسته را تشکیل می‌دهند. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



(ب)

(الف)

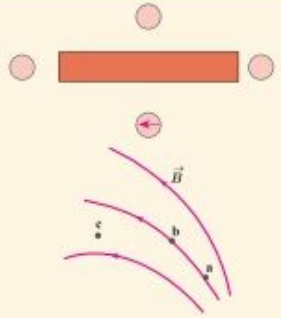
شکل ۳ـ۶ (الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربهٔ مغناطیسی. (ب) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربهٔ مغناطیسی‌اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. (در این شکل، خط‌های درون آهنربا نشان داده نشده است.)

پرسش ۳ـ۳

۱ـ شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربهٔ 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.



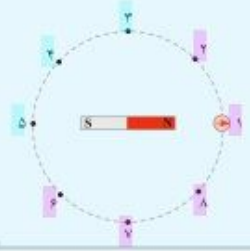
۲ـ شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

فعالیت ۳ـ۲

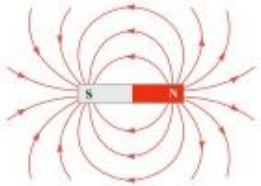
یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربهٔ مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. عقربه را روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو) تا یک دور کامل، دور آهنربا بچرخد و به جای اولش برگردد.

الف) جهت‌گیری عقربه را در نقطه‌های ۱ تا ۸، روی شکل نشان دهید.

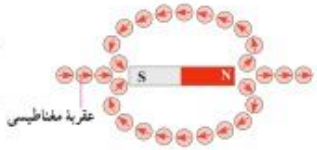
ب) در این حرکت، عقربه چند دور پیرامون محور خودش می‌چرخد؟



به کمک عقربهٔ مغناطیسی می‌توان جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای اطراف یک آهنربا تعیین کرد (شکل ۳ـ۶ الف). بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربهٔ 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 ۳ـ۶ ب خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله‌ای نشان می‌دهد. این خط‌ها از آهنربا می‌گذرند و هریک از آنها یک حلقهٔ بسته را تشکیل می‌دهند. افزون بر اینها، خط‌های میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌ترند.



(ب)



(الف)

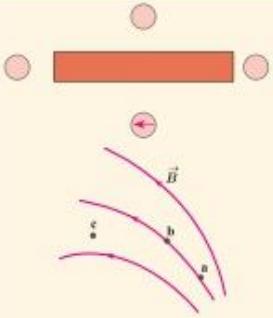
شکل ۳ـ۶ (الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربهٔ مغناطیسی. (ب) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربهٔ مغناطیسی‌اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. (در این شکل، خط‌های درون آهنربا نشان داده نشده است.)

پرسش ۳ـ۳

۱ـ شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای و تعدادی عقربهٔ 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.



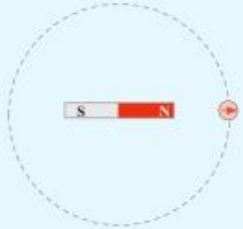
۲ـ شکل روبه‌رو، خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا را نشان می‌دهد. بردار میدان مغناطیسی را در هر یک از نقطه‌های روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت بردار میدان در هر نقطه توجه کنید.

فعالیت ۳ـ۲

یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربهٔ 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؟



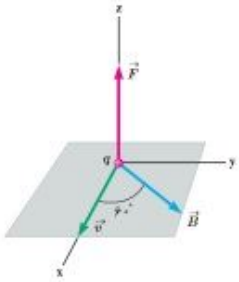
...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 80 — 2026-06-11 19:46:36 • diffpdf ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 80 ≠ ...

کارل فریدریش گاوس (۱۸۵۵ـ۱۷۷۷)
گاوس، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدتی مدیر رصدخانهٔ گوتینگن بوده است. گاوس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریهٔ اعداد است. او به انجام محاسبه‌های بی‌اندازه پرتنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازه‌ای برای محاسبه در مکانیک سماوی به‌دست آورد. گاوس روی پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در مبحث الکتریسیته وجود دارد.

تسلا یکای بزرگی است و در برخی موارد از یکای قدیمی(غیر SI) و کوچک‌تری به نام گاوس (با نماد G) استفاده می‌کنند به طوری‌که داریم $1T=10^4G$. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (۰/۶۵ G) و در استوا کمترین (۰/۲۵ G) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آهنرباهای میله‌ای کوچک حدود ۰/۰۱ تا ۰/۱ تسلا است. همچنین بزرگ‌ترین میدان مغناطیسی مداوم[1] که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۴۵ تسلا است.

مثال ۳ـ۱

ذرّه‌ای با بار $q=+4/0\,nC$ و با تندی $v=2\,m/s$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B=12\,G$ زاویهٔ $\theta=60^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر این ذرّه را حساب کنید.



پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

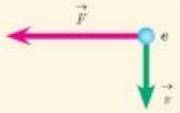
$$|q|=+4/0\times10^{-9}\,C\ ,\ v=2\,m/s\ ,$$
$$B=12\times10^{-4}\,T\ \text{و}\ \theta=60^\circ$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۱ داریم :

$$F=|q|vB\sin\theta$$
$$=(4/0\times10^{-9}\,C)(2\,m/s)(12\times10^{-4}\,T)\sin60^\circ\approx8/3\times10^{-12}\,N$$

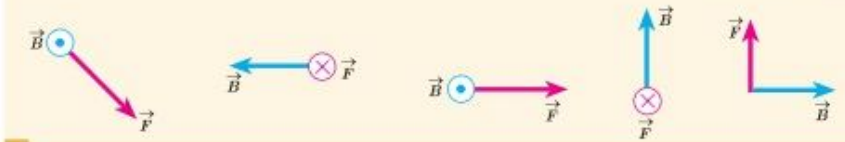
پرسش ۳ـ۴

۱ـ الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟



□ بالا □ راست □ درون‌سو □ برون‌سو

۲ـ 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 هریک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.

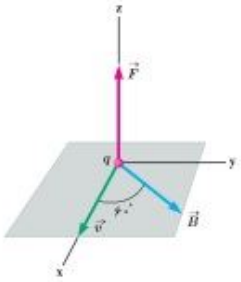


۱ـ Strongest Continous Magnetic Field

کارل فریدریش گاوس (۱۸۵۵ـ۱۷۷۷)
گاوس، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و ستاره‌شناس آلمانی است که مدتی مدیر رصدخانهٔ گوتینگن بوده است. گاوس یکی از ریاضی‌دان‌های بزرگ و برجسته‌ترین کارش در نظریهٔ اعداد است. او به انجام محاسبه‌های بی‌اندازه پرتنج علاقه‌مند بود. وی همچنین روش‌های تازه‌ای برای محاسبه در مکانیک سماوی به‌دست آورد. گاوس روی پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز فعالیت زیادی کرد و قانونی به نام وی در مبحث الکتریسیته وجود دارد.

تسلا یکای بزرگی است و در برخی موارد از یکای قدیمی(غیر SI) و کوچک‌تری به نام گاوس (با نماد G) استفاده می‌کنند به طوری‌که داریم $1T=10^4G$. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در نزدیکی سطح زمین در قطب‌ها بیشترین (۰/۶۵ G) و در استوا کمترین (۰/۲۵ G) است. بزرگی میدان مغناطیسی در نزدیکی آهنرباهای میله‌ای کوچک حدود ۰/۰۱ تا ۰/۱ تسلا است. همچنین بزرگ‌ترین میدان مغناطیسی مداوم[1] که امروزه در آزمایشگاه تولید شده، حدود ۴۵ تسلا است.

مثال ۳ـ۱



ذرّه‌ای با بار $q=-4/0\,nC$ و با تندی $v=2\,m/s$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B=12\,G$ زاویهٔ $\theta=60^\circ$ می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر این ذرّه را حساب کنید.

پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

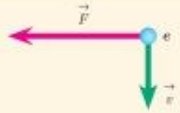
$$|q|=+4/0\times10^{-9}\,C\ ,\ v=2\,m/s\ ,$$
$$B=12\times10^{-4}\,T\ \text{و}\ \theta=60^\circ$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۱ داریم :

$$F=|q|vB\sin\theta$$
$$=(4/0\times10^{-9}\,C)(2\,m/s)(12\times10^{-4}\,T)\sin60^\circ=8/3\times10^{-12}\,N$$

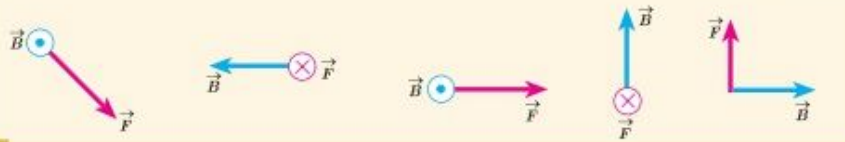
پرسش ۳ـ۴

۱ـ الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟



□ بالا □ راست □ درون‌سو □ برون‌سو

۲ـ 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 هریک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



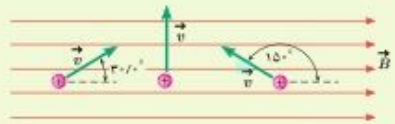
۱ـ Strongest Continous Magnetic Field

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 81 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 81 — 2026-06-11 19:46:37 • diffpdf

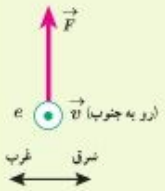
تمرین ۳ـ۱

۱ـ بر پروتونی که با زاویهٔ $\theta=30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازهٔ $B=320\,G$ در حرکت است نیرویی به‌اندازهٔ $F=5/12\times10^{-14}\,N$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۲ـ سه ذرّه، هر کدام با بار $q=6/15\,nC$ و تندی $v=46\,m/s$، در میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $B=0/165\,T$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی وارد بر هر ذرّه را حساب کنید.



۳ـ الکترونی با تندی $2/4\times10^{5}\,m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. اندازهٔ نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی بیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند.

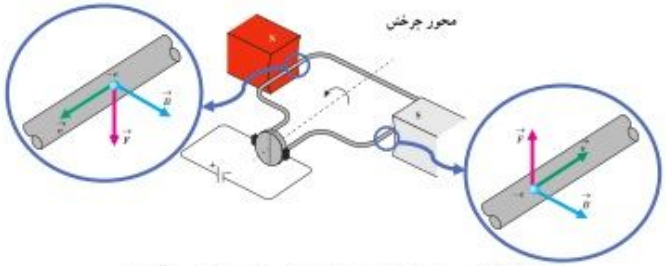


الف) اگر جهت این نیروی بیشینه، رو به بالا و اندازهٔ آن برابر $6/8\times10^{-12}\,N$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی چقدر باشد تا همین نیرو را ایجاد کند؟

۳ـ۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها نظیر جاروی برقی، متهٔ برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... را تشکیل می‌دهند. شکل ۳ـ۱۱ طرحی ساده از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می‌دهد که در علوم سال هشتم با نحوهٔ ساختن آن آشنا شدید. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کار کند؟ در هر موتور الکتریکی، سیم‌هایی وجود دارند که حامل جریان‌اند (یعنی بارهای الکتریکی در آنها در حرکت‌اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می‌کنند. از این رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود و این نیروها حلقه را می‌چرخانند.



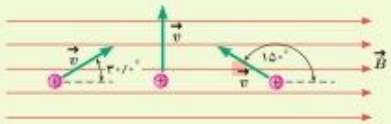
شکل ۳ـ۱۱ طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت سوق v درون رسانا حرکت می‌کنند حلقه را می‌چرخاند.

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

تمرین ۳ـ۱

۱ـ بر پروتونی که با زاویهٔ $\theta=30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازهٔ $B=320\,G$ در حرکت است نیرویی به‌اندازهٔ $F=5/12\times10^{-14}\,N$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۲ـ سه ذرّه، هر کدام با بار $q=6/15\,\mu C$ و تندی $v=46\,m/s$، در میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $B=0/165\,T$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازهٔ نیروی وارد بر هر ذرّه را حساب کنید.



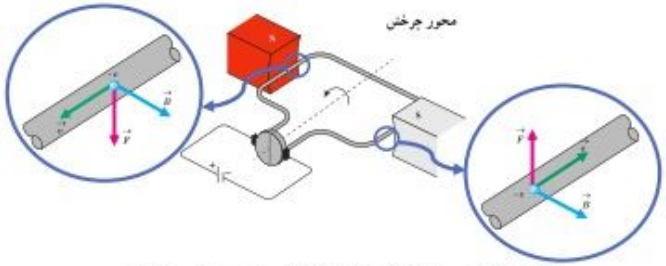
۳ـ الکترونی با تندی $2/4\times10^{5}\,m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. اندازهٔ نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی بیشینه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند.

الف) اگر جهت این نیروی بیشینه، رو به بالا و اندازهٔ آن برابر $6/8\times10^{-12}\,N$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی چقدر باشد تا همین نیرو را ایجاد کند؟

۳ـ۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها نظیر جاروی برقی، متهٔ برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... را تشکیل می‌دهند. شکل ۳ـ۱۱ طرحی ساده از اجزای اصلی یک موتور الکتریکی را نشان می‌دهد که در علوم سال هشتم با نحوهٔ ساختن آن آشنا شدید. چه چیز باعث می‌شود یک موتور الکتریکی کار کند؟ در هر موتور الکتریکی، سیم‌هایی وجود دارند که حامل جریان‌اند (یعنی بارهای الکتریکی در آنها در حرکت‌اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می‌کنند. از این رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود و این نیروها حلقه را می‌چرخانند.



شکل ۳ـ۱۱ طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت سوق v درون رسانا حرکت می‌کنند حلقه را می‌چرخاند.

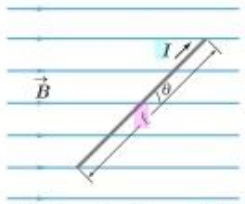
...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 83 — 2026-06-11 19:46:37 • diffpdf
...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 83 ≠

عامل‌های مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان :

آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳ـ۲ 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 رابطهٔ زیر بیان شده‌اند :

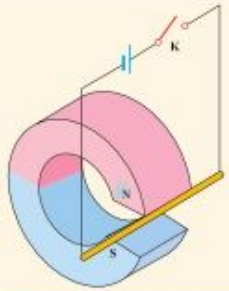
$$F = I\ell B\sin\theta \qquad (۳ـ۳)$$

در این رابطه I 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 ۳ـ۱۳).



شکل ۳ـ۱۳ سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم درون‌سو (عمود بر صفحهٔ کتاب و به طرف داخل) است.

پرسش ۳ـ۵



۱ـ اگر در شکل ۳ـ۱۳ 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؟

۲ـ یک میلهٔ رسانا به پایانه‌های 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 میلهٔ رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

مثال ۳ـ۲

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۴۰۰\,G$ در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویهٔ ۳۰° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم $۵/۰\,A$ باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر $۱/۰\,m$ از این سیم را حساب کنید.

پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

$$B = ۴۰۰\times۱۰^{-۴}\,T \;،\; \theta = ۳۰^\circ \;،\; I = ۵/۰\,A \;\text{ و }\; \ell = ۱/۰\,m$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۳ داریم :

$$F = I\ell B\sin\theta = (۵/۰\,A)(۱/۰\,m)(۴۰۰\times۱۰^{-۴}\,T)\sin ۳۰^\circ = ۰/۱۰\,N$$

تمرین ۳ـ۲

۱ـ سیم مستقیمی به طول $۲/۴\,m$ حامل جریان $۲/۵\,A$ از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $۰/۴۵\,G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

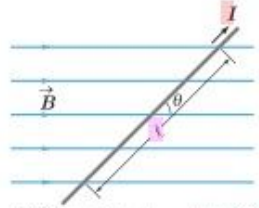
مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

عامل‌های مؤثر بر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست رسانای حامل جریان :

آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳ـ۲ 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 رابطهٔ زیر بیان شده‌اند :

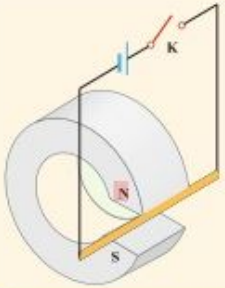
$$F = I\ell B\sin\theta \qquad (۳ـ۳)$$

در این رابطه I 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 ۳ـ۱۳).



شکل ۳ـ۱۳ سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم درون‌سو (عمود بر صفحهٔ کتاب و به طرف داخل) است.

پرسش ۳ـ۵



۱ـ اگر در شکل ۳ـ۱۳ 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؟

۲ـ یک میلهٔ رسانا به پایانه‌های 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 میلهٔ رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

مثال ۳ـ۲

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۴۰۰\,G$ در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویهٔ ۳۰° می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم $۵/۰\,A$ باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر $۱/۰\,m$ از این سیم را حساب کنید.

پاسخ : با توجه به فرض‌های مسئله داریم :

$$B = ۴۰۰\times۱۰^{-۴}\,T \;،\; \theta = ۳۰^\circ \;،\; I = ۵/۰\,A \;\text{ و }\; \ell = ۱/۰\,m$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطهٔ ۳ـ۳ داریم :

$$F = I\ell B\sin\theta = (۵/۰\,A)(۱/۰\,m)(۴۰۰\times۱۰^{-۴}\,T)\sin ۳۰^\circ = ۰/۱۰\,N$$

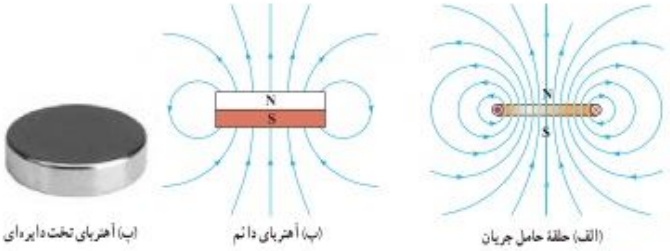
تمرین ۳ـ۲

۱ـ سیم مستقیمی به طول $۲/۴\,m$ حامل جریان $۲/۵\,A$ از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $۰/۴۵\,G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

۷۵

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 88 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 88 — 2026-06-11 19:46:38 • diffpdf

بررسی و مقایسهٔ میدان مغناطیسی یک حلقهٔ حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره‌ای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها مانند یکدیگر است (شکل ۳ـ۱۸). به همین دلیل، هر حلقهٔ حامل جریان را به‌عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



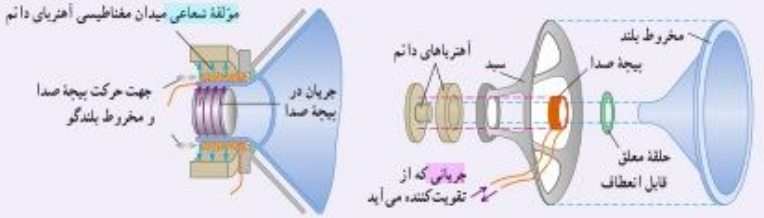
شکل ۳ـ۱۸ حلقهٔ حامل جریان در قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تختِ دایره‌ای شکل است.

پرسش ۳ـ۸

شکل روبه‌رو، یک حلقهٔ 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.

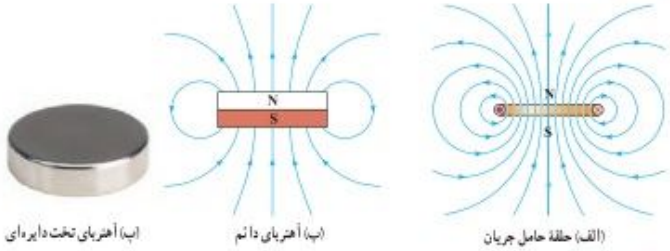
خوب است بدانید: طرز کار بلندگو

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 پیچهٔ 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 تقویت‌کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنهٔ جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریانی که از تقویت‌کننده می‌آید، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.



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

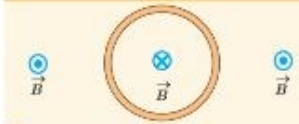
بررسی و مقایسهٔ میدان مغناطیسی یک حلقهٔ حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره‌ای شکل، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است (شکل ۳ـ۱۸). به همین دلیل، هر حلقهٔ حامل جریان را به‌عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



شکل ۳ـ۱۸ حلقهٔ حامل جریان در قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تختِ دایره‌ای شکل است.

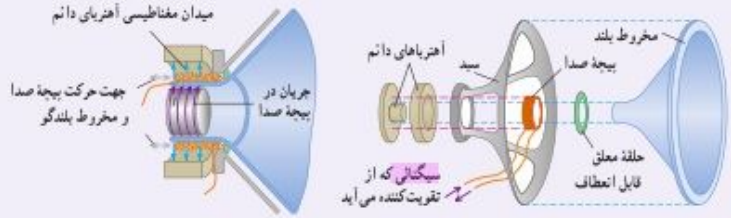
پرسش ۳ـ۸

شکل روبه‌رو، یک حلقهٔ 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 پیچهٔ 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 تقویت‌کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنهٔ جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریان تقویت‌کننده، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.

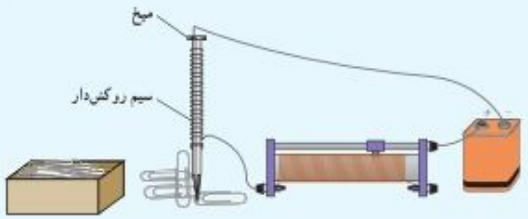


اجزای یک بلندگو. آهنربای دائمی میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که نیروهایی بر جریان‌هایی که از پیچهٔ صدا می‌گذرد وارد می‌کند؛ برای جریان I که در شکل نشان داده شده است نیرو به طرف راست است. اگر جریان الکتریکی در پیچهٔ صدا نوسان کند، مخروط بلندگو که متصل به پیچهٔ صداست با همان بسامد نوسان می‌کند.

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 91 — 2026-06-11 19:46:39 • diffpdf ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 91

فعالیت ۳ـ۶

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

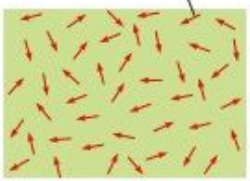


۳ـ۶ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

رفتار آهنرباهای دائمی، نوارهای مغناطیسیِ پشت کارت‌های بانکی و دیسک‌های رایانه‌ای به‌طور مستقیم به ویژگی‌های مغناطیسی مواد بستگی دارد.

موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازندهٔ آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند. در واقع می‌توان گفت کوچک‌ترین ذرّه‌های تشکیل‌دهندهٔ 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.

هر ذرهٔ سازندهٔ مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.



شکل ۳ـ۲۲ سمت‌گیری کاتوره‌ای دوقطبی‌های مغناطیسی در یک مادهٔ پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی

مواد پارامغناطیسی : اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابستهٔ به آنها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند (شکل ۳ـ۲۲). با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلاً نزدیک یک آهنربای قوی)، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها، مانند عقربهٔ قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آنها، دوباره به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.

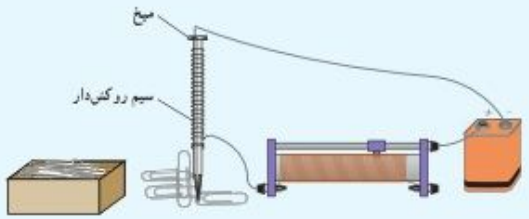
به این ترتیب، می‌توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

فعالیت ۳ـ۷

یک لولهٔ آزمایش را تا نزدیکی لبهٔ آن از الکل طبی (اتانول ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را ببندید و آن را به‌طور افقی قرار دهید. مطابق شکل، یک آهنربای نئودیمیم را بالای حباب هوای درون لوله بگیرید و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید.

فعالیت ۳ـ۶

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

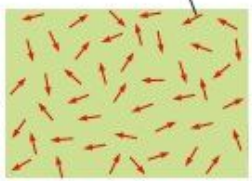


۳ـ۶ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

رفتار آهنرباهای دائمی، نوارهای مغناطیسیِ پشت کارت‌های بانکی و دیسک‌های رایانه‌ای به‌طور مستقیم به ویژگی‌های مغناطیسی مواد بستگی دارد.

موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازندهٔ آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند. در واقع می‌توان گفت کوچک‌ترین ذرّه‌های تشکیل‌دهندهٔ 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.

هر ذرهٔ سازندهٔ مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.



شکل ۳ـ۲۲ سمت‌گیری کاتوره‌ای دوقطبی‌های مغناطیسی در یک مادهٔ پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی

مواد پارامغناطیسی : اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابستهٔ به آنها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند (شکل ۳ـ۲۲). با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلاً نزدیک یک آهنربای قوی)، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها، مانند عقربهٔ قطب‌نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آنها، دوباره به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.

به این ترتیب، می‌توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

فعالیت ۳ـ۷

یک لولهٔ آزمایش را تا نزدیکی لبهٔ آن از الکل طبی (اتانول ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را ببندید و آن را به‌طور افقی قرار دهید. مطابق شکل، یک آهنربای نئودیمیم را بالای حباب هوای درون لوله بگیرید و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید.

...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 96 ≠ ...\OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 96 — 2026-06-11 19:46:40 • diffpdf

پاسخ : الف) وقتی مطابق شکل الف، سطح حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر صفر می‌شود. به این ترتیب، شار عبوری از سطح حلقه برابر است با

$$A = ۰/۲\text{m} \times ۰/۲\text{m} = ۰/۰۴\text{m}^۲ \quad , \quad B = ۲۵۰\text{G} = ۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T} \quad , \quad \theta = ۰^\circ$$

$$\Phi = BA\cos\theta = (۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T})(۰/۰۴\text{m}^۲)(\cos ۰^\circ) = ۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb} = ۱\text{mWb}$$

ب) وقتی مطابق شکل ب، حلقه می‌چرخد و سطح آن موازی با خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر ۹۰° می‌شود. از آنجا که $\cos ۹۰^\circ = ۰$ است، در این شرایط، هیچ شاری از سطح حلقه عبور نمی‌کند.

پ) همان‌طور که دیدید شار عبوری از سطح حلقه در وضعیت شکل الف و وضعیت شکل ب، به‌ترتیب، برابر $\Phi_۱ = ۱\text{mWb}$ و $\Phi_۲ = ۰$ است. به این ترتیب، تغییر شار عبوری از سطح حلقه برابر $\Delta\Phi = \Phi_۲ - \Phi_۱ = -۱\text{mWb}$ می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد در حین چرخش حلقه از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب، شار مغناطیسی عبوری از سطح آن کاهش یافته است.

ت) با توجه به نتیجهٔ قسمت پ، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ برابر است با

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb}}{۰/۰۱\text{s}} = -۰/۱\text{Wb/s}$$

تمرین ۳ــ۴

الف) حلقه‌ای به مساحت $۲۵\text{cm}^۲$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سوی به اندازهٔ $۰/۰۳\text{T}$ قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر $\vec{B}$ ، مساحت سطح حلقه را به $۱۰\text{cm}^۲$ برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازهٔ زمانی $\Delta t = ۰/۲۰\text{s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.

پرسش ۳ــ۱۱

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

☐ V/A ☐ V ☐ A ☐ Ω

اکنون که با تعریف و مفهوم شار مغناطیسی آشنا شدید دوباره نگاهی می‌کنیم به پدیدهٔ 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 بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر

پاسخ : الف) وقتی مطابق شکل الف، سطح حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر صفر می‌شود. به این ترتیب، شار عبوری از سطح حلقه برابر است با

$A = ۰/۲\text{m} \times ۰/۲\text{m} = ۰/۰۴\text{m}^۲$, $B = ۲۵۰\text{G} = ۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T}$, $\theta = ۰^\circ$

$\Phi = BA\cos\theta = (۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T})(۰/۰۴\text{m}^۲)(\cos ۰^\circ) = ۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb} = ۱\text{mWb}$

ب) وقتی مطابق شکل ب، حلقه می‌چرخد و سطح آن موازی با خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر ۹۰° می‌شود. از آنجا که $\cos ۹۰^\circ = ۰$ است، در این شرایط، هیچ شاری از سطح حلقه عبور نمی‌کند.

پ) همان‌طور که دیدید شار عبوری از سطح حلقه در وضعیت شکل الف و وضعیت شکل ب، به‌ترتیب، برابر $\Phi_۱ = ۱\text{mWb}$ و $\Phi_۲ = ۰$ است. به این ترتیب، تغییر شار عبوری از سطح حلقه برابر $\Delta\Phi = \Phi_۲ - \Phi_۱ = -۱\text{mWb}$ می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد در حین چرخش حلقه از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب، شار مغناطیسی عبوری از سطح آن کاهش یافته است.

ت) با توجه به نتیجهٔ قسمت پ، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ برابر است با

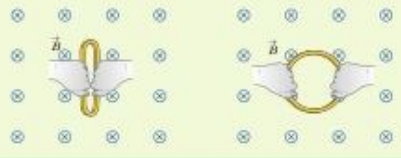
$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb}}{۰/۰۱\text{s}} = -۰/۱\text{Wb/s}$$

تمرین ۳ــ۴

الف) حلقه‌ای به مساحت $۲۵\text{cm}^۲$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سوی به اندازهٔ $۰/۰۳\text{T}$ قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر $\vec{B}$ ، مساحت سطح حلقه را به $۱۰\text{cm}^۲$ برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازهٔ زمانی $\Delta t = ۰/۲\text{s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



پرسش ۳ــ۱۱

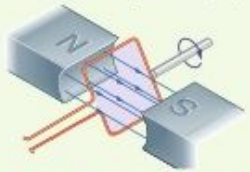
کدام‌یک از یکاهای زیر معادل یکای وبر بر ثانیه (Wb/s) است؟

☐ V/A ☐ V ☐ A ☐ Ω

اکنون که با تعریف و مفهوم شار مغناطیسی آشنا شدید دوباره نگاهی می‌کنیم به پدیدهٔ 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 بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر

...OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 109 ≠ ...OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 109 — 2026-06-11 19:46:41 • diffpdf

۶ حلقهٔ رسانای مستطیل شکلی که حامل جریان I است، بر اثر نیروی مغناطیسی وارد بر ضلع‌های حامل جریان حلقه، مطابق شکل درون میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد. جهت جریان را در حلقه تعیین کنید.

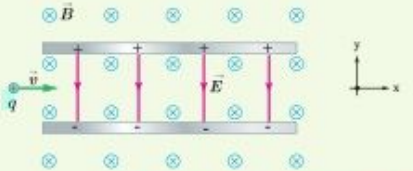


۷ پروتونی با تندی $4/4\times10^{6}\,m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $18mT$ در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت $\vec{B}$، زاویهٔ 60° می‌سازد.

الف) اندازهٔ نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید.

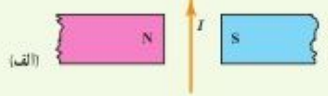
ب) اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون را حساب کنید. (بار الکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}C$ و جرم آن را $1/7\times10^{-27}kg$ در نظر بگیرید).

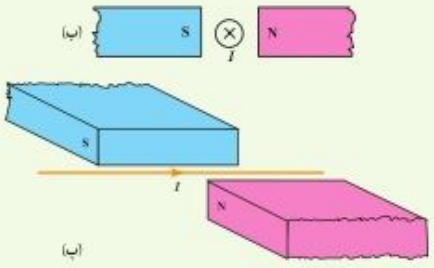
۸ ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E=450\,N/C$ و $B=0/18T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



۳ـ۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

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

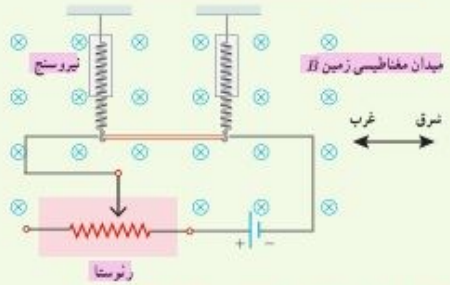




۱۰ یک سیم حامل جریان ۱/۶ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده‌اند، به‌طور افقی و در راستای غرب ــ شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به‌طرف شمال و اندازهٔ $0/05mT$ بگیرید.

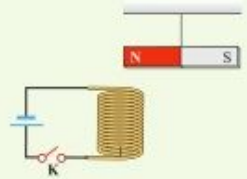
الف) اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید.

ب) اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم ۸ گرم است $(g = 9/8N/kg)$.

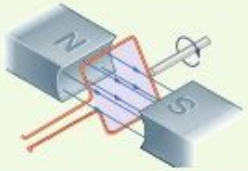


۳ـ۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

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



۶ حلقهٔ رسانای مستطیل شکلی که حامل جریان I است، مطابق شکل درون میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد. جهت جریان را در حلقه تعیین کنید.

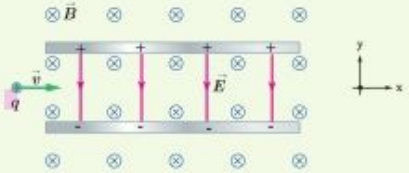


۷ پروتونی با تندی $4/4\times10^{6}\,m/s$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ $18mT$ در حرکت است. جهت حرکت پروتون با جهت $\vec{B}$، زاویهٔ 60° می‌سازد.

الف) اندازهٔ نیروی وارد بر این پروتون را محاسبه کنید.

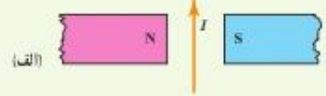
ب) اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون را حساب کنید. (بار الکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}C$ و جرم آن را $1/7\times10^{-27}kg$ در نظر بگیرید).

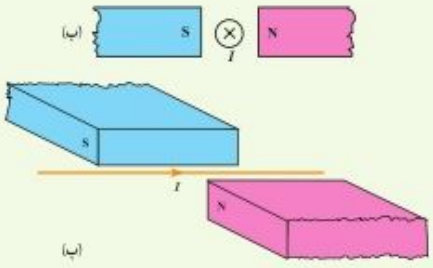
۸ ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E=450\,N/C$ و $B=0/18T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



۳ـ۴ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

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

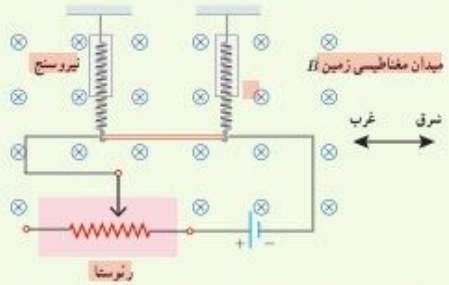




۱۰ یک سیم حامل جریان ۱/۶ آمپر مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده‌اند، به‌طور افقی و در راستای غرب ــ شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به‌طرف شمال و اندازهٔ $0/05mT$ بگیرید.

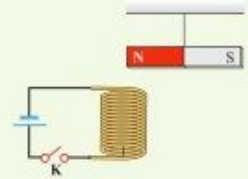
الف) اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید.

ب) اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور کند؟ جرم هر متر از طول این سیم ۸ گرم است $(g = 9/8N/kg)$.



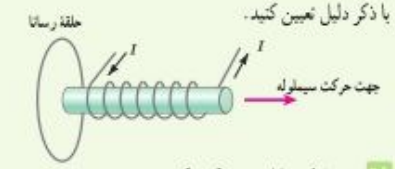
۳ـ۵ میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

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

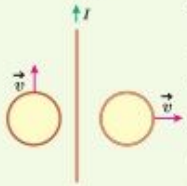


...OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1404.pdf • 112 — 2026-06-11 19:46:42 • diffpdf
...OneDrive\Desktop\تخصصی تجربی\11تجربی\ft11_1403.pdf • 112 ≠

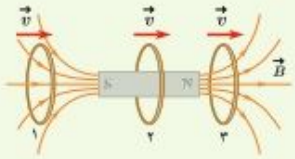
۲۴ شکل زیر سیملولهٔ حامل جریانی را نشان می‌دهد که در حال دور شدن از یک حلقهٔ رساناست. جهت جریان القایی را در حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



۲۵ دو حلقهٔ رسانا در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت I قرار دارند؛ این دو حلقه با تندی یکسان، ولی در جهت‌های متفاوت مطابق شکل روبه‌رو حرکت می‌کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.

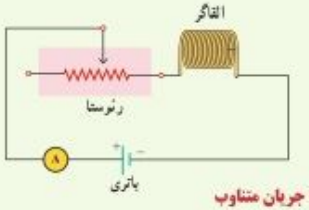


۲۶ شکل زیر رسانای U شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ که عمود بر صفحهٔ شکل و رو به داخل صفحه است نشان می‌دهد. وقتی میلهٔ فلزی CD به طرف راست حرکت کند، جهت جریان القایی در مدار در چه جهتی است؟



۳ــ ۱۰ القاگرها

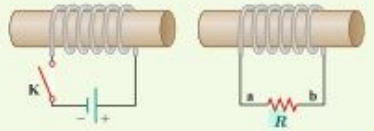
۳۰ شکل زیر مداری را نشان می‌دهد؛ شامل یک القاگر (سیملوله)، باتری، رئوستا و آمپرسنج که به‌طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می‌کنید؟



۳ــ ۱۱ جریان متناوب

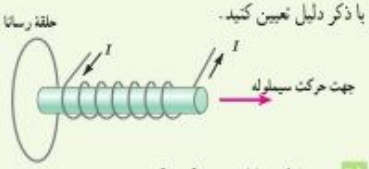
۳۱ جریان متناوبی که بیشینهٔ آن ۲/۰A و دورهٔ آن ۰/۰۲s است، از یک رسانای ۵/۰Ω می‌گذرد.
الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکهٔ القایی چقدر است؟
ب) در لحظهٔ $t=\frac{1}{400}s$، جریان چقدر است؟

۲۷ در مدار نشان داده شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هریک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید :
الف) در لحظهٔ بستن کلید K، ب) در لحظهٔ باز کردن کلید K.

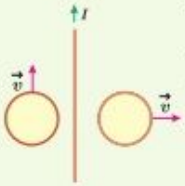


۲۸ حلقهٔ رسانای مربعی شکل، به طول ضلع ۱۰cm وارد میدان مغناطیسی درون‌سویی به اندازهٔ ۲۰mT و سپس از آن خارج می‌شود.

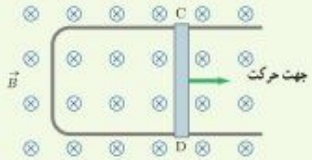
۲۲ شکل زیر سیملولهٔ حامل جریانی را نشان می‌دهد که در حال دور شدن از یک حلقهٔ رساناست. جهت جریان القایی را در حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



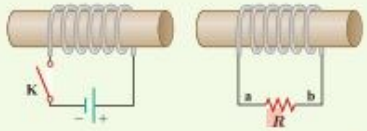
۲۵ دو حلقهٔ رسانا در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت I قرار دارند؛ این دو حلقه با تندی یکسان، ولی در جهت‌های متفاوت مطابق شکل روبه‌رو حرکت می‌کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



۲۶ شکل زیر رسانای U شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ که عمود بر صفحهٔ شکل و رو به داخل صفحه است نشان می‌دهد. وقتی میلهٔ فلزی CD به طرف راست حرکت کند، جهت جریان القایی در مدار در چه جهتی است؟

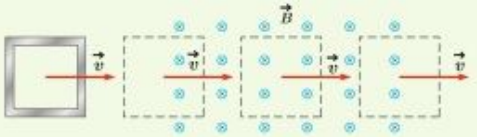


۲۷ در مدار نشان داده شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هریک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید :
الف) در لحظهٔ بستن کلید K، ب) در لحظهٔ باز کردن کلید K.



۲۸ حلقهٔ رسانای مربعی شکل، به طول ضلع ۱۰cm وارد میدان مغناطیسی درون‌سویی به اندازهٔ ۲۰mT و سپس از آن خارج می‌شود.

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 می‌کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.



۲۹ حلقهٔ رسانایی به‌طرف یک آهنربای میله‌ای حرکت می‌کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می‌دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به‌طور جداگانه تعیین کنید.

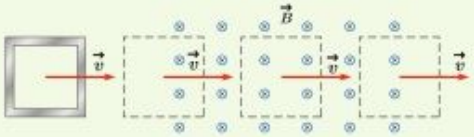
۳ــ ۱۰ القاگرها

۳۰ شکل زیر مداری را نشان می‌دهد؛ شامل یک القاگر (سیملوله)، باتری، رئوستا و آمپرسنج که به‌طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می‌کنید؟

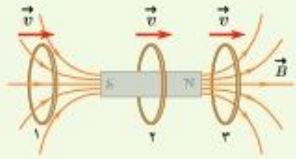
۳ــ ۱۱ جریان متناوب

۳۱ جریان متناوبی که بیشینهٔ آن ۲/۰A و دورهٔ آن ۰/۰۲s است، از یک رسانای ۵/۰Ω می‌گذرد.
الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکهٔ القایی چقدر است؟
ب) در لحظهٔ $t=\frac{1}{400}s$، جریان چقدر است؟

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 می‌کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.

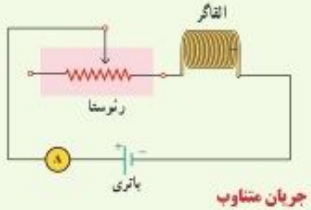


۲۹ حلقهٔ رسانایی به‌طرف یک آهنربای میله‌ای حرکت می‌کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می‌دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به‌طور جداگانه تعیین کنید.



۳ــ ۱۰ القاگرها

۳۰ شکل زیر مداری را نشان می‌دهد؛ شامل یک القاگر (سیملوله)، باتری، رئوستا و آمپرسنج که به‌طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می‌کنید؟



۳ــ ۱۱ جریان متناوب

۳۱ جریان متناوبی که بیشینهٔ آن ۲/۰A و دورهٔ آن ۰/۰۲s است، از یک رسانای ۵ اهمی می‌گذرد.
الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکهٔ القایی چقدر است؟
ب) در لحظهٔ $t=\frac{1}{400}s$، جریان چقدر است؟